

República del Perú
Autoridad Nacional del Agua

**Estudio Básico de la Demanda de
Control de Inundaciones en la República
del Perú**

Informe Final

Noviembre de 2017

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

CTI Engineering International Co., Ltd.

5R
JR
17-023

República del Perú
Autoridad Nacional del Agua

**Estudio Básico de la Demanda de
Control de Inundaciones en la República
del Perú**

Informe Final

Noviembre de 2017

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

CTI Engineering International Co., Ltd.

Tipo de cambio:

US\$ 1.00 = S/. 3.35 = JPY 111

En el presente Informe, la moneda nacional peruana se expresa como “S/.”,
y el dólar estadounidense como “US\$”.

República del Perú



Mapa del Área de Estudio

Datos básicos sobre el Área del Estudio

Variables	Datos básicos de la República del Perú
Población* ¹	31,15 millones de habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática, valor estimado a la fecha enero de 2015)
Superficie* ¹	129.000 km ²
Capital	Lima
Ciudad más grande	Lima
PIB* ³	202,9 miles de millones USD (Nominal del 2014)
Per cápita* ³	6.541 USD (2014)
INB* ³	1.932,68 millones de dólares (2014)
Per cápita* ³	6.360 dólares (2014)
Tasa de crecimiento económico* ⁴	2.35% (2014)
Balanza de cuenta corriente* ⁴	8.031,0 millones de dólares (2014)
Monto total de la asistencia recibida* ²	394 millones de dólares (2012)
Clasificación económica* ²	País de ingreso alto-medio (CAD, Banco Mundial)
Independencia* ¹	28 de julio de 1821
Moneda* ¹	Nuevo Sol 1 USD=3.18 Nuevo Sol (julio de 2015)
Forma de gobierno* ¹	Sistema Republicano Constitucional
Composición racial* ¹	Indígenas 45%, mestizos 37%, caucásicos 15%, otros 3%
Lengua* ¹	Español (seguido por la lengua quechua, aymara y otros)
Religión* ¹	El catolicismo es la religión mayoritaria
Principales industrias* ¹	Industria manufacturera, minera, comercio, transporte y comunicaciones
Principales Índices de Desarrollo	
Personas que viven con menos de 1,9 dólares diarios* ³	3,7 % (2013)
Tasas de analfabetismo (entre 15 y 24 años de edad)* ³	98,7 % (2012)
Tasa de mortalidad infantil (por 1000 nacidos vivos)* ³	13,1 defunciones (2015)
Tasa de mortalidad materna (por 100.000 nacidos vivos)* ³	68 defunciones (2015)
Cobertura de servicio de agua potable* ³	86,7 % (2015)
Usuarios de instalaciones sanitarias mejoradas* ³	76,2 % (2015)

Fuente: *1 Página web del Ministerio de Relaciones Exteriores.

*2 Libro de Datos por País de la Asistencia Oficial para el Desarrollo (AOD) 2014

*3 Página web del Banco Mundial (<http://data.worldbank.org/country/peru>)

*4 Organización de Comercio Exterior de Japón (https://www.jetro.go.jp/world/cs_america/pe/stat_01.html)

CONTENIDO

Mapa del Área de Estudio

Datos básicos sobre el Área del Estudio

CONTENIDO.....	i
Índice de Figuras.....	xii
Índice de Tablas.....	xxi
Índice de Apéndices	xxxv
Lista de Abreviaciones	xxxvii
Capítulo 1 Descripción General del Estudio.....	1
1.1 Antecedentes del Estudio.....	1
1.2 Objetivos del Estudio.....	3
1.3 Alcance del Estudio	4
1.3.1 Zona de intervención del Estudio.....	4
1.3.2 Organizaciones relacionadas del país contraparte	4
Capítulo 2 Documentos y datos recopilados.....	7
2.1 Datos básicos de la administración pública de control de inundaciones del Perú.....	7
2.1.1 Situación actual de la prevención de inundaciones en el Perú.....	7
(1) Posicionamiento de la prevención de inundaciones en la gestión del riesgo de desastres del gobierno peruano.....	7
(2) Marco administrativo y regulatorio, regímenes, sistema organizacional y situación presupuestaria relacionada con la prevención de inundaciones	8
(3) Normas técnicas sobre la prevención de inundaciones.....	12
(4) Programas, proyectos y resultados obtenidos en el tema de prevención de inundaciones llevados a cabo por el gobierno peruano y otros donantes	13
(5) Situación de desarrollo del análisis hidráulico, mapa de riesgos y base de datos sobre la gestión integral de los recursos hídricos	14
2.1.2 Desastres por inundaciones pasadas en las 159 cuencas	15
(1) Antecedentes de inundaciones ocurridas y daños causados por las mismas	15
(2) Detalles de los daños (incluye distribución de inundaciones y distribución en profundidad de las inundaciones registradas) y costos de daños	16
2.1.3 Datos topográficos, hidrológicos y socioeconómicos acerca de las 159 cuencas.....	19
(1) Mapa, carta topográfica, mapa hidrográfico, mapa de uso de suelos, mapa de inundaciones, plano de cursos fluviales.....	19
(2) Datos de precipitación, cantidad de evapotranspiración.....	20
(3) Datos de monitoreo de caudal, datos de nivel de agua.....	24
(4) Información acerca de infraestructura y operaciones de represas y embalses.....	25
(5) Estadística socioeconómica (distribución de la población, distribución de activos, plan de	

ordenamiento territorial, etc.)	26
2.2 Información sobre el crédito stand-by y sobre la gestión de cuencas realizada hasta ahora	27
2.2.1 Resumen de la opción de desembolso diferido ante catástrofes (CAT DDO, por sus siglas en inglés) aplicada hasta la fecha	27
(1) Préstamo de Política de Desarrollo para la Gestión del Riesgo de Desastres (DPL) con Opción de Desembolso Diferido (CATDDO) (En lo sucesivo referido como "DRM-DPL-CATDDO")	27
(2) Segundo Préstamo de Política de Desarrollo para la Gestión del Riesgo de Desastres (DPL) con Opción de Desembolso Diferido (CATDDO) (En lo sucesivo referido como el "Segundo DRM-DPL-CATDDO")	31
2.2.2 Resumen del Proyecto de Modernización de la Gestión de Recursos Hídricos de Perú	33
(1) Proyecto de Modernización de la Gestión de Recursos Hídricos del Perú - Fase 1 (en lo sucesivo referido como el primer PMGRH)	34
(2) Proyecto de Modernización de la Gestión de Recursos Hídricos del Perú - Fase 2 (en lo sucesivo referido como el segundo PMGRH)	34
2.3 Recopilación de información del presente Estudio	35
Capítulo 3 Selección de las cuencas prioritarias	37
3.1 Lineamientos de la selección de las cuencas prioritarias	37
3.1.1 Lineamientos básicos de la selección	37
3.1.2 Lineamientos de la ejecución de la selección	38
3.2 Análisis de la vulnerabilidad ante desastres provocados por agua (Paso 1)	38
3.2.1 Método para calcular la vulnerabilidad ante desastres provocados por agua (Paso 1)	38
3.2.2 Definición del valor de evaluación de cada indicador de evaluación (Paso 1)	39
(1) Definición y método de cálculo del valor de evaluación de cada indicador de evaluación	40
(2) Resultado del cálculo del paso 1	41
3.3 Cuencas prioritarias que considera el lado peruano (Paso2)	42
3.3.1 Fundamento del análisis del paso 2	42
3.3.2 Definición del valor de evaluación de acuerdo con la recomendación de las 3 entidades y el resultado del análisis (Paso 2)	46
3.4 Resultado del cálculo	46
3.5 Selección de las cuentas candidatas para cuencas prioritarias	48
Capítulo 4 Tipificación de las 159 cuencas y selección de las cuencas modelo	51
4.1 Tipificación de las 159 cuencas	51
4.1.1 Lineamientos básicos del análisis y flujo del análisis	51
4.1.2 Datos utilizados para el análisis	57
4.1.3 Resultados de la clasificación	60
(1) Clasificación por características socioeconómicas	60
(2) Clasificación según las características naturales	62
(3) Evaluación integral por matriz	64
4.2 Selección de las cuencas modelo	68

4.2.1	Criterios de selección de las cuencas modelo.....	68
(1)	Criterios básicos de selección.....	68
(2)	Tratamiento de los ríos compuestos por múltiples cuencas.....	68
4.2.2	Resultado de la selección de las cuencas modelo.....	68
Capítulo 5 Análisis de la precipitación		71
5.1	Análisis de la precipitación.....	71
5.1.1	Escala de probabilidad de precipitación objeto del análisis.....	71
5.1.2	Duración de la precipitación de diseño.....	71
5.1.3	Cálculo del promedio de precipitación mayor del año	74
5.1.4	Determinación del pluviograma de diseño	74
5.1.5	Realización del análisis de la precipitación	77
Capítulo 6 Realización del reconocimiento de campo.....		83
6.1	Objetivo del reconocimiento de campo	83
6.2	Resumen del reconocimiento de campo	83
6.3	Resultado del reconocimiento de campo	84
6.3.1	Cuenca de los ríos Piura y Chira	84
(1)	Implementación del proyecto de control de inundaciones en la cuenca de los ríos Piura-Chira	84
(2)	Generación de inundaciones en la cuenca Piura –Chira por inundación interior del dique.....	84
(3)	Estado de la inundación de 1988 en la cuenca Piura-Chira.....	84
6.3.2	Cuenca del río Rímac	85
(1)	Estado de daños por inundaciones en la actual cuenca del río Rímac	85
(2)	Resumen de los daños por inundaciones.....	86
6.3.3	Cuenca del río Ica.....	90
(1)	Estado de daños por inundaciones en la actual cuenca del río Ica.....	90
(2)	Proyectos de control de inundaciones que se implementan actualmente en la cuenca del río Ica.....	90
(3)	Resumen de los daños por inundaciones y proyectos de control de inundaciones	91
6.3.4	Cuenca del río Huallaga	93
(1)	Estado de daños por inundaciones en la actual cuenca del río Huallaga	93
6.3.5	Cuenca del río Mantaro.....	95
6.3.6	Cuenca del río Urubamba.....	97
6.3.7	Cuenca del río Nanay	102
(1)	Estado de daños por inundaciones en la cuenca del río Nanay	102
(2)	Proyecto de control de inundaciones en la cuenca actual del río Nanay	104
Capítulo 7 Análisis de la Inundación-Esorrentía.....		105
7.1	Políticas básicas para el análisis de la inundación-esorrentía	105
7.2	Condiciones de la simulación del análisis de la inundación-esorrentía	106
7.3	Calibración de los resultados del análisis de inundación-esorrentía.....	109
7.3.1	Validación de los resultados basados en la comparación con resultados de estudios pasados.....	109
(1)	Análisis de precipitaciones	109

(2) Resultados del análisis de inundación- escorrentía.....	110
7.3.2 Validación de los resultados basada en la comparación con los estudios de reconocimiento de campo	111
7.4 Resumen de los resultados del análisis	113
Capítulo 8 Preparación de Normas Técnicas para Proyectos de Prevención de Inundaciones (Borrador)	127
8.1 Antecedentes de la preparación de normas técnicas para proyectos de prevención de inundaciones	127
8.2 Propósitos de la elaboración de las “Normas Técnicas para Proyectos de Prevención de Inundaciones (Borrador)”	127
8.3 Contenido de las Normas Técnicas (Borrador).....	128
8.3.1 Contenido de las Normas Técnicas (Borrador)	128
8.3.2 Método de elaboración.....	129
8.4 Normas Técnicas para Proyectos de Prevención de Inundaciones (Borrador) elaboradas.....	129
8.5 Deliberación con la ANA sobre las Normas Técnicas para Proyectos de Prevención de Inundaciones (Borrador) elaboradas, comentarios de la ANA y respuesta del Equipo de Estudio	129
Capítulo 9 Análisis de la Propuesta de Medidas de Mitigación de Inundaciones para la Estimación del Costo de los Proyectos en las Cuencas Prioritarias y de Modelo	131
9.1 Políticas de análisis	131
9.1.1 Políticas de estimación de costos de los proyectos.....	131
(1) Políticas básicas.....	131
(2) Cuencas donde no es posible adoptar la opción que incluya la construcción de las instalaciones de almacenamiento de agua	131
(3) Alternativas de mitigación de inundaciones para cada cuenca de río.....	132
9.1.2 Consideración para el control de erosión	134
9.1.3 Selección de la ubicación de las medidas.....	134
(1) Selección del área de mitigación de inundación : “área objetivo”.....	134
(2) Formulación de un plan de medidas de mitigación de inundación para el canal principal y los principales afluentes	134
9.1.4 Calculo de la cantidad de construcción	134
9.2 Procedimientos de análisis y detalles	135
9.2.1 Procedimientos de análisis	135
9.2.2 Políticas para la estimación cuantitativa de cada obra de mitigación de inundación.....	135
(1) Dique y revestimiento	135
(2) Cuenca de retardo.....	136
(3) Cambio de las reglas de operación de las presas existentes.....	138
9.3 Propuesta de medidas de inundaciones que se tomarán en cuenta en la estimación del costo de los proyectos.....	138
9.3.1 Cuenca de los ríos Piura-Chira	138
(1) Área protegida contra las inundaciones de los ríos Piura-Chira	138
(2) Alternativa-1: Resumen	139
(3) Alternativa-1: Sección estándar.....	141

(4)	Alternativa-2: resumen.....	141
(5)	Alternativa-2: Sección estándar.....	144
(6)	Sobre el impacto de prevención de socavación mediante la defensa ribereña en los tramos objeto de protección.....	144
9.3.2	Cuenca del Río Rímac.....	145
(1)	Designación de áreas objetivo para la cuenca del río Rímac.....	145
(2)	Alternativa-1: Resumen	145
(3)	Alternativa-1: Sección estándar.....	148
(4)	Respuesta a los tramos a ser protegidos 4, 5 y 7.....	148
9.3.3	Cuenca del río Ica.....	149
(1)	Designación de áreas objetivo para la cuenca del río Ica	149
(2)	Alternativa-1: Resumen	151
(3)	Alternativa-1: Sección estándar.....	153
(4)	Alternativa-2: Resumen	154
(5)	Alternativa-2: Sección estándar.....	158
(6)	Respuesta a los tramos a ser protegidos del 1 al 4.....	158
9.3.4	Cuenca del Río Huallaga.....	159
(1)	Designación de Áreas Objetivo para la Cuenca del Río Huallaga	159
(2)	Alternativa-1: Resumen	161
(3)	Alternativa-1: Sección estándar.....	162
(4)	Alternativa-2: Resumen	163
(5)	Alternativa-2: Sección estándar.....	165
(6)	Medidas de control de socavación en los tramos objeto.....	166
9.3.5	Cuenca del río Mantaro	166
(1)	Designación de áreas objetivo para la cuenca del río Mantaro.....	166
(2)	Alternativa-1: Resumen	168
(3)	Alternativa-1: Sección estándar.....	169
(4)	Alternativa-2: Resumen	169
(5)	Alternativa-2: Sección estándar.....	171
(6)	Respuesta a los tramos a ser protegidos 3 y 4	172
9.3.6	Cuenca del río Urubamba.....	172
(1)	Designación de áreas objetivo para la cuenca del río Urubamba	172
(2)	Alternativa-1: Resumen del plan de mejora	173
(3)	Alternativa-1: Sección estándar del plan de mejora	176
(4)	Alternativa-2: Resumen	176
(5)	Alternativa-2: Sección estándar del plan de mejora	179
(6)	Sobre el impacto de prevención de socavación mediante la defensa ribereña en los tramos objeto de protección.....	179
9.3.7	Otras cuencas modelo	180
(1)	Cuenca del río Biabo	180

(2)	Cuenca del río Locumba	183
(3)	Cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque	185
(4)	Cuenca del río Nanay	190
(5)	Cuenca del río Ramis	193
Capítulo 10	Evaluación del Borrador de las Medidas de Mitigación de Inundaciones para Cuencas de Ríos Modelo/Prioritarias	201
10.1	Política básica	201
10.2	Método de evaluación.....	201
10.3	Cálculo de los beneficios	203
10.3.1	Determinación del precio unitario de daño para calcular los beneficios	203
(1)	Determinación del precio unitario de daño.....	203
(2)	Definición del porcentaje de daño por inundaciones.....	206
(3)	Daños en estructuras públicas	207
(4)	Daños por erosión en la ribera.....	208
10.3.2	Cálculo de la reducción de las pérdidas en cada cuenca seleccionada	212
(1)	Cuenca de los ríos Piura-Chira	212
(2)	Cuenca del río Rímac	214
(3)	Cuenca del río Ica.....	216
(4)	Cuenca del río Huallaga	217
(5)	Cuenca del río Mantaro	218
(6)	Cuenca del río Urubamba.....	220
(7)	Monto de reducción de daños de otras cuencas modelo.....	221
10.4	Estimación del costo de proyectos en borrador para Mitigación de Inundaciones.....	228
10.4.1	Determinación del costo unitario de construcción estándar y de la cantidad.....	228
(1)	Precio unitario de las obras.....	228
(2)	Costo de adquisición de terreno y costo de traslado de viviendas	233
(3)	Costo de medidas contra erosión (obras de revestimiento ribereño y protección del pie).....	235
10.4.2	Cálculo del costo estimado del proyecto en cada cuenca objeto	236
(1)	Cuenca del río Piura-Chira	236
(2)	Cuenca del Río Rímac.....	238
(3)	Cuenca del Río Ica	238
(4)	Cuenca del río Huallaga	240
(5)	Cuenca del río Mantaro	241
(6)	Cuenca del río Urubamba.....	242
(7)	Estimación de costo estimado para proyectos de mitigación de inundación en otras cuencas modelo	243
10.5	Evaluación económica para borrador de proyectos de mitigación de inundación	249
10.5.1	Cálculo del TIRS, VANS y C/B para cada cuencas de río modelo/priorizadas.....	249
10.5.2	Cálculo del TIRS, VANS y C/B para obras de control de erosión	250
10.6	Costos y beneficios estimados de las medidas de control de inundaciones calculados en el presente	

Estudio.....	251
10.7 Formulación del Plan de Cronograma de Implementación del Proyecto.....	251
10.8 Resultado de la evaluación inicial del ambiente	251
Capítulo 11 Estimación del Costo Total del Proyecto para las 159 Cuencas Basada en el Resultado del Estudio de las Cuencas Modelo	253
11.1 Propósito del Estudio en este Capítulo.....	253
11.2 Método para estimar costos totales y los beneficios totales de proyecto para las 159 cuencas de río	254
11.2.1 Hipótesis para estimar costos totales y beneficios totales del proyecto para las 159 cuencas de río ..	255
11.2.2 Selección de los indicadores básicos de cuenca (parámetros).....	256
11.2.3 Método de cálculo del costo total de proyecto por cada tipo.....	256
11.3 Resultado del cálculo de los beneficios totales y de los costos estimados de los proyectos.....	256
(1) Cálculo de los costos totales estimados y los beneficios totales de proyecto para cada tipo	256
(2) Evaluación económica de proyecto por tipo	269
11.4 Análisis de sensibilidad de la evaluación del proyecto tomando en consideración el cambio climático .	279
11.4.1 Metodología de Estudio	279
11.4.2 Recolección y confirmación del fenómeno de cambio climático en el pasado del Perú	279
(1) Resumen de la investigación del SENAMHI.....	279
(2) Resumen de la investigación en proceso del Profesor Ing. Cayo Ramos en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)	281
(3) Investigación del reporte preparado por el Banco Mundial.....	281
11.4.3 Resumen de investigaciones y análisis de la situación de las inundaciones por el presente Estudio..	282
(1) Año objetivo del análisis para los efectos del cambio climático	282
(2) Extracción del incremento y disminución de la precipitación anual de investigaciones previas.....	282
(3) Tasa de probabilidad de inundación incremento – disminución asumida basada en el cambio anual de precipitación.....	283
(4) Análisis de sensibilidad de la evaluación del proyecto tomando en consideración el cambio climático	283
Capítulo 12 Preparación del Seminario y Taller a ser llevado a cabo por el Estudio	285
12.1 Elaboración del programa de seminario y su ejecución	285
12.1.1 Propósito del Seminario	285
12.1.2 Contenido del Seminario (Borrador).....	285
12.1.3 Revisión del Seminario ejecutado	286
(1) Organización del Seminario y contenido de las discusiones	286
(2) Conclusiones de las discusiones en el seminario.....	293
12.2 Taller.....	296
12.2.1 Propósito del Taller.....	296
12.2.2 Contenido del Taller (Borrador)	296
12.2.3 Revisión del Taller ejecutado	297
(1) Participantes	297
(2) Comentarios de los participantes.....	298

(3) Fotografías del desarrollo del Taller y de los participantes.....	302
(4) Conclusiones del Taller	302
Capítulo 13 Resumen de los Resultados del Estudio sobre los Daños de Inundaciones y de Deslizamientos y sobre las Necesidades de Reconstrucción	305
13.1 Pertinencia de ejecutar el estudio sobre los daños de inundaciones y sobre las necesidades	305
13.1.1 Antecedentes de ejecución	305
13.1.2 Objetivos de ejecución	305
13.1.3 Generalidades del estudio y calendario de trabajo.....	306
(1) Estudio preliminar.....	306
(2) Estudio intensivo.....	306
13.2 Resumen de los resultados del estudio preliminar	307
13.2.1 Calendario de trabajo	307
13.2.2 Resumen de los daños según departamentos.....	308
13.2.3 Factores básicos que provocaron las inundaciones y deslizamiento	309
(1) Factores meteorológicos: recurrencia de El Niño Costero	309
(2) Precipitación: Ocurrencia de la precipitación récord.....	311
(3) Factores sociales: Concentración de la población y de los bienes en las regiones vulnerables ante inundaciones y deslizamientos asociada con el desarrollo económico.....	312
13.2.4 Principales factores causantes de las inundaciones y huaicos	313
(1) Causas de las inundaciones: Falta de capacidad hidráulica o de desarrollo del control de inundaciones apropiado (Tipo-1, Tipo-2).....	314
(2) Causas de las inundaciones: Tipo-4: Socavación de las riberas (destrucción parcial o total de la defensa ribereña y diques).....	317
(3) Causas de las inundaciones:	318
(4) Causas de huaico: Falta de las medidas de control de generación de sedimentos en la cuenca alta y de control de arrastre hacia la cuenca baja	319
13.2.5 Consideraciones y recomendaciones sobre los proyectos de control de inundaciones formuladas en base a los resultados del estudio preliminar.....	320
(1) Propuestas sobre las buenas prácticas	320
(2) Resumen de las recomendaciones y propuestas sobre las acciones de reconstrucción (tomando en cuenta la aplicabilidad de la tecnología japonesa).....	322
13.2.6 Presentación de los resultados del estudio preliminar en el seminario	324
13.2.7 Propuesta de ejecución del estudio intensivo sobre los daños de inundaciones y las necesidades (borrador)	324
13.3 Resumen de los resultados del Estudio sobre los daños de inundaciones y de huaicos y sobre las necesidades de reconstrucción (estudio intensivo).....	325
13.3.1 Revisión del análisis hidrológico de las inundaciones ocurridas entre enero y marzo de 2017 (análisis de precipitaciones).....	325
(1) Ejecución del análisis de precipitaciones en las cuencas del norte del Perú que causaron graves daños de inundaciones.....	325

(2)	Resumen de los resultados del análisis y recomendaciones sobre el plan de control de inundaciones	341
13.3.2	Evaluación de las inundaciones y desbordamientos ocurridos entre enero y marzo de 2017 y las políticas de las futuras medidas	342
(1)	Río Tumbes	342
(2)	Río Piura	350
(3)	Río Chira (presa de Poechos)	365
(4)	Ríos Motupe y La Leche	367
(5)	Ríos Chancay-Lambayeque	372
13.3.3	Evaluación de los huacos ocurridos entre enero y marzo de 2017 y las políticas de las futuras medidas	380
(1)	Características de los deslizamientos y huaycos en la Costa	380
(2)	Ríos de Trujillo (León, San Idelfonso y San Carlos)	381
(3)	Río Cuculicote	387
(4)	Río Rímac	391
13.3.4	Cálculo de desbordamiento de los ríos Piura y Chancay-Lambayeque	413
(1)	Calibración del modelo RRI de la cuenca del río Piura con los datos de las inundaciones de 2017	414
(2)	Ríos Chancay-Lambayeque	416
Capítulo 14	Resumen de los Resultados del Estudio a la Fecha	419
14.1	Resumen de los resultados del Estudio	419
14.1.1	Resumen en este Capítulo	419
14.1.2	Visión general de los proyectos de control de inundaciones en el Perú	420
(1)	Costo total estimado de proyecto en todas las cuencas	420
(2)	Total estimado de beneficios del proyecto y evaluación económica de todas las cuencas	421
14.1.3	Características principales de los proyectos de control de inundación por tipo	422
(1)	Costo total estimado del proyecto de control de inundaciones por tipo	423
(2)	Esbozo de los resultados totales de beneficio y evaluación económica de las 159 cuencas	424
(3)	Análisis en el resumen por tipo	426
14.1.4	Resumen del estudio sobre cuencas de río priorizadas	428
(1)	Ríos Piura-Chira	428
(2)	Río Rímac	429
(3)	Río Ica	430
(4)	Río Mantaro	431
(5)	Río Huallaga	431
(6)	Río Urubamba	432
(7)	Suposición de la implementación de proyectos en las cuencas prioritarias	432
14.1.5	Efectos del cambio climático sobre los planes de control de inundaciones	434
14.1.6	Daños de los deslizamientos e inundaciones ocurridos entre finales de 2016 y marzo de 2017 y comparación con los resultados del presente Estudio	435
14.1.7	Extracción de datos del informe de los daños de inundaciones de INDECI	435

14.1.8	Comparación de los daños de inundaciones reales y los resultados del presente Estudio	436
(1)	Resumen de informes de daños.....	436
(2)	Conclusiones del análisis comparativo.....	437
14.1.9	Comparación de los resultados del análisis de inundaciones del río Rímac según el presente Estudio y los daños reales.....	439
(1)	Resumen del reporte de INDECI sobre los desastres en el río Rímac.....	439
(2)	Identificación de los tramos desbordados del río Rímac	440
(3)	Características de los desastres del río Rímac y lineamientos de las futuras medidas.....	442
14.2	Identificación de los desafíos con base en los resultados del Estudio y recomendaciones	442
14.2.1	Necesidad de formular urgentemente un plan de control de inundaciones y de organizar la información	443
(1)	Necesidad de organizar información sobre los daños históricos de inundaciones, los planes existentes y el avance de los proyectos de control de inundaciones	443
(2)	Necesidad de elaborar rápidamente planes de control de inundaciones	445
(3)	Necesidad de considerar la inclusión de medidas contra deslizamientos de tierra en las directrices para la prevención de inundaciones	446
(4)	Necesidad de creación de métodos para la estimación de los beneficios indirectos de los proyectos de control de inundaciones.....	448
14.2.2	Retos para el manejo apropiado de un río	448
(1)	Necesidad de Fortalecimiento de la Regulación del Desarrollo en zonas de Planicies Inundables y Riveras de Ríos	448
(2)	Necesidad de conservación de zonas pantanosas y zonas bajas en la cuenca del río como extensiones para aliviar el exceso de volumen de descarga de inundación.....	451
(3)	Conducción de las obras apropiadas de mantenimiento del río.....	452
(4)	Necesidad de monitorear el impacto del cambio climático sobre la gestión de las cuencas.....	452
14.2.3	Retos para la creación de un sistema implementación apropiado para proyectos de control de inundaciones.....	454
(1)	Estableciendo un sistema básico de implementación.....	454
(2)	Aumento del presupuesto para ejecutar los proyectos de control de inundaciones	455
(3)	Necesidad del desarrollo de capacidades de los gobiernos locales, regionales, AAA y ALA.....	457
(4)	La pronta preparación de lineamientos apropiados para la implementación de proyectos de control de inundaciones bajo el nuevo SNIP.....	457
14.2.4	Cuestiones técnicas sobre la formación de un plan de control de inundaciones.....	458
(1)	Recolección de data.....	458
(2)	Modelo de análisis de inundación	458
(3)	Refuerzo de la información histórica de los desastres ocurridos	460
14.2.5	Implementación de la metodología de sensibilización sobre los riesgos de desastres.....	461
14.2.6	Introducción de un sistema de alerta y pronóstico de inundaciones	462
14.2.7	Datos a ser ingresados en el SNIRH	464
14.3	Resumen de recomendaciones y recomendaciones para la elaboración de una matriz en el Préstamo	

Stand-By para la Reconstrucción Post-Desastre	465
14.3.1 Resumen de Recomendaciones	465
14.3.2 Recomendaciones para la elaboración de una matriz en el Préstamo Stand-By para la Reconstrucción Post-Desastre.....	475
(1) Condicion previa 1: que ANA elabore planes de control de inundaciones de 2 o más cuencas, incluyendo planes de control de huaycos y planes de mantenimiento y gestión del curso superior hasta 2020.....	475
(2) Condicion previa 2: Que ANA elabore, junto con organizaciones relacionadas y hasta 2020, una información de control de inundaciones de las cuencas en la que se resuman daños causados por las inundaciones ocurridos en 4 cuencas o más, planes elaborados de control de inundaciones y medidas y proyectos implementados.....	476
(3) Condicion previa 3: Que ANA elabore, junto con MEF y hasta 2020, un "manual de análisis de la economía de proyectos de control de inundaciones" destinado a entidades ejecutoras, que son principalmente gobiernos provinciales y distritales, para analizar la economía de proyectos de control de inundaciones.....	477
14.4 Presentación de tecnologías avanzadas, japonesas y tradicionales en las medidas de control de inundaciones y huaycos	481
14.4.1 Control con estructuras.....	481
(1) Control de la producción de sedimentos mediante la plantación.....	482
(2) Fijación del canal mediante el dique longitudinal y la tecnología de control de la dirección del curso y control del desplazamiento de sedimentos mediante zonas de plantación amortiguadora	485
(3) Construcción de facilidades de control de deslizamiento de tierras utilizando materiales producidos en sitio (suelo estabilizado con cemento para el control del deslizamiento de arena).....	486
(4) Construcción de facilidades de control de deslizamiento de tierras utilizando elementos prefabricados (dique de mampostería de bloques de hormigón).....	488
(5) Construcción de facilidades de control de deslizamiento de tierras apropiada para un terreno muy reducido (tecnología de control de huaycos mediante postes)	488
(6) Medios de transporte de máquinas y materiales en lugar de carreteras	489
(7) Construcción en lugares peligrosos (construcción sin tripulación)	490
14.4.2 Medidas de control de inundaciones sin estructuras.....	491
(1) Método de estudio de la dinámica de sedimentos	493
(2) Detección de un huayco	494

Índice de Figuras

Figura 2.1.1	Organigrama de la ANA	10
Figura 2.1.2	Ubicación de las estaciones hidrometeorológicas.....	22
Figura 2.1.3	Ubicación de las estaciones que monitorean la precipitación por hora.....	23
Figura 2.1.4	Ubicación de las estaciones donde se monitorea el nivel de agua y caudal	24
Figura 2.1.5	Ubicación de las represas y embalses	25
Figura 3.1.1	Procedimiento de selección de las cuencas candidatas (borrador).....	38
Figura 3.3.1	8 cuencas que la ANA recomienda	43
Figura 3.3.2	11 cuencas que el INDECI recomienda	44
Figura 3.3.3	3 cuencas basadas en el resultado del cálculo de riesgo por el CENEPRED.....	45
Figura 3.5.1	Resultados del simulacro de inundaciones en las cuencas de los ríos Quilca, Vitor y Chili según RRI (inundaciones con período de retorno de 100 años)	49
Figura 3.5.1	Cuencas candidatas para cuencas prioritarias	50
Figura 4.1.1	Flujo de análisis de tipificación.....	52
Figura 4.1.2	Relación entre el número de cuencas y la tasa de cobertura de la población	54
Figura 4.1.3	Detalles de las características socioeconómicas de cada cuenca.....	58
Figura 4.1.4	Detalles de las características naturales de cada cuenca.....	59
Figura 4.1.5	Resultado de la clasificación según las características socioeconómicas.....	60
Figura 4.1.6	Análisis de la tipificación según las características naturales.....	62
Figura 4.1.7	Análisis de la tipificación según las características naturales (Sistema hidrográfico del Amazonas).....	63
Figura 4.1.8	Análisis de la tipificación según las características naturales.....	64
Figura 4.1.9	Matriz de análisis de la tipificación.....	66
Figura 4.2.1	Criterios de selección de las cuencas modelo	68
Figura 4.2.2	Ubicación de las cuencas modelo (plan).....	70
Figura 5.1.1	Duración de la precipitación en las cuencas de los ríos Mantaro y Urubamba en las 10 inundaciones más grandes	74
Figura 5.1.2	Tipo de curva de precipitación de 24 horas y reparto de precipitación por hora	75
Figura 5.1.3	Ejemplo de ampliación de la precipitación (río Mantaro).....	76
Figura 5.1.4	Resultado del análisis de la precipitación (1/3).....	78
Figura 5.1.5	Resultado del análisis de la precipitación (2/3).....	79
Figura 5.1.6	Resultado del análisis de la precipitación (3/3).....	80
Figura 5.1.7	Pluviograma de precipitación de 100 años (1/2).....	81
Figura 5.1.8	Pluviograma de precipitación de 100 años (2/2).....	82
Figura 6.3.1	Estado de la cuenca Chira-Piura	85
Figura 6.3.2	Estado del río Piura en el momento de la inundación de 1998	85
Figura 6.3.3	Estado de las riberas del río Rímac	86
Figura 6.3.4	Estado de las riberas del río Rímac	87
Figura 6.3.5	Estado de las riberas del río Rímac que se encuentran alrededor de Sucro.....	87
Figura 6.3.6	Estado de las riberas del río Rímac que se encuentran alrededor de San Bartolome	88

Figura 6.3.7	Estado de las riberas del río Rímac que se encuentran alrededor de Chosica	88
Figura 6.3.8	Estado de las riberas del río Rímac que se encuentran alrededor de Chaclacayo	89
Figura 6.3.9	Estado de las riberas del río Rímac que se encuentran alrededor de Ate	89
Figura 6.3.10	Estado de las riberas del río Ica situadas alrededor de Casa Blanca	91
Figura 6.3.11	Estado de las riberas del río Ica situadas alrededor de San José de los Molinos	91
Figura 6.3.12	Estado de las riberas del río Ica situadas alrededor de San Juan Bautista.....	92
Figura 6.3.13	Estado de las riberas del río Ica situadas alrededor de Santiago	92
Figura 6.3.14	Estado de las riberas del río Ica situadas alrededor de Ocucaje	93
Figura 6.3.15	Estado de daños por la inundación del curso principal del río Huallaga.....	94
Figura 6.3.16	Estado de daños por la inundación del curso principal del río Huallaga.....	94
Figura 6.3.17	Estado de Huamancana, río Mantaro	95
Figura 6.3.18	Estado de Mito, río Mantaro	96
Figura 6.3.19	Estado de Huaripampa, río Mantaro	96
Figura 6.3.20	Estado de Parco, río Mantaro.....	96
Figura 6.3.21	Situación de daños por inundación en el río Lucre, afluente del río Urubamba.....	98
Figura 6.3.22	Situación de daños por inundación en la quebrada Huaró, afluente del río Urubamba.....	98
Figura 6.3.23	Situación de daños por inundación en el río Vilcanota, afluente del río Urubamba.....	99
Figura 6.3.24	Situación de daños por inundación en la quebrada Huaraypata, afluente del río Urubamba	99
Figura 6.3.25	Situación de daños por inundación en el distrito Sucani en la cuenca del río Urubamba ..	100
Figura 6.3.26	Situación de daños por inundación en el distrito Malangani en la cuenca del río Urubamba	100
Figura 6.3.27	Situación de daños por inundación en el río Pisac, afluente del río Urubamba	101
Figura 6.3.28	Situación de daños por inundación en el distrito Huaullay Bamba en la cuenca del río Urubamba	101
Figura 6.3.29	Estado de daños en la calle Putumayo por la inundación del río Nanay	102
Figura 6.3.30	Estado de daños en Morona Cocha por inundaciones del río Nanay	103
Figura 6.3.31	Estado de daños en Pampachica por inundaciones del río Nanay.....	103
Figura 7.4.1	Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Biabo (inundación con período de retorno de 100 años).....	115
Figura 7.4.2	Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Locumba	116
Figura 7.4.3	Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque.....	117
Figura 7.4.4	Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Huallaga	118
Figura 7.4.5	Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Nanay	119
Figura 7.4.6	Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Ramis	120
Figura 7.4.7	Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Rímac	121
Figura 7.4.8	Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Chira.....	122
Figura 7.4.9	Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Piura	123
Figura 7.4.10	Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Urubamba....	124
Figura 7.4.11	Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Ica.....	125

Figura 7.4.12	Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca río Mantaro.....	126
Figura 9.2.1	Procedimiento para la Formulación de Medidas de Mitigación de las Inundaciones	135
Figura 9.2.2	Procedimientos del cálculo del volumen de regulación de avenidas	137
Figura 9.3.1	Selección de áreas objetivo en la cuenca de los ríos Piura-Chira (cuenca del río Piura).....	138
Figura 9.3.2	Selección de áreas objetivo en la cuenca de los ríos Piura-Chira (cuenca del río Piura).....	139
Figura 9.3.3	Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de los ríos Piura-Chira (Alt-1: 50-años periodo de retorno)	141
Figura 9.3.4	Corte Transversal Estándar para Plan de Mejoramiento de los ríos Piura-Chira (Alt-2: 50-años Periodo de Retorno).....	144
Figura 9.3.5	Selección de áreas objetivo en la cuenca del río Rímac	145
Figura 9.3.6	Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de río rímac (alt-1: 50-años periodo de retorno)	148
Figura 9.3.7	Selección de áreas objetivo en la cuenca del río Ica	150
Figura 9.3.8	Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de río ica (alt-1: 50-años periodo de retorno).....	154
Figura 9.3.9	Corte Transversal Estándar para Plan de Mejoramiento de los ríos Piura-Chira (Alt-2: 50-años Periodo de Retorno).....	158
Figura 9.3.10	Selección de áreas objetivo en la cuenca del río Huallaga.....	160
Figura 9.3.11	Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de río Huallaga (Alt-1: 50-años periodo de retorno)	163
Figura 9.3.12	Corte Transversal estándar para plan de mejoramiento de río Huallaga (Alt-2: 50-años periodo de retorno)	166
Figura 9.3.13	Selección de áreas objetivo en la cuenca del río Mantaro.....	167
Figura 9.3.14	Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de río Mantaro (Alt-1: 50-años Periodo de Retorno).....	169
Figura 9.3.15	Corte Transversal estándar para plan de mejoramiento de río Mantaro (Alt-2: 50-años periodo de retorno)	172
Figura 9.3.16	Selection de áreas objetivo en la cuenca del río Urubamba	173
Figura 9.3.17	Corte Transversal Estándar para Plan de Mejoramiento de Río Urubamba (Alt-1: 50-años Periodo de Retorno).....	176
Figura 9.3.18	Corte Transversal Estándar para Plan de Mejoramiento de Río Urubamba (Alt-2: 50-años Periodo de Retorno).....	179
Figura 9.3.19	Selección de áreas objetivo en la cuenca del río biabo	181
Figura 9.3.20	Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de río Biabo (Alt-1: 50-años periodo de retorno)	182
Figura 9.3.21	Corte Transversal Estándar para Plan de Mejoramiento de río Biabo (Alt-2: 50-años Periodo de Retorno).....	183
Figura 9.3.22	Selección de Áreas Objetivo en la Cuenca del Río Locumba.....	184
Figura 9.3.23	Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de río locumba (alt-1: 50-años periodo de retorno)	185

Figura 9.3.24	Selección de áreas objetivo en la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque	186
Figura 9.3.25	Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de los ríos Chancay-Lambayeque (Alt-1: 50-años Periodo de Retorno)	188
Figura 9.3.26	Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de los ríos Chancay-Lambayeque (Alt-2: 50-años Periodo de Retorno)	190
Figura 9.3.27	Selección de áreas objetivo en la cuenca del río Nanay.....	191
Figura 9.3.28	Corte Transversal estándar para plan de mejoramiento de río Nanay (Alt-1: 50-años Periodo de Retorno).....	192
Figura 9.3.29	Selección de áreas objetivo en la cuenca del río Ramis	194
Figura 9.3.30	Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de río Ramis (Alt-1: 50-años periodo de retorno)	197
Figura 9.3.31	Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de río Ramis (Alt-2: 50-años periodo de retorno)	200
Figura 10.2.1	Procedimiento de evaluación económica.....	202
Figura 10.3.1	Situación de erosión en el río Cisa de la cuenca del río Huallaga.....	209
Figura 10.3.2	Situación de erosión en el río Cisa de la cuenca del río Huallaga 2	210
Figura 10.4.1	Sección estándar del revestimiento/protección del pie como medidas contra erosión (plan)	235
Figura 11.2.1	Flujo del estudio para la estimación de costo y beneficio en todas las cuencas por tipo	255
Figura 11.3.1	Beneficio total por periodo de retorno del proyecto de 100 años por cada tipo (cantidad anual de daños mitigados esperado)	260
Figura 11.3.2	Beneficios totales globales de los proyectos en las 159 cuencas con periodo de retorno de 100 años(cantidad anual esperado de daños mitigados)	261
Figura 11.3.3	Costos totales estimados de proyecto en cada tipo (periodo de retorno de 100 años).....	266
Figura 11.3.4	Costo total estimado de proyectos de control de inundación en las 159 cuencas (periodo de retorno de 100 años)	267
Figura 11.3.5	TIRss para proyectos de control de inundación en las 159 cuencas.....	278
Figura 11.4.1	Tasa de cambio de precipitación anual en el 2030	279
Figura 11.4.2	Predicción del volumen de descarga del río por el reporte del Banco Mundial	281
Figura 12.1.1	Resultados del simulacro de inundaciones y desbordamientos de 2015 por la Universidad de Tumbes y ALA-Tumbes.....	295
Figura 13.2.1	Departamentos visitados en el estudio preliminar sobre los daños de inundaciones.....	308
Figura 13.2.2	Evolución de El Niño entre febrero y marzo de 2017.....	310
Figura 13.2.3	Temperatura de la superficie del mar del Pacífico según años.....	311
Figura 13.2.4	Explicación esquemática del efecto de El Niño y La Niña en el Perú - relación entre la temperatura del mar y la circulación atmosférica	311
Figura 13.2.5	Uso de las tierras en la cuenca de la quebrada León y en la cuenca baja de la quebrada en Trujillo-1.....	312
Figura 13.2.6	Uso de las tierras en la cuenca de la quebrada León y en la cuenca baja de la quebrada en Trujillo-2.....	313

Figura 13.2.7	Inundaciones en las tierras bajas de la cuenca baja del río Tumbes	315
Figura 13.2.8	Sitios afectados a lo largo del río Piura, ciudad de Piura	316
Figura 13.2.9	Ruptura del dique del río Piura por las avenidas que superaron la capacidad hidráulica, y su rehabilitación	316
Figura 13.2.10	Fotos de los daños de socavación de los ríos	317
Figura 13.2.11	Área ribereña de la ciudad de Tumbes inundada por la contracorriente del agua del río .	318
Figura 13.2.12	Lambayeque, una ciudad que no cuenta con suficientes canales de drenaje.....	318
Figura 13.2.13	Acumulación de sedimentos sobre el lecho	319
Figura 13.2.14	Ejemplos de los daños agravados por los sedimentos arrastrados de la cuenca alta	320
Figura 13.2.15	Obras de protección del dique del río Piura	321
Figura 13.2.16	Mapas de áreas inundadas del río Tumbes en 2015	321
Figura 13.2.17	Tecnología que puede solucionar los problemas de inundaciones en el Perú	324
Figura 13.3.1	Mapa de ubicación de la estación de monitoreo de lluvias (cuenca del río Tumbes).....	326
Figura 13.3.2	Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Puerto Pizarro de la cuenca del río Tumbes).....	326
Figura 13.3.3	Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Rica Playa de la cuenca del río Tumbes).....	327
Figura 13.3.4	Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Puerto Pizarro de la cuenca del río Tumbes) (modelo de distribución de probabilidad: LN3Q)	327
Figura 13.3.5	Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Rica Playa de la cuenca del río Tumbes) (modelo de distribución de probabilidad: LP3Rs).....	328
Figura 13.3.6	Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo de lluvias (cuenca del río Piura)	329
Figura 13.3.7	Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Chusis de la cuenca del río Piura).....	329
Figura 13.3.8	Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de San Miguel de la cuenca del río Piura).....	330
Figura 13.3.9	Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Morropón de la cuenca del río Piura).....	330
Figura 13.3.10	Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Malacasi de la cuenca del río Piura)	331
Figura 13.3.11	Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Puerto Pizarro de la cuenca del río Piura) (modelo de distribución de probabilidad: LogP3).....	331
Figura 13.3.12	Resultados del análisis de precipitaciones (estación de San Miguel de la cuenca del río Piura) (modelo de distribución de probabilidad: LN4PM)	332
Figura 13.3.13	Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Malacasi de la cuenca del río Piura) (modelo de distribución de probabilidad: LogP3).....	333
Figura 13.3.14	Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Malacasi de la cuenca del río Piura) (modelo de distribución de probabilidad: LN3Q).....	333
Figura 13.3.15	Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo de lluvias (cuencas de los ríos Chancay-Lambayeque y de Motupe).....	334

Figura 13.3.16	Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Lambayeque)	335
Figura 13.3.17	Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Jayanca de la cuenca del río Motupe)	335
Figura 13.3.18	Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Reque de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque).....	336
Figura 13.3.19	Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Tinajones de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque).....	336
Figura 13.3.20	Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Chugur de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque).....	337
Figura 13.3.21	Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Lambayeque) (modelo de distribución de probabilidad: LogP3).....	337
Figura 13.3.22	Resultados del análisis de precipitación (estación de Jayanca de la cuenca del río Motupe) (modelo de distribución de probabilidad: LN3Q).....	338
Figura 13.3.23	Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Reque de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque) (modelo de distribución de probabilidad: Gev)	339
Figura 13.3.24	Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Tinajones de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque) (modelo de distribución de probabilidad: EXP)	340
Figura 13.3.25	Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Chugur de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque) (modelo de distribución de probabilidad: LN3PM).....	341
Figura 13.3.26	Evolución del curso de agua en la cuenca baja del río Tumbes	342
Figura 13.3.27	Desbordamiento ocurrido en 2015.....	343
Figura 13.3.28	Fotos de la acumulación de sedimentos y erosión de las riberas del río Tumbes.....	344
Figura 13.3.29	Desafíos del plan de cauce y de la defensa ribereña en el río Tumbes	345
Figura 13.3.30	Resultados del estudio del Ministerio del Ambiente en 2015	346
Figura 13.3.31	Esquema conceptual de las medidas básicas que deben ser analizadas en la cuenca del río Tumbes	348
Figura 13.3.32	Nivel de crecida en el cauce del río Piura durante las inundaciones de la ciudad de Piura en 2017	351
Figura 13.3.33	Parapetos de la ciudad de Piura y las huellas de las inundaciones	351
Figura 13.3.34	Daños de inundaciones en la parte baja de la ciudad de Piura	352
Figura 13.3.35	Esquema conceptual de las medidas contra inundaciones del río Piura propuesto por el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura	353
Figura 13.3.36	Estructuras fluviales que necesitan ser reparadas o mejoradas	354
Figura 13.3.37	Alineación recta propuesta para el canal de descarga a la desembocadura del río Piura .	354
Figura 13.3.38	Sitios candidatos de construcción de pólders del río Piura seleccionados por el Consejo de Recursos Hídricos de la cuenca Chira-Piura	355
Figura 13.3.39	Plan de construcción del Pólder Tambo Grande	356
Figura 13.3.40	Plan de construcción del Pólder La Matanza	357
Figura 13.3.41	Hidrógrafo en el caso de construir el Pólder La Matanza	357
Figura 13.3.42	Plantación de banano y viviendas existentes en el sitio candidato de Pólder La Matanza	358

Figura 13.3.43	Condiciones del cauce y huella de inundaciones alrededor del Pólder La Matanza	358
Figura 13.3.44	Condiciones del sitio candidato del Pólder El Ala	359
Figura 13.3.45	Vista panorámica y esquema conceptual del Pólder La Peñita	360
Figura 13.3.46	Mapa de ubicación del reservorio San Lorenzo	361
Figura 13.3.47	Fotos del reservorio de San Lorenzo.....	362
Figura 13.3.48	Dique destruido en Viduque.....	363
Figura 13.3.49	Fotos del tramo roto del dique en Molino Azul	364
Figura 13.3.50	Dique destruido en Chato Chico	364
Figura 13.3.51	Condiciones actuales de la acumulación de sedimentos en la presa del Poechos y del arrastre de sedimentos en la cuenca alta.....	365
Figura 13.3.52	Aliviadero a ser recrecido del reservorio de Poechos (100mx4 = 400 m)	365
Figura 13.3.53	Esquema conceptual del avance de acumulación de sedimentos en el reservorio	366
Figura 13.3.54	Sitio candidato y el alcance de la presa de arena	367
Figura 13.3.55	Tramos desbordados de los ríos La Leche y Motupe.....	368
Figura 13.3.56	Acumulación de sedimentos y erosión ribereña en los ríos Motupe y La Leche	368
Figura 13.3.57	Ejemplos de embalses del Japón construido en la cuenca alta.....	370
Figura 13.3.58	Plan de construcción de la presa en la cuenca alta del río La Leche de la Oficina del Proyecto Especial de Olmos - Tinajones.....	371
Figura 13.3.59	Red de canales de riego y drenaje de la región Chancay-Lambayeque y escenario de inundaciones de 1998.....	372
Figura 13.3.60	Ejemplos de la reducción de la capacidad de la red de riego y drenaje y de mal mantenimiento	373
Figura 13.3.61	Ejemplos de las medidas contra el desbordamiento del agua de la quebrada hacia la red de canales de riego y drenaje	374
Figura 13.3.62	Artículo de la prensa sobre el proyecto de cooperación china para el control de inundaciones en el departamento de Lambayeque.....	375
Figura 13.3.63	Canales de riego y drenaje existentes aprovechables para el drenaje de agua de Chiclayo	377
Figura 13.3.64	Obstáculos que cruzan el canal de drenaje existente y la alcantarilla que cruza el camino	378
Figura 13.3.65	Mejoramiento del canal de riego existente mediante el revestimiento con hormigón	378
Figura 13.3.66	Plan de mejoramiento del canal de drenaje existente aguas arriba de la ciudad de Lambayeque por el Proyecto Especial Olmos - Tinajones.....	379
Figura 13.3.67	Ejemplo del análisis del flujo de infiltración de la presa vertedero del embalse	380
Figura 13.3.68	Características de las quebradas en la Costa	381
Figura 13.3.69	Topografía y las principales quebradas de Trujillo.....	382
Figura 13.3.70	Basamento y el estrato superficial de gravas y arena de y la producción de sedimentos .	382
Figura 13.3.71	Final del flujo de la quebrada. San Idelfonso y de la quebrada. León.....	383
Figura 13.3.72	Huella de las inundaciones del distrito La Esperanza	384
Figura 13.3.73	Propuesta de ANA sobre el canal de desviación de San Idelfonso	385

Figura 13.3.74	Disposición de las obras para reducir los daños de huaicos en Trujillo (propuesta)	387
Figura 13.3.75	Topografía de la Quebrada Cuculicote y el mapa de ubicación de las tres cuencas estudiadas.....	387
Figura 13.3.76	Características de la producción de sedimentos en la zona de la quebrada. Cuculicote...	388
Figura 13.3.77	Foto tomada desde la cuenca media de la quebrada Cuculicote detrás del cerro Ascope viendo aguas arriba	388
Figura 13.3.78	Sedimentos depositados en el lecho de la quebrada. Cuculicote.....	389
Figura 13.3.79	Canal de riego que intercepta el flujo de agua de la quebrada Cabras	390
Figura 13.3.80	Disposición de las obras para reducir los daños de deslizamientos en la quebrada Cuculicote, distrito de Ascope (propuesta)	391
Figura 13.3.81	Mapa geológico de la cuenca del río Rímac	392
Figura 13.3.82	Topografía de Trujillo	392
Figura 13.3.83	Características de la topografía y geología de Chosica.....	392
Figura 13.3.84	Condiciones sociales de Chosica	393
Figura 13.3.85	Mapa de riesgos (amenazas) elaborada por el gobierno del local de Santa Eulalia	396
Figura 13.3.86	Ejemplo de las medidas de control de sedimentos ejecutadas por la municipalidad de Lurigancho-Chosica.....	397
Figura 13.3.87	Quebradas de la municipalidad Lurigancho-Chosica y el mapa de riesgos de flujo de detritos	397
Figura 13.3.88	Condiciones actuales de la quebrada Corrales y	398
Figura 13.3.89	Condiciones de la quebrada Pedregal (1).....	399
Figura 13.3.90	Condiciones de la quebrada Pedregal (2).....	400
Figura 13.3.91	Condiciones de la quebrada San Nicolás (1).....	401
Figura 13.3.92	Condiciones de la quebrada San Nicolás (2).....	402
Figura 13.3.93	Condiciones de la quebrada California	403
Figura 13.3.94	Condiciones de la quebrada Yanacoto	404
Figura 13.3.95	Cuenca de la quebrada Huaycoloro	405
Figura 13.3.96	Condiciones de la quebrada. Huaycoloro	406
Figura 13.3.97	Condiciones de la quebrada Santa Rosa (1).....	406
Figura 13.3.98	Condiciones de la quebrada Huayaringa.....	407
Figura 13.3.99	Condiciones de la quebrada Las Cruces	408
Figura 13.3.100	Condiciones de la quebrada Cashahuacra.....	409
Figura 13.3.101	Condiciones de la quebrada Porta de Huayringa	409
Figura 13.3.102	Condiciones del puente Ñaña	410
Figura 13.3.103	Foto satelital del puente Ñaña.....	410
Figura 13.3.104	Condiciones del sector de Carapongo.....	411
Figura 13.3.105	Foto satelital del sector de Carapongo	411
Figura 13.3.106	Resultados del análisis de inundaciones del río Piura por el exceso de lluvias del 25 de marzo de 2017 (distribución de la profundidad máxima inundada)	415
Figura 13.3.107	Resultados del análisis de inundaciones de los ríos Chancay - Lambayeque por el exceso	

	de lluvias del domingo, 12 de marzo de 2017 (distribución de la profundidad máxima inundada).....	417
Figura 14.1.1	Sumario de temas estudiados en el presente Estudio y temas resumidos en el presente Capítulo.....	420
Figura 14.1.2	Agrupando por tipos	426
Figura 14.2.1	Ejemplo del informe los daños de inundaciones de INDECI	436
Figura 14.3.1	Lista sistematizada para la visibilización de la información sobre el control de inundaciones" (propuesta)	445
Figura 14.3.2	Distribución del caudal de diseño a ser indicada en el Plan Maestro de Control de Inundaciones.....	446
Figura 14.3.3	Viviendas construidas en el área anegable a lo largo del río	449
Figura 14.3.4	Ejemplo del desarrollo del área anegable a lo largo del río en los últimos años	450
Figura 14.3.5	Faja marginal donde se debe restringir el desarrollo, tomando en cuenta la posibilidad de ejecutar un proyecto de control de inundaciones en un futuro.....	450
Figura 14.3.6	Inversión en la gestión del riesgo de desastres de Japón.....	456
Figura 14.3.7	Cambio anual del número de muertos y la superficie inundada a causa de inundaciones en Japón.....	456
Figura 14.4.1	Sistema de coordinación dentro de la ANA (borrador).....	470
Figura 14.4.2	Sistema de coordinación entre ANA y Otras Agencias (borrador).....	471
Figura 14.4.3	Sistema nacional propuesto para la implementación exitosa del proyecto de control de inundaciones (borrador).....	473
Figura 14.5.1	Obras de control de erosión en la sierra de Rokko.....	483
Figura 14.5.2	Caso concreto de plantación con la fuerza humana	483
Figura 14.5.3	Otros métodos con la fuerza humana.....	484
Figura 14.5.4	Implementación de la tecnología de control de erosión con plantación (1954)	485
Figura 14.5.5	Casos concretos de una obra de control de deslizamiento de tierra y de un dique longitudinal (izquierda abajo) y una obra de la zona de plantación amortiguadora (derecha abajo)	486
Figura 14.5.6	Idea del suelo estabilizado con cemento para el control del deslizamiento de arena	487
Figura 14.5.7	Casos concretos de construcción del dique de mampostería de bloques de hormigón	488
Figura 14.5.8	Urban Guard, tecnología de control de huaycos mediante postes (izquierda: estructura terminada, derecha: estructura en construcción).....	489
Figura 14.5.9	Casos de construcción de cables y de transporte de máquinas y materiales	490
Figura 14.5.10	Raíl para la obra.....	490
Figura 14.5.11	Construcción sin tripulación en Unzen	491
Figura 14.5.12	Concepto del plan de control de deslizamiento de arena de los ríos	493
Figura 14.5.13	Resumen del sensor acústico de arrastre de fondos	494
Figura 14.5.14	Caso concreto de instalación del sensor de cables (caso de instalación en un aliviadero).....	495

Índice de Tablas

Tabla 1.3.1	Principales organizaciones relacionadas.....	4
Tabla 2.1.1	Evolución de los recursos presupuestarios de la ANA	11
Tabla 2.1.2	Presupuesto de la ANA de los últimos 3 años	12
Tabla 2.1.3	Borrador del índice de la norma técnica sobre la prevención de inundaciones	13
Tabla 2.1.4	Detalle de los proyectos relacionados con la prevención de inundaciones (desde diciembre de 2002 a mayo de 2016).....	14
Tabla 2.1.5	Situación de desarrollo del análisis hidráulico, mapa de riesgos y base de datos	15
Tabla 2.1.6	Resumen sobre antecedentes de inundaciones ocurridas en las 159 cuencas y daños causados por las mismas.....	16
Tabla 2.1.7	Monto de daños y costo de restauración y recuperación en las inundaciones generadas en 2010 en Cusco según los sectores	17
Tabla 2.1.8	Resumen de los daños por inundaciones en el momento de El Niño de gran escala.....	18
Tabla 2.1.9	Los 10 primeros casos de inundaciones en el Perú según el monto de daños de acuerdo con los datos de DesInventar (1970-2011)	19
Tabla 2.1.10	Estado de recopilación de datos en la primera y segunda etapa de estudio en el Perú (datos topográficos, etc.).....	20
Tabla 2.1.11	Elementos hidrometeorológicos objeto del monitoreo y frecuencia de monitoreo.....	21
Tabla 2.1.12	Resumen de los datos socioeconómicos recopilados.....	26
Tabla 2.2.1	Resumen del DRM-DPL-CATDDO del Banco Mundial.....	27
Tabla 2.2.2	Matriz de políticas de DRM-DPL-CATDDO del Banco Mundial (inicial).....	28
Tabla 2.2.3	Revisión de la Matriz de Políticas de DRM-DPL-CATDDO del Banco Mundial	29
Tabla 2.2.4	Resumen del Segundo DRM-DPL-CATDDO del Banco Mundial.....	31
Tabla 2.2.5	Matriz de políticas del Segundo DRM-DPL-CATDDO del Banco Mundial (inicial).....	31
Tabla 2.2.6	Estado de cumplimiento de la Matriz de Políticas del Segundo DRM-DPL-CATDDO del Banco Mundial.....	33
Tabla 2.2.7	Resumen del Proyecto de Modernización de la Gestión de Recursos Hídricos del Perú - Fase 1	34
Tabla 2.2.8	Resumen del Proyecto de Modernización de la Gestión de Recursos Hídricos del Perú - Fase 2	35
Tabla 3.1.1	Definición del “peligro”, de la “vulnerabilidad” y “del riesgo”	37
Tabla 3.2.1	Figuras relacionadas con indicadores de evaluación adjuntadas al presente informe como Apéndice 3-1	39
Tabla 3.2.2	Indicadores de evaluación de la vulnerabilidad	39
Tabla 3.2.3	Valor de evaluación de cada indicador	40
Tabla 3.2.4	Las 31 primeras cuencas superiores como resultado del análisis de la vulnerabilidad ante desastres por agua (Paso 1)	41
Tabla 3.3.1	Cuencas recomendadas/cuencas con alto riesgo según el resultado del análisis del riesgo por 3 entidades del lado peruano (Resumen).....	42
Tabla 3.3.2	Indicadores y valores de evaluación de las cuencas recomendadas/cuencas de alto riesgo	

	según el lado peruano.....	46
Tabla 3.4.1	Indicador y valor del indicador de cada concepto	47
Tabla 3.4.2	Resultado de la suma de valores de evaluación (18 primeras cuencas).....	47
Tabla 3.5.1	8 cuencas candidatas para cuencas prioritarias de las cuales se realizó el cálculo de inundaciones por RRI	48
Tabla 3.5.2	Cuencas prioritarias (6 cuencas).....	49
Tabla 4.1.1	Resumen de la clasificación según las características socioeconómicas	53
Tabla 4.1.2	Resumen de la clasificación según las características naturales	54
Tabla 4.1.3	Datos utilizados para la tipificación.....	57
Tabla 4.1.4	Resultado de la clasificación por características socioeconómicas.....	61
Tabla 4.1.5	Resumen de cada tipo y supuestos puntos de atención para tomar medidas	66
Tabla 4.1.6	Cuencas que pertenecen a cada tipo	67
Tabla 4.2.1	Resultado de la selección de las cuencas modelo	69
Tabla 5.1.1	Escala de probabilidad de precipitación objeto del análisis.....	71
Tabla 5.1.2	Determinación de la duración de la precipitación (cuencas modelo)	72
Tabla 5.1.3	Criterio de selección de las estaciones pluviométricas a las cuales se aplica el método de Thiessen	74
Tabla 5.1.4	Punto representativo de cada cuenca para adoptar el pluviograma.....	76
Tabla 5.1.5	Modelos de distribución de probabilidad	77
Tabla 5.1.6	Resultado del cálculo de precipitación según la escala de probabilidad.....	77
Tabla 6.2.1	Resumen del proceso de realización del reconocimiento de campo.....	83
Tabla 6.3.1	Resumen de los daños por inundaciones en el curso principal del río Rímac	85
Tabla 6.3.2	Zonas del río Rímac donde se generan frecuentemente daños por sedimentos provenientes de las pequeñas cuencas (quebradas).....	86
Tabla 6.3.3	Barrios con alto riesgo de inundación en la cuenca del río Ica que reconoce la AAA competente	90
Tabla 6.3.4	Resumen de los daños por inundaciones del río Mantaro	95
Tabla 6.3.5	Resumen de los daños por inundaciones del río Urubamba	97
Tabla 6.3.6	Resumen de los daños por la inundación del río Nanay	102
Tabla 7.2.1	Políticas básicas para el análisis de inundación-escorrentía	106
Tabla 7.2.2	Lista de casos de simulación	107
Tabla 7.2.3	Resolución espacial del análisis de inundación – escorrentía para cada cuenca de río.....	107
Tabla 7.2.4	Parámetros de rugosidad recomendados por el manual del ingeniero civil en Japón.....	108
Tabla 7.2.5	Parámetros de rugosidad por condiciones en tierra adentro	108
Tabla 7.2.6	Parámetros de infiltración por manual de hidrología.....	108
Tabla 7.3.1	Cantidad estimada de precipitación 24-Hr por probabilidad de ocurrencia.....	109
Tabla 7.3.2	Tasa máxima estimada de flujo por probabilidad de ocurrencia en locaciones representativas	110
Tabla 7.3.3	Comparación entre estudio de campo y resultados del análisis de modelo de.....	111
Tabla 7.4.1	Análisis de los resultados para las cuencas de río priorizadas/modelo	113

Tabla 9.1.1	Cuencas de río donde la alternativa por instalaciones de almacenamiento no es considerada	132
Tabla 9.1.2	Alternativas de mitigación de inundaciones para cada cuenca de río objetivo	133
Tabla 9.2.1	Borde libre necesario, ancho de la corona y la pendiente de los diques	136
Tabla 9.2.2	Método de cálculo del volumen de regulación de avenidas mediante la cuenca de retardo	137
Tabla 9.3.1	Río Piura Objetivo -1 (Parte alta: Piura Parte baja: Cristo Nos Valga)	139
Tabla 9.3.2	Río Piura Objetivo -2 (Parte alta: Buenos Aires Parte baja: La Matanza)	140
Tabla 9.3.3	Río Piura Objetivo -3 (Parte alta: Salitral Parte baja: Salitral)	140
Tabla 9.3.4	Río Chira Objetivo -1 (Parte alta: Querecotillo Parte baja: Vichayal)	140
Tabla 9.3.5	Río Chira Objetivo -2 (ALREdedor de San Lorenzo)	141
Tabla 9.3.6	Especificaciones de la cuenca de retardo del río Piura para la Alternativa-2	142
Tabla 9.3.7	Río Piura Objetivo -1 (Parte alta: Piura Parte baja: Cristo Nos Valga)	142
Tabla 9.3.8	Río Piura objetivo -2 (Parte alta: Buenos Aires Parte baja: La Matanza)	142
Tabla 9.3.9	Río Piura objetivo -3 (Parte alta: Salitral Parte baja: Salitral)	142
Tabla 9.3.10	Capacidad requerida de la presa del río Chira para la alternativa-2	143
Tabla 9.3.11	Río Chira Objetivo -1 (Parte alta: Querecotillo Parte baja: Vichayal)	143
Tabla 9.3.12	Área objeto 2 del Río Chira (Alrededor de San Lorenzo)	143
Tabla 9.3.13	Río Rímac Objetivo-1 (Parte alta: San Mateo Parte baja: San Mateo)	146
Tabla 9.3.14	Río Rímac Objetivo-2 (Parte alta: Matucana Parte baja: Matucana)	146
Tabla 9.3.15	Río Rímac Objetivo-3 (Parte alta: Sucro Parte baja: Sucro)	146
Tabla 9.3.16	Río Rímac Objetivo-4 (Parte alta: Richard Palma Parte baja: Richard Palma)	147
Tabla 9.3.17	Río Rímac Objetivo-5 (Parte alta: Lurigancho Parte baja: Lurigancho)	147
Tabla 9.3.18	Río Rímac Objetivo-6 (Parte alta: Chaclacayo Parte baja: Chaclacayo)	147
Tabla 9.3.19	Río Rímac Objetivo-7 (Parte alta: Ate Parte baja: Chaclacayo)	148
Tabla 9.3.20	Río Ica Objetivo-5-1 (Parte alta: Ocucaje Parte baja: Ocucaje)	151
Tabla 9.3.21	Río Ica Objetivo-5-2 (Parte alta: Ocucaje Parte baja: Ocucaje)	151
Tabla 9.3.22	Río Ica Objetivo-5-3 (Parte alta: Ocucaje Parte baja: Ocucaje)	151
Tabla 9.3.23	Río Ica Objetivo-5-4 (Parte alta: Santiago Parte baja: Santiago)	152
Tabla 9.3.24	Río Ica Objetivo-5-5 (Parte alta: Santiago Parte baja: Santiago)	152
Tabla 9.3.25	Río Ica Objetivo-5-6 (Parte alta: Ica Parte baja: Santiago)	152
Tabla 9.3.26	Río Ica Objetivo-5-7 (Parte alta: La Tingüia Parte baja: Ica)	153
Tabla 9.3.27	Río Ica Objetivo-5-8 (Parte alta: San Juan Bautista Parte baja: San Juan Bautista)	153
Tabla 9.3.28	Río Ica Objetivo-5-9 (Parte alta: San Jose De Los Molinos Parte baja: San De Los Molinos)	153
Tabla 9.3.29	Especificaciones de la cuenca de retardo del río Ica en la Alternativa-2	154
Tabla 9.3.30	Río Ica Objetivo-5-1 (Parte alta: Ocucaje Parte baja: Ocucaje)	155
Tabla 9.3.31	Río Ica Objetivo-5-2 (Parte alta: Ocucaje Parte baja: Ocucaje)	155
Tabla 9.3.32	Río Ica Objetivo-5-3 (Parte alta: Ocucaje Parte baja: Ocucaje)	155
Tabla 9.3.33	Río Ica Objetivo-5-4 (Parte alta: Santiago Parte baja: Santiago)	156
Tabla 9.3.34	Río Ica Objetivo-5-5 (Parte alta: Santiago Parte baja: Santiago)	156

Tabla 9.3.35	Río Ica Objetivo-5-6 (Parte alta: Ica Parte baja: Santiago).....	156
Tabla 9.3.36	Río Ica Objetivo-5-7 (Parte alta: La Tingüia Parte baja: Ica)	157
Tabla 9.3.37	Río Ica Objetivo-5-8 (Parte alta: San Juan Bautista Parte baja: San Juan Bautista)	157
Tabla 9.3.38	Río Ica Objetivo-5-1 (Parte alta: San Jose De Los Molinos Parte baja: San De Los Molinos)	157
Tabla 9.3.39	Río Hullaga Objetivo-1 (Parte alta: Juanjui Parte baja: Picota).....	161
Tabla 9.3.40	Río Hullaga Objetivo-2 (Parte alta: Jose Crespo y Castillo Parte baja: Tocache).....	161
Tabla 9.3.41	Río Hullaga Objetivo-3 (Parte alta: Awajun Parte baja: Moyobamba).....	161
Tabla 9.3.42	Río Hullaga Objetivo-4 (Parte alta: Yurimaguas Parte baja: Santa Cruz).....	162
Tabla 9.3.43	Río Hullaga Objetivo-5 (Parte alta: Ambo Parte baja: Santa Maria del Valle).....	162
Tabla 9.3.44	Especificaciones de la cuenca de retardo del río Huallaga en la Alternativa-2.....	163
Tabla 9.3.45	Río Hullaga Objetivo-1 (Parte alta: Juanjui Parte baja: Picota).....	163
Tabla 9.3.46	Río Hullaga Objetivo-2 (Parte alta: Jose Crespo y Castillo Parte baja: Tocache).....	164
Tabla 9.3.47	Río Hullaga Objetivo-3 (Parte alta: Awajun Parte baja: Moyobamba).....	164
Tabla 9.3.48	Río Hullaga Objetivo-4 (Parte alta: Yurimaguas Parte baja: Santa Cruz).....	165
Tabla 9.3.49	Río Hullaga Objetivo-5 (Parte alta: Ambo Parte baja: Santa Maria del Valle)	165
Tabla 9.3.50	Río Mantaro Objetivo-1 (Parte alta: Matahuasi Parte baja: Yauyos)	168
Tabla 9.3.51	Río Mantaro Objetivo-2 (Parte alta: Huayucachi Parte baja: Orcotuna)	168
Tabla 9.3.52	Río Mantaro Objetivo-3 (Parte alta: Acos Vinchos Parte baja: Pacaycasa).....	168
Tabla 9.3.53	Río Mantaro Objetivo-4 (Parte alta: Vinchos Parte baja: Vinchos)	169
Tabla 9.3.54	Volumen requerido de la presa del río Mantaro en la Alternativa-2	170
Tabla 9.3.55	Río Mantaro Objetivo-1 (Parte alta: Matahuasi Parte baja: Yauyos).....	170
Tabla 9.3.56	Río Mantaro Objetivo-2 (Parte alta: Huayucachi Parte baja: Orcotuna)	170
Tabla 9.3.57	Río Mantaro Objetivo-3 (Parte alta: Acos Vinchos Parte baja: Pacaycasa).....	171
Tabla 9.3.58	Río Mantaro Objetivo-4 (Parte alta: Vinchos Parte baja: Vinchos)	171
Tabla 9.3.59	Río Urubamba Objetivo-1 (Parte alta: Maranura Parte baja: Santa Ana).....	174
Tabla 9.3.60	Río Urubamba Objetivo-2 (Parte alta: Huayllabamba Parte baja: Urubamba).....	174
Tabla 9.3.61	Río Urubamba Objetivo-3 (Parte alta: San Salvador Parte baja: Calca).....	174
Tabla 9.3.62	Río Urubamba Objetivo-4 (Parte alta: Urcos Parte baja: Urcos).....	175
Tabla 9.3.63	Río Urubamba Objetivo-5 (Parte alta: Combapata Parte baja: Checacupe)	175
Tabla 9.3.64	Río Urubamba Objetivo-6 (Parte alta: Sicuani Parte baja: Marangani).....	175
Tabla 9.3.65	Especificaciones de la cuenca de retardo del río Urubamba en la Alternativa-2	176
Tabla 9.3.66	Río Urubamba Objetivo-1 (Parte alta: Maranura Parte baja: Santa Ana).....	176
Tabla 9.3.67	Río Urubamba Objetivo-2 (Parte alta: Huayllabamba Parte baja: Urubamba).....	177
Tabla 9.3.68	Río Urubamba Objetivo-3 (Parte alta: San Salvador Parte baja: Calca).....	177
Tabla 9.3.69	Río Urubamba Objetivo-4 (Parte alta: Urcos Parte baja: Urcos).....	178
Tabla 9.3.70	Río Urubamba Objetivo-5 (Parte alta: Combapata Parte baja: Checacupe)	178
Tabla 9.3.71	Río Urubamba Objetivo-6 (Parte alta: Sicuani Parte baja: Marangani).....	178
Tabla 9.3.72	Río Biabo Objetivo-1 (Parte alta: Bajo Biabo Parte baja: Bajo Biabo)	182
Tabla 9.3.73	Especificaciones de la cuenca de retardo del río Biabo en la Alternativa-2.....	182

Tabla 9.3.74	Río Biabo Objetivo-1 (Parte alta: Bajo Biabo Parte baja: Bajo Biabo)	182
Tabla 9.3.75	Río Locumba Objetivo-1 (Parte alta: Locumba Parte baja: Locumba)	185
Tabla 9.3.76	Objetivo-1(Parte alta: Distrito La Esperanza Parte baja: Distrito Chancayba)	186
Tabla 9.3.77	Objetivo -2 (Parte alta: Distrito Chongoyape Parte baja: Distrito Saña)	187
Tabla 9.3.78	Objetivo -3 (Parte alta: Distrito Reque Parte baja: Distrito Eten).....	187
Tabla 9.3.79	Especificaciones de la cuenca de retardo de los ríos Chancay-Lambayeque en la Alternativa-2	188
Tabla 9.3.80	Objetivo-1(Pate alta: Distrito La Esperanza Parte baja: Distrito Chancayba)	188
Tabla 9.3.81	Objetivo -2 (Pate alta: Distrito Chongoyape Parte baja: Distrito Saña).....	189
Tabla 9.3.82	Objetivo-3 (Pate alta: Distrito Reque Parte baja: Distrito Eten)	189
Tabla 9.3.83	Río Nanay Objetivo-1 (Parte alta: Iquitos Parte baja: Iquitos)	192
Tabla 9.3.84	Características de la reubicación de viviendas en la Alternativa-2 para la mejora de la cuenca del río Nanay.....	192
Tabla 9.3.85	Río Nanay Objetivo-1 (Parte alta: Iquitos Parte baja: Iquitos)	193
Tabla 9.3.86	Objetivo-1 (Parte alta: Distrito Azangaro Parte baja: Distrito Santiago de Pupuja)	195
Tabla 9.3.87	Objetivo -2 (Parte alta: Distrito Santa Rosa Parte baja: Distrito Santa Rosa).....	195
Tabla 9.3.88	Objetivo -3 (Parte alta: Distrito Tirapata Parte baja: Distrito Jose Domingo Choquehuanca)	195
Tabla 9.3.89	Objetivo -4 (Parte alta: Distrito Achaya Parte baja: Distrito Taraco).....	196
Tabla 9.3.90	Objetivo -5 (Parte alta: Distrito Ayaviri Parte baja: Distrito Ayaviri)	196
Tabla 9.3.91	Especificaciones de la cuenca de retardo del río Ramis en la Alternativa-2	197
Tabla 9.3.92	Objetivo -1 (Parte alta: Distrito Azangaro to Parte baja: Distrito Santiago de Pupuja)	197
Tabla 9.3.93	Objetivo -2 (Parte alta: Distrito Santa Rosa Parte baja: Distrito Santa Rosa).....	198
Tabla 9.3.94	Objetivo -3 (Parte alta: Distrito Tirapata Parte baja: Distrito Jose Domingo Choquehuanca)	198
Tabla 9.3.95	Objetivo -4 (Parte alta: Distrito Achaya Parte baja: Distrito Taraco).....	199
Tabla 9.3.96	Objetivo -5 (Parte alta: Distrito Ayaviri Parte baja: Distrito Ayaviri)	199
Tabla 10.3.1	Porcentaje de tipo de vivienda por región	203
Tabla 10.3.2	Costo unitario de daño de la vivienda por tipo de vivienda y por región.....	203
Tabla 10.3.3	Precio unitario básico de vivienda dañada por cada cuenca prioritaria/ modelo	203
Tabla 10.3.4	Precios unitarios estándar de los utensilios que se dañarán por inundaciones	204
Tabla 10.3.5	Unidad básica estándar de utensilios según las cuencas para calcular el monto de daños por inundaciones	204
Tabla 10.3.6	Siembra y ventas de los principales cultivos (Tabla referencial)	205
Tabla 10.3.7	Precio unitario de daños agrícolas en las cuencas prioritarias y cuencas modelo.....	205
Tabla 10.3.8	Salario del trabajador ordinario de obras públicas en el Perú y precio unitario para calcular pérdida humana.....	206
Tabla 10.3.9	Porcentaje de daño de la vivienda/edificio según la profundidad de la inundación.....	207
Tabla 10.3.10	Porcentaje de daño de artículos del hogar según la profundidad de la inundación.....	207
Tabla 10.3.11	Tabla referencial para la estimación de daños agrícolas basados en la relación entre la	

	profundidad de inundación y los días de inundación	207
Tabla 10.3.12	Monto de daños por sectores en la inundación en Cusco en 2010/Costo de restauración y recuperación y su proporción.....	208
Tabla 10.3.13	Relación entre la erosión verificada en el Perú y la longitud necesaria de revestimiento ribereño	210
Tabla 10.3.14	Base de cálculo del monto estimado de daños por erosión para verificar el efecto de las medidas contra erosión.....	210
Tabla 10.3.15	Cálculo de daños por erosión para estimar la efectividad de las obras de revestimiento....	211
Tabla 10.3.16	Supuestos para estimar el costo y efectividad de las obras de control de erosión.....	211
Tabla 10.3.17	Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para las cuencas de los ríos Piura-Chira.....	212
Tabla 10.3.18	Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Piura	213
Tabla 10.3.19	Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Chira	213
Tabla 10.3.20	Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuencas de los ríos Piura -Chira (Total) (incluyendo el revestimiento ribereño en 3 sitios).....	214
Tabla 10.3.21	Impacto de las medidas contra la socavacion de los 41 puntos de los ríos Chira-Piura....	214
Tabla 10.3.22	Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca del río Rímac	215
Tabla 10.3.23	Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Rímac	215
Tabla 10.3.24	Impacto de las medidas contra la socavacion de los 18 puntos del río Rímac.....	216
Tabla 10.3.25	Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca del río Ica .	216
Tabla 10.3.26	Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Ica.....	216
Tabla 10.3.27	Impacto de las medidas contra la socavación de los 23 puntos del río Ica	217
Tabla 10.3.28	Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca del río Huallaga	217
Tabla 10.3.29	Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Huallaga	218
Tabla 10.3.30	Impacto de las medidas contra la socavación de los 24 puntos del río HuallagaHuallaga	218
Tabla 10.3.31	Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca del río Mantaro	219
Tabla 10.3.32	Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Mantaro	219
Tabla 10.3.33	Impacto de las medidas contra la socavación de los 23 puntos del río Mantaro.....	220
Tabla 10.3.34	Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca del río Urubamba	220

Tabla 10.3.35	Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Urubamba.....	221
Tabla 10.3.36	Impacto de las medidas contra la socavación de los 18 puntos del río Urubamba	221
Tabla 10.3.37	Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca del río Biabo	222
Tabla 10.3.38	Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Biabo	222
Tabla 10.3.39	Impacto de las medidas contra la socavación en un punto del río Baibo.....	223
Tabla 10.3.40	Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca del río Locumba	223
Tabla 10.3.41	Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Locumba (no incluye control de erosión).....	223
Tabla 10.3.42	Impacto de las medidas contra la socavación de los 6 puntos del río Locumba	224
Tabla 10.3.43	Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque	224
Tabla 10.3.44	Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque.....	225
Tabla 10.3.45	Impacto de las medidas contra la socavación de los 8 puntos de los ríos Chancay-Lambayeque	225
Tabla 10.3.46	Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca del río Nanay	226
Tabla 10.3.47	Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Nanay	226
Tabla 10.3.48	Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca del río Ramis	227
Tabla 10.3.49	Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Ramis.....	227
Tabla 10.3.50	Impacto de las medidas contra la socavación de los 10 puntos del río Ramis	227
Tabla 10.4.1	Composición de cada partida de gastos para calcular el costo de las obras públicas.....	229
Tabla 10.4.2	Precios unitarios de la mano de obra y las máquinas de construcción.....	230
Tabla 10.4.3	Costo y cantidad de las obras fluviales generales	231
Tabla 10.4.4	Precios unitarios de las obras fluviales que se utilizan en el presente Estudio	231
Tabla 10.4.5	Costo unitario de la construcción de la presa que se utiliza en el presente Estudio	233
Tabla 10.4.6	Resultados de las entrevistas sobre precio unitario de adquisición de terreno 1	233
Tabla 10.4.7	Resultados de las entrevistas sobre costo unitario de adquisición de terreno 2	233
Tabla 10.4.8	Precio unitario de adquisición de tierra adaptado en las cuencas prioritarias /modelo	234
Tabla 10.4.9	Proporción de viviendas según 3 regiones y tipos de vivienda.....	234
Tabla 10.4.10	Costo estimado del proyecto por 1 metro de obras de prevención de la erosión	236
Tabla 10.4.11	Costo estimado del proyecto para el río Piura-Chira en el caso de la Alternativa -1	236
Tabla 10.4.12	Costo estimado del proyecto para los ríos Piura-Chira en el caso de la Alternativa -2.....	237

Tabla 10.4.13	Costo estimado del proyecto de control de socavación de los 41 puntos de los ríos Chira-Piura.....	237
Tabla 10.4.14	Costo estimado del proyecto para el río Rímac en el caso de la Alternativa -1	238
Tabla 10.4.15	Costo estimado del proyecto de control de socavación de los 18 puntos del río Rimac	238
Tabla 10.4.16	Costo estimado del proyecto para el río Ica en el caso de la Alternativa -1	239
Tabla 10.4.17	Costo estimado del proyecto para el río Ica en el caso de la Alternativa -2.....	239
Tabla 10.4.18	Costo estimado del proyecto de control de socavación de los 23 puntos del río Ica	239
Tabla 10.4.19	Costo estimado del proyecto para el río Huallaga en el caso de la Alternativa -1	240
Tabla 10.4.20	Costo estimado del proyecto para el río Huallaga en el caso de la Alternativa -2	240
Tabla 10.4.21	Costo estimado del proyecto de control de socavación de los 24 puntos del río Huallaga	241
Tabla 10.4.22	Costo estimado del proyecto para el río Mantaro en el caso de la Alternativa -1	241
Tabla 10.4.23	Costo estimado del proyecto para el río Mantaro en el caso de la Alternativa -2.....	241
Tabla 10.4.24	Costo estimado del proyecto de control de socavación de los 23 puntos del río Mantaro .	242
Tabla 10.4.25	Costo estimado del proyecto para el río Urubamba en el caso de la Alternativa -1	242
Tabla 10.4.26	Costo estimado del proyecto para el río Urubamba en el caso de la Alternativa -2.....	243
Tabla 10.4.27	Costo estimado del proyecto de control de socavación de los 18 puntos del río Urubamba	243
Tabla 10.4.28	Costo estimado del proyecto para el río Biabo en el caso de la Alternativa -1	244
Tabla 10.4.29	Costo estimado del proyecto para el río Biabo en el caso de la Alternativa -2	244
Tabla 10.4.30	Costo estimado del proyecto de control de socavación de un punto del río Biabo	244
Tabla 10.4.31	Costo estimado del proyecto para el río Locumba en el caso de la Alternativa -1.....	245
Tabla 10.4.32	Costo estimado del proyecto de control de socavación de los 6 puntos del río Locumba .	245
Tabla 10.4.33	Costo estimado del proyecto para el los ríos Chancay-Lambayeque en el caso de la Alternativa -1	246
Tabla 10.4.34	Costo estimado del proyecto para los ríos Chancay-Lambayeque en el caso de la Alternativa -2	246
Tabla 10.4.35	Costo estimado del proyecto de control de socavación de los 8 puntos de los ríos Chancay - Lambayeque.....	246
Tabla 10.4.36	Costo estimado del proyecto para el río Nanay en el caso de la Alternativa -1	247
Tabla 10.4.37	Costo estimado del proyecto para el río Nanay en el caso de la Alternativa -2	247
Tabla 10.4.38	Costo estimado del proyecto para el río Ramis en el caso de la Alternativa -1	248
Tabla 10.4.39	Costo Estimado del proyecto para el río Ramis en el caso de la Alternativa -2.....	248
Tabla 10.4.40	Costo estimado del proyecto de control de socavación de los 10 puntos del río Ramis	248
Tabla 10.5.1	TIRS, VANS y C/B para cada una de las cuencas objetivo	249
Tabla 11.1.1	Resultado de la selección de cuencas modelo y sus características	253
Tabla 11.2.1	Parámetros para la estimación de beneficios totales y costos totales de proyecto por cada tipo	256
Tabla 11.3.1	Beneficio Total de proyecto en cuenca de río tipo -1 (cantidad anual esperada de mitigación de daños).....	257
Tabla 11.3.2	Beneficio total de proyecto en cuenca de río tipo -2 (cantidad anual esperada de mitigación	

	de daños).....	257
Tabla 11.3.3	Beneficio total de proyecto en cuenca de río tipo -3 (cantidad anual esperada de mitigación de daños).....	257
Tabla 11.3.4	Beneficio total de proyecto en cuenca de río tipo -4 (cantidad anual esperada de mitigación de daños).....	258
Tabla 11.3.5	Beneficio total de proyecto en cuenca de río tipo -5 (cantidad anual esperada de mitigación de daños).....	258
Tabla 11.3.6	Beneficio total de proyecto en cuenca de río tipo -6 (cantidad anual esperada de mitigación de daños).....	258
Tabla 11.3.7	Beneficio Total de proyecto en cuenca de río tipo -7 (cantidad anual esperada de mitigación de daños).....	258
Tabla 11.3.8	Beneficio total de proyecto en cuenca de río tipo -8 (cantidad anual esperada de mitigación de daños).....	259
Tabla 11.3.9	Beneficio total de proyecto en cuenca de río tipo -9 (cantidad anual esperada de mitigación de daños).....	259
Tabla 11.3.10	Beneficio total de proyecto en cuenca de río tipo -10 (cantidad anual esperada de mitigación de daño).....	259
Tabla 11.3.11	Resumen de beneficios totales de control de inundación en cada cuenca de río tipo (cantidad anual esperada de mitigación de daños) (Parámetro 1).....	261
Tabla 11.3.12	Resumen de Beneficios totales de control de inundación en cada cuenca de río tipo (cantidad anual esperada de mitigación de daños) (Parámetro 2).....	261
Tabla 11.3.13	Resumen de beneficios totales de control de inundación en cada cuenca de río tipo (cantidad anual esperada de mitigación de daños) (Parámetro 3).....	262
Tabla 11.3.14	Resumen de beneficios totales de control de inundación en cada cuenca de río tipo (cantidad anual esperada de mitigación de daño) (Parámetro 4).....	262
Tabla 11.3.15	Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo 1 (Alternativa-1)	263
Tabla 11.3.16	Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo2 (Alternativa-1)	263
Tabla 11.3.17	Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo 3 (Alternativa-1)	263
Tabla 11.3.18	Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo 4 (Alternativa-1)	264
Tabla 11.3.19	Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo 5 (Alternativa-1)	264
Tabla 11.3.20	Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo 6 (Alternativa-1)	264
Tabla 11.3.21	Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo 7 (Alternativa-1)	264
Tabla 11.3.22	Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo 8 (Alternativa-1)	265
Tabla 11.3.23	Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo 9 (Alternativa-1)	265
Tabla 11.3.24	Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo 10 (Alternativa-1) ..	265
Tabla 11.3.25	Resumen costos totales estimados del proyecto de control de inundación por tipo (Parámetro 1).....	267
Tabla 11.3.26	Resumen costos totales estimados del proyecto de control de inundación por tipo (Parámetro 2).....	267
Tabla 11.3.27	Resumen costos totales estimados del proyecto de control de inundación por tipo	

	(Parámetro 3)	268
Tabla 11.3.28	Resumen costos totales estimados del proyecto de control de inundación por tipo (Parámetro 4)	268
Tabla 11.3.29	Característica de los Índices y Formulas para su Computación.....	269
Tabla 11.3.30	Combinación de parámetros para cada uno de los casos de cálculo	269
Tabla 11.3.31	Resumen de costos totales estimados de proyecto por tipo (Caso-1)	270
Tabla 11.3.32	Resumen de costos totales estimados de proyecto por tipo (Caso-2)	271
Tabla 11.3.33	Resumen de costos totales estimados de proyecto por tipo (Caso-3)	272
Tabla 11.3.34	Resumen de costos totales estimados de proyecto por tipo (Caso-4)	273
Tabla 11.3.35	Resumen de costos totales estimados de proyecto por tipo (Caso-5)	274
Tabla 11.3.36	Resumen de costos totales estimados de proyecto por tipo (Caso-6)	275
Tabla 11.3.37	Resumen de costos totales estimados de proyecto por tipo (Caso-7)	276
Tabla 11.3.38	Resumen de costos totales estimados de proyecto por tipo (Caso-8)	277
Tabla 11.4.1	Precipitación anual acumulada proyectada para 2030, y variación porcentual del 2030 en relación al clima actual en la región de la costa	280
Tabla 11.4.2	Precipitación anual acumulada proyectada para 2030, y variación porcentual del 2030 en relación al clima actual en la región de la sierra.....	280
Tabla 11.4.3	Precipitación anual acumulada proyectada para 2030, y variación porcentual del 2030 en relación al clima actual en la región de la selva	280
Tabla 11.4.4	Área objetivo de la investigación por ubicación de las principales cuencas en estudio.....	281
Tabla 11.4.5	Año Objetivo de análisis en este Estudio basado en la presunta implementación del Proyecto	282
Tabla 11.4.6	Tasa de aumento-disminución de precipitación anual en cada tipo	282
Tabla 11.4.7	Tasa de aumento-disminución asumida de probabilidad de inundación por tipo	283
Tabla 11.4.8	Resultados del análisis de sensibilidad de evaluación del proyecto para el río Mantaro y el río Ramis (en caso de proyecto de control de inundaciones con periodo de retorno de 25 años)	283
Tabla 12.1.1	Perfil del Seminario.....	285
Tabla 12.1.2	Coherencia entre el plan de control de inundaciones y los diferentes planes sectoriales.....	295
Tabla 12.2.1	Perfil del Taller	296
Tabla 12.2.2	Lista de los participantes en el taller.....	298
Tabla 13.2.1	Calendario de ejecución del estudio sobre los daños de inundaciones (estudio preliminar)	307
Tabla 13.2.2	Resumen de los daños según departamentos estudiados (estudio preliminar).....	308
Tabla 13.2.3	Número de distritos declarados en emergencia por El Niño Costero	308
Tabla 13.2.4	Número de damnificados y afectados por El Niño Costero.....	309
Tabla 13.2.5	Precipitación máxima diaria histórica en las cuencas de los ríos Tumbes y Piura y los datos de 2017.....	312
Tabla 13.2.6	Causas de las inundaciones de los ríos en las regiones estudiadas	313
Tabla 13.2.7	Relevancia de las tres propuestas del presente Estudio según los resultados de la evaluación de los daños.....	322

Tabla 13.3.1	Datos de precipitación de 2017 recopilados por el Equipo de Estudio (cuenca del río Tumbes)	325
Tabla 13.3.2	Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de Puerto Pizarro de la cuenca del río Tumbes)	327
Tabla 13.3.3	Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de Rica Playa de la cuenca del río Tumbes)	328
Tabla 13.3.4	Datos de precipitación de 2017 recopilados por el Equipo de Estudio (cuenca del río Piura)	328
Tabla 13.3.5	Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de Chusis de la cuenca del río Piura).....	331
Tabla 13.3.6	Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de San Miguel de la cuenca del río Piura).....	332
Tabla 13.3.7	Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de Morropón de la cuenca del río Piura).....	332
Tabla 13.3.8	Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación Malacasi de la cuenca del río Piura).....	333
Tabla 13.3.9	Datos de precipitación de 2017 recopilados por el Equipo de Estudio (cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque y la cuenca del río Motupe).....	334
Tabla 13.3.10	Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de Lambayeque)	337
Tabla 13.3.11	Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación Jayanca de la cuenca del río Motupe)	338
Tabla 13.3.12	Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de Reque de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque).....	339
Tabla 13.3.13	Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (Estación Tinajones de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque).....	339
Tabla 13.3.14	Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de Chugur de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque).....	340
Tabla 13.3.15	Datos captados en las estaciones de monitoreo de lluvias en las tres cuencas según los períodos de retorno de inundaciones de 2017	341
Tabla 13.3.16	Políticas básicas (preliminares) del control de inundaciones en la cuenca del río Tumbes	347
Tabla 13.3.17	Políticas básicas (preliminares) del control de inundaciones en la cuenca del río Piura....	353
Tabla 13.3.18	Plan de construcción de pólder propuesto por el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura.....	355
Tabla 13.3.19	Especificaciones del Pólder La Matanza	356
Tabla 13.3.20	Políticas básicas (preliminares) del control de inundaciones en la cuenca de los ríos Motupe y La Leche	369
Tabla 13.3.21	Políticas básicas (preliminares) del control de inundaciones en Chiclayo y Lambayeque	375
Tabla 13.3.22	Desafíos de la planificación de las medidas contra huaicos en la ciudad de Trujillo y las políticas de sus medidas (propuesta).....	385
Tabla 13.3.23	Desafíos de la planificación de las medidas contra deslizamientos alrededor de la quebrada	

	Cuculicote y las políticas de solución (propuesta)	390
Tabla 13.3.24	Historial de inundaciones, deslizamientos y huaycos de la municipalidad de Lurigancho – Chosica (1900-2012).....	395
Tabla 13.3.25	Volumen de sedimentos arrastrados según quebradas en el evento de marzo de 1987.....	396
Tabla 13.3.26	Protección con malla de alambre en la quebrada Pedregal.....	398
Tabla 13.3.27	Desafíos de la planificación de las medidas contra deslizamientos del río Rímac y las políticas de solución (propuesta)	412
Tabla 14.1.1	Costo total estimado para proyectos de control de inundación en las 159 cuencas	421
Tabla 14.1.2	Beneficio Total asumido para proyectos de control de inundación en los principales ríos del Perú (beneficio: cantidad anual esperada de mitigación de daño).....	421
Tabla 14.1.3	Evaluación económica de los proyectos de control de inundación en los principales ríos del Perú	421
Tabla 14.1.4	Cuenca de río modelo (duplicado)	422
Tabla 14.1.5	Resumen de costos estimados de los proyectos de control de inundaciones por tipo (parámetro: área de captación)	423
Tabla 14.1.6	Resumen del beneficio total basado en el rango de población en cuencas de río por tipo (cantidad anual esperada de mitigación de daño).....	424
Tabla 14.1.7	Evaluación económica de los proyectos de control de inundación por tipo	425
Tabla 14.1.8	Conceptos básicos para la implementación de proyectos por cada tipo (borrador)	427
Tabla 14.1.9	Implementación y cronograma de desembolsos presumible para Proyectos de Control de Inundaciones (borrador) (escala de proyecto: inundación con 50 años de periodo de retorno)	427
Tabla 14.1.10	Resumen de proyecto de control de inundación para los ríos piura-chira	428
Tabla 14.1.11	Resumen de proyecto de control de inundación del río Rímac.....	429
Tabla 14.1.12	Resumen de proyecto de control de inundación para el río Ica	430
Tabla 14.1.13	Resumen de proyecto de control de inundación para el río Mantaro.....	431
Tabla 14.1.14	Resumen de proyecto de control de inundación para el río Huallaga.....	431
Tabla 14.1.15	Resumen de proyecto de control de inundación para el río Urubamba	432
Tabla 14.1.16	Programa aproximado de implementación de los proyectos de control de inundaciones de mediano plazo (borrador) (para 6 cuencas prioritarias).....	434
Tabla 14.1.17	Efectos de la probabilidad de inundaciones por cambio climático	435
Tabla 14.1.18	Evaluación económica de proyectos de control de inundación para el río Mantaro y el río Ramis tomando en consideración el cambio climático (escala de proyecto: periodo de retorno de 25 años sin cambio climático / periodo de retorno de 20 años con cambio climático)	435
Tabla 14.2.1	Resumen de información extraída del informe de los daños de inundaciones	436
Tabla 14.2.2	Resultado del resumen de la información según los informes de desastres (INDECI) del 30 de enero al 20 de marzo	436
Tabla 14.2.3	Comparación de los daños reales de inundaciones y los resultados de la evaluación de los proyectos de control de inundaciones en las cuencas de los ríos Pisco, Cañete y Chincha(San	

	Juan).....	438
Tabla 14.2.4	Desastres reportados en la cuenca del río Rímac según INDECI.....	439
Tabla 14.2.5	Tramos desbordados del río Rímac en marzo de 2017 y los tramos vulnerables según el presente Estudio	440
Tabla 14.3.1	Información mínima necesaria que debe incluirse en el Plan Maestro de Control de Inundaciones	445
Tabla 14.3.2	Resumen de los daños de inundaciones y de deslizamientos ocurridos entre el 30 de enero y el 20 de marzo de 2017	447
Tabla 14.3.3	Datos básicos recolectados por el estudio de la JICA a ser compartidos y actualizados bajo la OSNIRH	464
Tabla 14.3.4	Datos desarrollados por el estudio de JICA a ser compartidos y actualizados bajo la OSNIRH	465
Tabla 14.4.1	Resumen de recomendaciones (formulación de un plan de control de inundaciones)	466
Tabla 14.4.2	Resumen de recomendaciones (manejo apropiado de un río)	466
Tabla 14.4.3	Resumen de recomendaciones (creación de un sistema de implementación apropiado para proyectos de control de inundaciones)	467
Tabla 14.4.4	Resumen de recomendaciones (cuestiones técnicas sobre la formación de un plan de control de inundaciones)	468
Tabla 14.4.5	Resumen de recomendaciones (otros).....	469
Tabla 14.4.6	Dificultad, urgencia, necesidad de asistencia de posibles condiciones de la matriz política propuestas (plan)	478
Tabla 14.5.1	Problemas en el sitio y tecnologías japonesas presentadas.....	481
Tabla 14.5.2	Problemas institucionales en el Perú y sistemas e instituciones japoneses que se presentarán	491
Tabla 14.5.3	Problemas técnicos en el Perú y tecnologías japonesas que se presentarán.....	492
Tabla 14.5.4	Elementos básicos del desplazamiento de sedimentos que se deben estudiar en adelante en el Perú.....	494

Índice de Apéndices

Apéndice-1-1 : Contenido de la presentación hecho por el Equipo de Estudio (1er.Estudio de Campo en Perú).....	A1-1
Apéndice-1-2 : Minuta de la reunión entre ANA y el Equipo de Estudio (1er.Estudio de Campo en Perú).....	A1-53
Apéndice-1-3 : Minuta de la reunión entre ANA y el Equipo de Estudio (2do.Estudio de Campo en Perú)	A1-73
Apéndice-1-4 : Minuta de la reunión entre ANA y el Equipo de Estudio (3er.Estudio de Campo en Perú).....	A1-81
Apéndice-1-5 : Minuta de la reunión entre ANA y el Equipo de Estudio (4ta.Estudio de Campo en Perú).....	A1-107
Apéndice-1-6 : Recopilación de materiales	A1-109
Apéndice-2-1 : Ejemplos de tabla de especificaciones para embalses y reservorio.....	A2-1
Apéndice-2-2 : Registro de gestión del Embalse de Poechos	A2-3
Apéndice-3-1 : Dato básico relacionado a evaluación de la vulnerabilidad de inundación	A3-1
Precipitación anual media.....	A3-2
Número de casos de daños por inundaciones desde 2003 hasta 2015	A3-3
Número de damnificados por inundaciones pasadas	A3-4
PBI (Agricultura, silvicultura y pesca).....	A3-5
PBI (Minería).....	A3-6
PBI (Electricidad, gas, fabricación, construcción).....	A3-7
PBI (Transporte, telecomunicaciones, servicios).....	A3-8
Población	A3-9
Ubicación de las principales ciudades	A3-10
Apéndice-4-1 : Resultados del Análisis de Inundación- Escorrentía (Biabo).....	A4-1
Apéndice-4-2 : Resultados del Análisis de Inundación- Escorrentía (Locumba)	A4-7
Apéndice-4-3 : Resultados del Análisis de Inundación- Escorrentía (Chancay-Lambayeque).....	A4-13
Apéndice-4-4 : Resultados del Análisis de Inundación- Escorrentía (Huallaga)	A4-19
Apéndice-4-5 : Resultados del Análisis de Inundación- Escorrentía (Nanay)	A4-25
Apéndice-4-6 : Resultados del Análisis de Inundación- Escorrentía (Ramis)	A4-31
Apéndice-4-7 : Resultados del Análisis de Inundación- Escorrentía (Rimac)	A4-37
Apéndice-4-8 : Resultados del Análisis de Inundación- Escorrentía (Chira).....	A4-43
Apéndice-4-9 : Resultados del Análisis de Inundación- Escorrentía (Piura)	A4-49
Apéndice-4-10 : Resultados del Análisis de Inundación- Escorrentía (Urubamba).....	A4-55
Apéndice-4-11 : Resultados del Análisis de Inundación- Escorrentía (Ica).....	A4-61
Apéndice-4-12 : Resultados del Análisis de Inundación- Escorrentía (Mantaro).....	A4-67
Apéndice-4-13 : Condición del Canal Fluvial y Resultados del Cálculo del Nivel del Agua.....	A4-73
Apéndice-4-14 : Ejemplos de cuencas de retardo en Japón.....	A4-87
Apéndice-4-15 : Análisis de Planes para proyectos de Control de Inundaciones en Japón	A4-89
Apéndice-5-1 : Normas Técnicas para Proyectos de Prevención de Inundaciones (Borrador).....	A5-1

Apéndice-6-1 : Sección transversal standard para el caso de Alternativa-1	A6-1
Apéndice-6-2 : Sección transversal standard para el caso de Alternativa-2.....	A6-49
Apéndice-7-1 : Informe de Soporte Consideraciones Ambientales y Sociales	A7-1
Apéndice-8-1 : Resultados detallados de cálculo de daños por cada cuenca de río seleccionada.....	A8-1
Apéndice-8-2 : Estimación de Daños Económicos por Activación de Quebradas	A8-15
Apéndice-8-3 : Estimación de costo de proyecto por cada cuenca de río	A8-29
Apéndice-8-4 : Resultado de Cálculo del TIRS, VANS y C/B para cada Cuencas de Río Modelo/Priorizadas.....	A8-69
Apéndice-8-5 : Características de los Resultados de Evaluación de Proyecto por Tipo	A8-131
Apéndice-8-6 : Asunción del costo del proyecto, el beneficio y la evaluación económica de cada cuenca.....	A8-141
Apéndice-8-7 : Comparación de la evaluación de 159 cuencas a través del presente Estudio y los daños reales de inundaciones	A8-147
Apéndice-9-1 : Presentación utilizada en el Seminario	A9-1
Apéndice-9-2 : Libro de texto preparado para el Taller	A9-23

Lista de Abreviaciones

Siglas	Denominación oficial (Inglés en el renglón de arriba y <i>Español en el renglón de abajo (letra en itálica)</i>)
AAA	<i>Autoridades Administrativas del Agua</i>
ACC	<i>Adaptación al cambio climático</i>
ALA	<i>Administraciones Locales de Agua</i>
ANA	<i>Autoridad Nacional del Agua</i>
ANP	<i>Áreas Naturales Protegidas</i>
BM	Ver la sigla “WB”
CAF	<i>Corporación Andina de Fomento</i>
CENEPRED	<i>Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres</i>
CEPIG	<i>Centro de Procesamiento de Información Geoespacial</i>
CEPLAN	<i>El Centro Nacional de Planeamiento Estratégico</i>
CONAGERD	<i>El Consejo Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres</i>
COP	Conference of Parties
C/P	Counterpart
CPS	Country Partnership Strategy
CRHC	<i>Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca</i>
CSP	Country Strategy Paper
DB	Database
DCPRH	<i>Dirección de Conservación y Planeamiento de los Recursos Hídricos</i>
DDO	Deferred Drawdown Option
DEE	<i>Declaratoria de Estado de Emergencia</i>
DesInventar	<i>Sistema de Inventario de Desastres</i>
DGAAA	<i>Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios</i>
DGCCI	<i>Dirección de Gestión de Conocimiento y Coordinación Interinstitucional</i>
DGIAR	<i>Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego</i>
DGIH	<i>Dirección General de Infraestructura Hidráulica</i>
DGIP	<i>Dirección General de Inversión Pública</i>
DGOT	<i>Dirección General de Ordenamiento Ambiental</i>
DGPHM	<i>Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales</i>
DHN	Directorate of Hydrography and Navigation <i>Dirección de Hidrografía y Navegación</i>
DS	<i>Decreto Supremo</i>
DSE	<i>Declaratoria de Situación de Emergencia</i>
EMAPE S.A.	<i>La Empresa Municipal Administradora de Peaje de Lima Sociedad Anónima</i>
ENFEN	<i>Estudio Nacional del Fenómeno El Niño</i>
EU	European Union
FVI	Flood Vulnerability Index
GDP	Gross Domestic Product
PBI	<i>Producto Bruto Interno</i>
GIS	Geographic Information System
GLCC	Global Land Cover Characterization, USGS
GNI	Gross National Income
GNP	Gross National Product
GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite
GPS	Global Positioning System
GRD	<i>Gestión del Riesgo de Desastres</i>
GSMaP	Global Satellite Mapping of Precipitation
HFA	Hyogo Framework for Action
IDB	Inter-American Development Bank
IGP	Peru’s Geophysical Institute <i>Instituto Geofísico del Perú</i>
INDECI	<i>Instituto Nacional de Defensa Civil</i>
INEI	<i>Instituto Nacional de Estadística e Informática</i>

Siglas	Denominación oficial (Inglés en el renglón de arriba y <i>Español en el renglón de abajo (letra en itálica)</i>)
INGEMMET	<i>Instituto Geológico Minero y Metalúrgico</i>
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency
JICA	Japan International Cooperation Agency
MGRH	<i>Modernización de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos</i>
MEF	<i>Ministerio de Economía y Finanzas</i>
MEM	<i>Ministerio de Energía y Minas</i>
MINAG/ MINAGRI	<i>Ministerio de Agricultura y Riego</i>
MINAM	<i>Ministerio del Ambiente</i>
NHC	National Hurricane Center
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OPI	<i>Oficina de Programación e Inversiones</i>
OPP	<i>Oficina de Planificación y Presupuesto</i>
OSITRAN	<i>Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público</i>
OSNIRH	<i>Oficina del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos</i>
OSSO	<i>Observatorio Sismológico del Sur Occidente</i>
PBI	Ver la sigla “GDP” <i>Producto Bruto Interno</i>
PCM	<i>Presidencia del Consejo de Ministros</i>
PDC	<i>Planes de Desarrollo Concertado</i>
PEOT	<i>El Proyecto Especial Olmos Tinajones</i>
PERPEC	<i>Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación</i>
PIA	<i>Presupuesto Institucional de Apertura</i>
PIM	<i>Presupuesto Institucional Modificado</i>
PIP	<i>Proyectos de Inversión Pública</i>
PLANAGERD	<i>Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres</i>
PLANGRACC-A	<i>Plan de Gestión de Riesgo y Adaptación al Cambio Climático el Sector Agrario, Período 2012-2021</i>
PNRH	<i>Plan Nacional de Recursos Hídricos</i>
PNUD	Ver la sigla “UNDP”
POA	<i>Planes Operativos Anuales</i>
POT	<i>Plan de Ordenamiento Territorial</i>
PPRD	<i>Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres</i>
PREVAED	<i>Programa de reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencia y desastres</i>
PRONAMACHIS	<i>Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos</i>
PSI	<i>Programa Subsectorial de Irrigaciones</i>
PVC	Pacific Vision Co.Ltd.
RRI	Rainfall-Runoff-Inundation model
SENACE	<i>Servicio Nacional de Certificación Ambiental</i>
SENAMHI	<i>Servicio Nacional de Meteorología y Hidrología</i>
SERFOR	<i>Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre</i>
SERNANP	<i>Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas</i>
SINADECI	<i>Sistema Nacional de Defensa Civil</i>
SINAGERD	<i>Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres</i>
SINANPE	<i>Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado</i>
SINPAD	<i>Sistema de Información para la Prevención y Atención de Desastres</i>
SNIP	<i>Sistema Nacional de Inversión</i>
TIRS (EIRR)	<i>Tasa Interna de Retorno Social</i>
UN	United Nations
UNDP	United Nations Development Programme
PNUD	<i>Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo</i>
UNESCO	UN Educational, Scientific and Cultural Organization

Siglas	Denominación oficial (Inglés en el renglón de arriba y <i>Español en el renglón de abajo (letra en itálica)</i>)
UNISDR	United Nations Secretariat for International Strategy for Disaster Reduction
URL	Uniform Resource Locator
USGS	United States Geological Survey
VANS	Valor Actual Neto Social
WB	World Bank
BM	<i>Banco Mundial.</i>
WMO	World Meteorological Organization
OMM	<i>Organisation Météorologique Mondiale</i>
WRF	Weather Research and Forecasting Model
W/S	Workshop

Capítulo 1 Descripción General del Estudio

1.1 Antecedentes del Estudio

Perú es un país diverso y complejo por su variedad ambiental, que comprende sectores montañosos, áreas litorales y selvas húmedas susceptibles de desastres naturales como pueden ser sismos, tsunamis, inundaciones y corrimientos de tierra, tal es así que las medidas contra estos riesgos es uno de los temas más apremiantes que afronta el gobierno peruano. Entre ellos, los daños causados por inundaciones son los que se presentan con mayor frecuencia en el país con una ocurrencia de más de 200 inundaciones al año durante el periodo 2003 - 2011 que afectaron a miles y millones de personas. En particular, la probabilidad de inundaciones de gran magnitud es mucho mayor durante el año en que ocurre el fenómeno de "El Niño", provocando daños humanos y económicos que ascienden a varios miles de millones de dólares. En el caso más reciente, el gobierno peruano declaró el estado de emergencia en el mes de julio de 2015¹ como medida preventiva ante posibles desastres naturales que pudieran ocurrir por la presencia del fuerte fenómeno El Niño en el 2016, que coincidió con el año en que se inició el presente Estudio.

A partir de dichos antecedentes, el gobierno peruano ha venido trabajando en el mejoramiento de la vulnerabilidad ante inundaciones y en reforzar la gestión del riesgo de desastres, con el fin de mitigar el impacto negativo provocado por el fenómeno de El Niño y de lograr además un crecimiento constante y sostenible de la economía peruana. Un ejemplo específico es la ayuda financiera (con una inversión total de 126 millones de dólares durante el periodo 1999-2009) destinada a los gobiernos regionales a través del "Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación-PERPEC", elaborado con el fin de que el Ministerio de Agricultura del Perú (modificado a Ministerio de Agricultura y Riego en 2013), a cargo de la gestión de los recursos hídricos del país, pueda proteger las zonas inundables de los riesgos de inundaciones, principalmente en las cuencas y áreas que sufrieron los daños de inundaciones por El Niño en 1998. Sin embargo, el proceso de descentralización impulsada durante la década del 2000 ha traído como consecuencia la transferencia de poderes del gobierno central hacia los gobiernos regionales que albergan los ríos inundables en materia de planificación, diseño e implementación de planes y programas acerca de las medidas contra inundaciones, dando lugar a un sistema de programas de prevención de inundaciones por unidad de cuenca. Este hecho hace difícil de que se lleve a cabo una planificación y ejecución de medidas preventivas y mitigadoras contra inundaciones que aborden de manera panorámica la totalidad de las cuencas hidrográficas del país.

¹ En realidad, la tendencia al alza de la temperatura del agua del mar del Perú llegó a su punto máximo en octubre de 2015 y desde noviembre empezó a bajar, y finalmente el fenómeno de El Niño se terminó en abril de 2016. Como resultado, solamente se generaron daños de inundaciones de pequeña escala entre enero y marzo, como suelen generarse en el Perú en esa época -en la que se registra el mayor número de inundaciones-, y así, no se produjeron daños de gran escala. En septiembre de 2016, se decía que la temperatura del mar del Perú tendería a bajar más de 0,5°C respecto al promedio anual, lo cual significa la generación del fenómeno de "La Niña".

Esta situación dio lugar en el 2008 a la creación de la Autoridad Nacional del Agua (en adelante “ANA”) con la ayuda del Banco Mundial, que tiene por finalidad realizar y promover las acciones necesarias para el aprovechamiento integral de los recursos hídricos. La ANA ha iniciado la gestión de las 159 cuencas hidrográficas distribuidas en todo el país juntamente con las 14 Autoridades Administrativas del Agua-AAA, las Administraciones Locales del Agua-ALA subordinadas a la AAA, así como con el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca-CRHC, tomador de decisiones de los lineamientos, políticas y proyectos planteados en cada una de las cuencas hidrográficas. La ANA ha elaborado en 2013 el “Plan Nacional de Recursos Hídricos”, momento durante el cual las medidas contra las inundaciones eran llevadas a cabo de manera independiente por la AAA y la ANA. Tal es así que el Plan no contempla contenidos, costos y efectos de proyectos preventivos con enfoque integral y holístico de gestión de recursos hídricos. Como se indicó anteriormente, los proyectos convencionales de control de inundaciones en el Perú consistían principalmente en medidas correctivas, es decir, la rehabilitación de los cauces afectados por las inundaciones. El nivel de reconocimiento de la necesidad de ejecutar proyectos preventivos antes de que ocurran los desastres de inundaciones por parte de los organismos relevantes, incluyendo los gobiernos subnacionales, es bajo. Y pocos conocen cuánto hay que invertir, qué resultados pueden esperarse, y qué efectos económicos se manifestarían, en un proyecto integral para proteger la vida humana y los bienes contra los daños de las inundaciones en Perú.

Entre enero y marzo de 2017, antes de encontrar una solución al desafío de control de los desastres hídricos, se produjo una situación que preocupaba al país: grandes inundaciones causadas por El Niño Costero azotaron la región norte del país. De acuerdo con el informe del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) publicado en junio de 2017, fueron declaradas en estado de emergencia 14 de las 24 regiones del Perú, y se registró un total de 165 fallecidos y desaparecidos, y más de 1,640,000 damnificados y afectados.

La JICA ha venido ofreciendo apoyo al sector de prevención de desastres del Perú, entre los que se citan: la conformación de diques secos y construcción de defensas ribereñas a través del “Proyecto de Protección contra Inundaciones en las Cuencas Hidrográficas del Litoral Peruano” (A/P firmado en noviembre de 2014), el Acuerdo de Cooperación firmado con la Presidencia del Consejo de Ministros a cargo de la gestión de desastres (marzo de 2014), así como el apoyo ofrecido a la gestión del riesgo de desastres del Perú para impulsar la transversalización de la prevención de desastres, éste último, a través del “Préstamo Stand-By para la Reconstrucción Post-Desastre” (A/P firmado en marzo de 2014). Además, en base a los resultados del presente Estudio, la JICA prevé discutir con el lado peruano acerca del mejoramiento de políticas e instituciones relativas al fortalecimiento de la capacidad de prevención de inundaciones, y aún más, prevé utilizarlo eficazmente como material para elaborar la Matriz de Políticas que sirva para sacar el mejor provecho del “Préstamo Stand-By para la Reconstrucción Post-Desastre”. Es así que se espera lograr apoyar el abordaje del gobierno peruano en materia de control y prevención de inundaciones haciendo uso de los resultados del presente Estudio.

1.2 Objetivos del Estudio

Los resultados que se obtendrán en el marco del presente Estudio son como siguen:

- (1) Seleccionar de entre las 159 cuencas hidrográficas las cuencas prioritarias (aproximadamente 5 cuencas) que requieran de la adopción de medidas prioritarias para la prevención de las inundaciones.
- (2) Clasificar las 159 cuencas en unas 5 tipologías de acuerdo con las características de las cuencas (topografía, condiciones naturales, historial de daños por inundaciones etc.) y seleccionar las cuencas modelo que servirían de base para la estimación del costo de los proyectos.
- (3) Llevar a cabo el reconocimiento de campo, elaborar las propuestas de medidas contra inundaciones (estructurales) y estimar los costos del proyecto para las cuencas prioritarias referidas en el punto (1).
- (4) Estimar el costo total de los proyectos en las 159 cuencas, en base al costo estimado de los proyectos de las cuencas modelo seleccionadas de cada tipología.
- (5) Elaborar el proyecto de normas técnicas para el control de inundación sistematizando las bases de la metodología de planificación de las obras de control de inundaciones, instrumento con que actualmente no cuenta el Perú. Dicha propuesta de normas técnicas será el producto de los trabajos realizados en los puntos del (1) al (4) e incluirán, entre otros: las especificaciones básicas y la metodología de diseño de más de cinco obras de control de inundaciones incluidas en el diseño preliminar de proyectos para las cuencas prioritarias y de modelo, los aspectos que deben ser analizados, así como el método de estimación de costos.
- (6) Lograr a través de la realización de talleres, profundizar en la comprensión del concepto teórico sobre la prevención de las inundaciones, primero, mediante el fortalecimiento de los conocimientos y habilidades de los técnicos adscritos a los órganos descentrados de la ANA como la AAA y la ALA sobre el mecanismo de generación de inundaciones. Segundo, con el mejoramiento de la técnica de análisis de imágenes por satélite requerido en el estudio de las llanuras de inundaciones, y tercero, mediante la presentación del modelo de análisis de Japón así como los resultados obtenidos con dicho modelo.
- (7) Dar a conocer el contenido del Borrador del Informe Final mediante la organización de un seminario dirigidos a las organizaciones del lado peruano y donantes bilaterales.
- (8) Llevar a cabo la evaluación de los daños de inundaciones, deslizamientos y huaicos ocurridos entre enero y marzo de 2017, analizar las necesidades de reconstrucción post desastre, y ahondar en el análisis

de las recomendaciones sobre las acciones prioritarias para el desarrollo de capacidades de control, así como el mejoramiento de los aspectos políticos e institucionales planteados en el borrador del Informe Final, como resultado de las actividades indicadas en los puntos (1) al (4), para replantear las recomendaciones más concretas.

1.3 Alcance del Estudio

1.3.1 Zona de intervención del Estudio

Con el fin de ejecutar los estudios orientados al cumplimiento de los objetivos antes indicados, el presente estudio cubrió las 159 cuencas de todo el país. En él se llevó a cabo el reconocimiento de campo en las cuencas prioritarias y en las que sufrieron grandes inundaciones entre enero y marzo de 2017.

1.3.2 Organizaciones relacionadas del país contraparte

Principal organización contraparte

La organización contraparte del presente Estudio es la ANA y el presente trabajo se está ejecutando junto con la ANA.

Asimismo, se ha decidido realizar el estudio, informando constantemente sobre el progreso del mismo a las siguientes 4 organizaciones por tratarse de organizaciones del gobierno peruano principalmente involucradas en la formulación de planes de control de inundaciones, etc.

- Dirección General de Inversión Pública del Ministerio de Economía y Finanzas (en adelante, “MEF-DGIP”)
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)
- Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA) del Ministerio de Agricultura y Riego
- Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET) del Ministerio de Energía y Minas

Ministerios y agencias gubernamentales relacionados

Junto con las 4 organizaciones arriba mencionadas se presentarán en la Tabla 1.3.1 los ministerios y agencias gubernamentales relacionadas, etc. que se visitaron en el presente Estudio o de los cuales se consiguieron materiales a través de sus sitios web o de la ANA.

Tabla 1.3.1 Principales organizaciones relacionadas

Organización relacionada	Función relativa a proyectos de control de inundaciones	Punto relacionado directamente con el presente Estudio
MEF-DGIP (Dirección General de Inversión Pública del Ministerio de Economía y Finanzas)	Evalúa y autoriza proyectos de prevención de desastres incluyendo proyectos de control de inundaciones.	Dirección con que se discute de ahora en adelante sobre el concepto de beneficios del control de inundaciones, etc.
INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil)	Cuenta con el mayor número de datos sobre desastres	Propone ríos recomendables en la selección de los ríos prioritarios.

Organización relacionada	Función relativa a proyectos de control de inundaciones	Punto relacionado directamente con el presente Estudio
INGEMMET (Instituto Geológico Minero Metalúrgico, Ministerio de Energía y Minas)	Investiga desastres por lodo y piedras, etc. y analiza los peligros y riesgos	Brinda apoyo a las autoridades locales sobre posibles medidas contra desastres por lodo y piedras que se generan en el curso medio y superior, además de sobre el control de inundaciones. Recolecta datos de desastres por lodo y piedras.
CENEPRED (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres)	Analiza el riesgo de desastres incluyendo el riesgo de inundaciones	Para la selección de los ríos prioritarios, se han aprovechado en el presente Estudio sus análisis del riesgo de ríos.
MINAGRI-PSI (Programa de Subsector de Riego, Ministerio de Agricultura y Riego)	Responsable de realizar los proyectos de riego que implementa el Ministerio de Agricultura y Riego. También se encarga de proyectos de control de inundaciones.	Organización ejecutora de los proyectos de préstamos en yenes de JICA realizados en Canete, Chincha y Pisco.
CEPLAN (Centro Nacional de Planeamiento Estratégico)	Desempeña el papel principal en la formulación de planes estratégicos del Estado	Para la selección de los ríos prioritarios se han utilizado las principales ciudades señaladas en el Plan Bicentenario elaborado bajo el liderazgo de CEPLAN.
MINAM-SENACE (Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles, Ministerio del Ambiente)	Verifica y autoriza proyectos de control de inundaciones desde el aspecto ambiental y social.	SENACE puede hacerse cargo de la evaluación socioambiental para los proyectos de control de inundaciones de la DGAAA en el futuro.(ver el Apéndice 7).
MINAGRI-DGAAA (Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios, Ministerio del Ambiente)	Examina el aspecto de la consideración ambiental y social de los proyectos que efectúa el Ministerio de Agricultura y Riego	Como se ha mencionado arriba, la entidad ejecutora de los proyectos que implementa el Ministerio de Agricultura y Riego incluyendo la ANA, en la actualidad, no es el SENACE, sino que principalmente la DGAAA se encarga de dichos proyectos (ver el Apéndice 7).
MINAM-DGOT (Dirección General de Ordenamiento Territorial, Ministerio del Ambiente)	Dirección que analiza el riesgo de desastres y recoge datos en el Ministerio del Ambiente	Cuenta con los mapas de riesgos y de uso de tierras que servirán como referencia para la ejecución del presente Estudio, por lo cual está previsto conseguirlos de ahora en adelante.
MINAM-SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, Ministerio del Ambiente)	Administra las áreas naturales protegidas del Perú	Cuenta con los mapas sobre la protección ambiental, etc. que sirven como referencia para la ejecución del presente Estudio. Ya se han conseguido.
MINAM-SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Ministerio del Ambiente)	Se encarga de la observación de datos meteorológicos e hidrológicos y la realización de investigaciones técnicas.	Observa los datos meteorológicos e hidrológicos necesarios para el cálculo de inundaciones/escorrentía.
DHN (Dirección de Hidrografía y Navegación)	Se encarga de la investigación y desarrollo sobre vías acuáticas y navegación (observación del nivel de mareas)	Está previsto conseguir datos del nivel de mareas. (En el presente Estudio no se ha visitado)

Organización relacionada	Función relativa a proyectos de control de inundaciones	Punto relacionado directamente con el presente Estudio
Universidad Nacional Agraria La Molina	Cayo Ramos, profesor asociado, investiga el cambio climático.	Ha prestado al Equipo del Estudio informes de investigación. Está previsto que se realice una deliberación sobre el cambio climático en relación con las medidas de control de inundaciones.
Soluciones Prácticas	Organización no gubernamental internacional que realiza actividades comunitarias para prevenir inundaciones.	Desarrolla actividades en los ríos Rímac y Piura, candidatos para la selección de los ríos prioritarios.

Fuente: Tabla elaborada por el Equipo del Estudio

Capítulo 2 Documentos y datos recopilados

A continuación se presentan los documentos y datos recopilados a través de los seis estudios en campo realizados en el Perú.

2.1 Datos básicos de la administración pública de control de inundaciones del Perú

2.1.1 Situación actual de la prevención de inundaciones en el Perú

(1) Posicionamiento de la prevención de inundaciones en la gestión del riesgo de desastres del gobierno peruano

En el Perú hasta ahora las medidas de prevención de inundaciones han sido efectuadas principalmente por el actual Ministerio de Agricultura y Riegos como proyectos del “sector agrario”, con el objetivo de proteger los campos agrícolas contra inundaciones.

Por ejemplo, en 1997 y 1998 el gobierno central ejecutó el “Plan de emergencia del primer/segundo período del fenómeno de El Niño”, pero este plan tenía como objetivo restaurar la infraestructura hidráulica dañada por El Niño y el actual Ministerio de Agricultura y Riego (antiguo Ministerio de Agricultura) fue la entidad competente. Asimismo, la Dirección General de Infraestructura Hidráulica (DGIH) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) fundó el Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación (PERPEC) en 1999 para proteger los pueblos, campos agrícolas, instalaciones agrícolas, etc. encontradas en las zonas inundables contra daños por inundaciones, y a través de esta entidad brindaba ayudas financieras a los gobiernos departamentales para que efectuaran proyectos de protección de riberas. En el plan multianual 2007-2009 de PERPEC, se propusieron 206 proyectos de protección de riberas en total. Estos proyectos estaban basados en el cálculo de probables inundaciones que ocurrirían una vez cada 50 años, pero sus respectivas obras eran de pequeña escala tales como obras de protección de riberas locales y no constituían un control de inundaciones drástico e integral, por lo que cada vez que se generaban inundaciones, se producían daños en lugares diferentes a los anteriores, lo cual era un problema².

Ante esas circunstancias el actual Ministerio de Agricultura y Riego planificó en la segunda mitad de los años 2000 el “Programa de protección de valles y poblaciones rurales vulnerables ante inundaciones”, tomando como objeto 5 departamentos y 9 cuencas, de acuerdo con el cual se llevó a cabo el estudio por JICA anteriormente mencionado. De acuerdo con este estudio se ha determinado tomar medidas contra inundaciones dentro del marco de proyecto de préstamo en yenes en los tres ríos Canete, Chíncha y Pisco cuyos beneficios de las medidas contra inundaciones son altos y, actualmente, el Programa Subsectorial de Irrigaciones (PSI), que es la entidad ejecutora de los

² La información de este párrafo está citada desde el informe de JICA titulado “Estudio preparatorio sobre el programa de protección de valles y poblaciones rurales vulnerable ante inundaciones”.

programas de inversión aprobados en el Ministerio de Agricultura y Riego, hace la preparación para iniciar la selección del consultor que se encargará de la gestión del proyecto (Actualmente, en septiembre de 2016, se lleva a cabo el concurso para consultoría del diseño detallado).

Por otra parte, el gobierno peruano fortaleció su conciencia sobre la importancia de unificar la administración pública de “gestión del riesgo de desastres y abordar la misma como Estado de acuerdo con la lección aprendida del terremoto de Pisco ocurrido en 2007 y el Marco de Acción de Hyogo (en adelante “MAH”) y como consecuencia el 18 de diciembre de 2010 la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) fue incluida en el “Acuerdo Nacional” como Política de Estado N° 32 y se ha convertido en principio básico que se debe considerar a la hora de formular leyes y elaborar planes. Ante esta corriente, las medidas de prevención de inundaciones se consideran ahora como “actividades de GRD” y los proyectos de control de inundaciones planificados en 2010 y después, se efectúan como proyectos del “sector de GRD”.

(2) Marco administrativo y regulatorio, regímenes, sistema organizacional y situación presupuestaria relacionada con la prevención de inundaciones

(a) Marco administrativo y regulatorio y regímenes

Como se ha mencionado arriba, los proyectos de control de inundaciones se realizan actualmente en 2016 como proyectos del “sector GRD”. Asimismo, en el Perú todas las obras públicas deben efectuarse de acuerdo con el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), que examina la pertinencia y viabilidad de los proyectos de inversión pública, y los proyectos de control de inundaciones como sector de GRD también se efectúan bajo el SNIP. El SNIP se ha establecido por la Ley N° 27293 y funciona desde enero de 2004 de acuerdo con la Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública (Resolución Directoral N° 002-2009-EF/68.0). Según el SNIP todas las obras públicas están obligadas a someterse al examen antes de la ejecución. Para efectuarlas es necesario conseguir la aprobación de la Dirección General de Inversión Pública (DGIP) del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). La entidad encargada de realizar el examen dentro de la GDIP es el “Sector de Prevención y Atención de Emergencias por Desastres” como se ha mencionado arriba.

Por otra parte, como se ha mencionado arriba, la entidad que antes efectuaba medidas de control de inundaciones a nivel central era el Ministerio de Agricultura y Riego. Antes, la DGIH diseñaba proyectos de control de inundaciones como programas de inversión, los cuales fueron efectuados por el PSI a través de la Oficina de Programación e Inversiones (OPI), que autorizaba el examen previo y la ejecución presupuestaria de los programas de inversión. Sin embargo, se promulgó el Decreto Supremo N006-2014-MINAGRI el 23 de mayo de 2014, con lo que se autorizó a la ANA, organización contraparte del presente estudio, a efectuar estudios sobre desastres naturales relacionados con el agua para la gestión de cuencas, así como a llevar a cabo obras para proteger riberas. De acuerdo con este

decreto actualmente la ANA efectúa estudios básicos para diferentes medidas de prevención de inundaciones. Por otra parte, los gobiernos departamentales y municipales también pueden tomar medidas para prevenir inundaciones y efectúan la construcción de defensas ribereñas, obras de excavación y dragado de vías fluviales ante la llegada de la época de lluvias, etc.

(b) Sistema organizacional

A continuación se describirá detalladamente el sistema organizacional de la Autoridad Nacional del Agua (en adelante, “ANA”) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), que es la principal organización contraparte del presente estudio. La ANA fue creada por el Decreto Legislativo N° 997 publicado en marzo de 2008. Como indica su denominación, es la entidad que se encarga de la coordinación y supervisión sobre los recursos hídricos bajo la jurisdicción del MINAGRI. Sobre la idea y creación de la ANA el MINAGRI recibió la asistencia del Banco Mundial durante unos 10 años. La principal función de la ANA es formular planes de recursos hídricos de las cuencas considerando el control de inundaciones en ríos, de acuerdo con la Ley N° 29338 (Ley de Recursos Hídricos) de marzo de 2009.

Como régimen de gestión de cuencas (gestión de recursos hídricos), después de identificar los 3 grandes sistemas hidrográficos (sistema hidrográfico del Pacífico, sistema hidrográfico del Amazonas, sistema hidrográfico del Titicaca), la ANA divide los ríos del Perú en 159 cuencas hidrográficas en total (véase la Figura 4.1.4). Para gestionar estos 3 sistemas y estas 159 cuencas hidrográficas, se crearon como entidades subordinadas de la ANA las AAA, las ALA, los Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca (CRHC) y la Oficina del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos (OSNIRH) por el Decreto Supremo N° 001-2010-AG de marzo de 2010 y estas entidades AAA, ALA y CRHC quedaron al cargo de la gestión de los 3 sistemas y las 159 cuencas arriba mencionadas. Concretamente, la ANA tiene creadas 14 AAA en todo el país, y bajo las AAA tiene fundadas 72 ALA, y bajo las AAA y ALA está instalado el CRHC. Para mantener la postura de gestionar los recursos hídricos imparcialmente, el CRHC se crea bajo la iniciativa del gobierno departamental y su representante desempeña el papel de presidente del CRHC, que está conformado por interesados de la cuenca. La ANA, como miembro del CRHC, monitorea sus actividades. Actualmente, en septiembre de 2016, las AAA y las ALA ya se han creado y han empezado la gestión de cuencas, pero en cuanto al CRHC, solamente en algunas cuencas del sistema hidrográfico del Pacífico se ha fundado.

Antes la ANA efectuaba estudios, análisis y planificación de trabajos sobre medidas de prevención de inundaciones y desastres por lodo y piedras, pero no se dedicaban a la ejecución de obras. Sin embargo, se promulgó el Decreto Supremo N° 006-2014-MINAGRI, el 23 de mayo de 2014, el cual autorizó a la ANA a dedicarse a la gestión de recursos hídricos de las cuencas y a la ejecución de medidas de prevención de desastres en las cuencas. Por consiguiente, el diseño de medidas de prevención de

ejecutora de proyectos de financiación y préstamos del Banco Mundial y BID, los realizará de hecho. La oficina de esta unidad está ubicada cerca de la sede de la ANA, y aún ahora, después de que se terminó el proyecto arriba mencionado, sigue funcionando sin disolverse como unidad ejecutora de proyectos de la ANA. De hecho, la “Unidad Ejecutora 002” efectúa medidas contra deslizamientos de tierra, establecimiento del sistema de pronóstico y alerta temprana y la delimitación de los ríos y zonas de aguas entre otros, utilizando un presupuesto del Estado. En la actualidad la “Unidad Ejecutora 002” también efectúa la instalación de estaciones de observación hidrológica en 10 cuencas (con fondos del Banco Mundial) y el proyecto de control de la calidad del agua en 7 cuencas (con fondos de CAF).

(c) Situación presupuestaria

Ahora se reseña el presupuesto de la ANA, principal organización contraparte del presente estudio.

Como se ha mencionado anteriormente, la ANA fue fundada en 2008 y prácticamente inició sus actividades en enero de 2009. Así, es una organización relativamente nueva y su estructura presupuestaria ha venido cambiando año tras año. El presupuesto de la ANA está compuesto básicamente por los siguientes 2 recursos:

- a) Presupuesto como organización estatal asignado por el Estado
- b) Tarifas de utilización de agua que cobra a los usuarios

La Tabla 2.1.1 muestra la evolución en la proporción de estos dos recursos presupuestarios de la ANA entre 2009 y 2016.

Tabla 2.1.1 Evolución de los recursos presupuestarios de la ANA

Año	Porcentaje según fuentes financieros (%)		Total (en millones de soles)
	Presupuesto estatal	Tarifas de agua	
2009	60 – 65 %	35 – 40 %	65
2016	20 – 25 %	75 – 80 %	228

Fuente: Tabla elaborada por el Equipo de Estudio de acuerdo con la entrevista con la OPP-ANA

El “Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos” cuyo costo total ascendía a 40 millones de USD, se llevó a cabo entre 2010 y 2015 con la financiación del Banco Mundial y BID aparte de los recursos presupuestarios arriba mencionados.

A continuación se indicará el presupuesto completo de la ANA de los últimos 3 años (2014-2016).

Tabla 2.1.2 Presupuesto de la ANA de los últimos 3 años

Unidad: Sol

Entidad	Años	2014		2015		2016	
	Concepto	PIA*1	PIM*2	PIA	PIM	PIA	PIM
ANA entera	1. Gastos de Inversión	38 609 320	37 778 938	25 705 677	73 504 218	300 000	21 349 329
	2. Gastos de Funcionamiento(1)	137 976 352	196 775 382	141 783 000	192 264 761	151 687 486	206 891 531
	Total	176 585 672	234 554 320	167 488 677	265 768 979	151 987 486	228 240 860
DEPHM	1. Gastos de Inversión	11 000 000	2 101 387	17,786 738	18 885 606	0	0
	1.1 Estudios de Pre-inversión-Evaluación de Recursos Hídricos	11 000 000	2 101 387	17 786 738	18 885 606		
	1.2 Otros						
	2. Gastos de Funcionamiento	5 463 780	14 392 861	3 573 300	8 091 093	3 862 484	13 250 682
	Total	16 463 780	16 494 248	21 360 038	26 976 699	3 862 484	13 250 682
UE 002: MGRH	1. Gastos de Inversión	27 609 320	35 677 551	7 918 939	54 618 612	300 000	21 349 329
	1.1 PP 0068(2)				29 762 158		3 508 611
	1.2 PP 0042						1 564 957
	1.3 Otros(3)	27 609 320	35 677 551	7 918 939	24 856 454	300 000	16 275 761
	2. Gastos de Funcionamiento(4)		2 445 000		17 644 274		8 008 350
	Total	27 609 320	38 122 551	7 918 939	72 262 886	300 000	29 357 679

(1) Incluye gastos por convenio CISPDR China y UNOPS

(2) Incluye la instalación de mallas en las riberas de ríos y adquisición de pluviómetros

(3) Gestión de Recursos Hídricos CISPDR China y en el 2016 la instalación de barreras dinámicas frente a Huaycos.

(4) Acciones de monumentación para los años 2014 y 2015. Asimismo atención de fenómeno el niño 2015

*1: PIA: Presupuesto Institucional de Apertura *2: Presupuesto Institucional Modificado

Fuente: OPP-ANA

(3) Normas técnicas sobre la prevención de inundaciones

Según la ANA, respecto a las normas sobre la prevención de inundaciones en el Perú, solamente existen las directrices elaboradas por el MEF y no existen normas sobre el diseño de las estructuras necesarias para la prevención de inundaciones. Al preguntar a la ANA cómo efectúa proyectos de prevención de inundaciones, contestó lo siguiente:

- Aplica normas extranjeras y
- Verifica el diseño por propuestas de consultores

En el pasado la ANA y el MINAGRI celebraron talleres de capacitación dirigidos a su personal para el diseño de estructuras fluviales, invitando a expertos en ese campo de universidades, etc.

Por consiguiente, en el presente estudio se ha elaborado una norma técnica sobre la prevención de inundaciones (borrador), tomando como referencias los materiales técnicos arriba mencionados, las directrices para la planificación de proyectos de prevención de inundaciones elaboradas por el MEF y las directrices de Japón sobre técnicas de control de inundaciones entre otros. El índice de esta norma (borrador) es como se muestra en la Tabla 2.1.3.

Tabla 2.1.3 Borrador del índice de la norma técnica sobre la prevención de inundaciones

CONTENIDO (Borrador)	
Capítulo 1	Introducción
2	Tipos de desastres de la cuenca del ríos
3	Gestión del riesgo de desastres para la cuenca del río
4	Tipos de las medidas estructurales para reducir el riesgo de inundación
5	Diseño básico de medidas estructurales para la protección contra las inundaciones
5-1	Dique / Revestimiento
5-2	Puente
5-3	Espigones (Groins)
5-4	Banda para cauce del río (Riverbed girdles)
5-5	Otros (río Arriba)
	Presas, obras de conservación de laderas (resumen / obras de laderas / obras de conservación de laderas) / diques de control de erosión / obras de consolidación / obras contra erosión / obras de conservación de torrentes / diques de encauzamiento), etc.
5-6	Otros (tío Abajo) : Estación de bombeo de Inundaciones
6	Evaluación económica de proyectos de protección contra inundaciones
Anexo	Estudios de casos sobre el diseño preliminar de estructuras de control de inundaciones

(4) Programas, proyectos y resultados obtenidos en el tema de prevención de inundaciones llevados a cabo por el gobierno peruano y otros donantes

Como se ha mencionado en el apartado 2.1.1(1), los proyectos de control de inundaciones dirigidos por el gobierno central del Perú, se efectúan bajo el liderazgo del MINAGRI. A continuación se citarán los principales proyectos de prevención de inundaciones efectuados hasta ahora.

- Años 1997 y 1998: “Plan de emergencia del primer/segundo período del fenómeno de El Niño”
- Años 1999 -2009: “Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación (PERPEC)” (Monto total de inversión: 126 millones de USD)
- Desde el año 2010: “Programa de protección de valles y poblaciones rurales vulnerables ante inundaciones”

Además de estos proyectos, según los documentos presentados por el MEF en el presente estudio en el Perú, el número de proyectos relacionados con la prevención de inundaciones solicitados al SNIP a partir de diciembre de 2002, asciende a 1104 en total en 13.4 años aproximadamente. La siguiente tabla muestra la clasificación general de esos proyectos.

**Tabla 2.1.4 Detalle de los proyectos relacionados con la prevención de inundaciones
(desde diciembre de 2002 a mayo de 2016)**

Título del proyecto (subprograma)	Número de proyectos adoptados	Costo total de los proyectos adoptados (millones de soles)
Atención inmediata de desastres	11	12.8
Caminos de herradura	3	1.0
Conservación de suelos	16	14.4
Defensa contra incendios y emergencias menores	3	2.4
Defensa contra inundaciones	117	224.7
Defensa contra la erosión	8	2.6
Defensa nacional	4	22.6
Infraestructura de riego	88	212.1
Irrigación	92	57.6
Planeamiento urbano	5	10.0
Planeamiento y desarrollo urbano y rural	25	161.0
Prevención de desastres	680	2,141.7
Promoción y asistencia comunitaria	9	6.6
Protección de poblaciones en riesgo	16	28.8
Saneamiento urbano	3	1.9
Vías vecinales	5	1.1
Otros	19	38.5
Total	1104	2939.8

Fuente: Resumen por el Equipo de Estudio a partir de los archivos Excel presentados por el MEF

Asimismo, el presupuesto total asignado para los años 2015-2016 respecto a los proyectos arriba indicados es de 1438 millones de soles especialmente debido al fenómeno El Niño.

(5) Situación de desarrollo del análisis hidráulico, mapa de riesgos y base de datos sobre la gestión integral de los recursos hídricos

En el Perú, el Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos (SNIRH, véase la Figura 2.1.1), entidad subordinada de la ANA, desarrolla mapas de riesgos y bases de datos para la gestión integral de los recursos hídricos, y al mismo tiempo, efectúa el análisis hidráulico necesario para desarrollarlos. Los análisis hidráulicos, mapas de riesgos y bases de datos recopilados hasta ahora en el presente estudio son como se presentan en la Tabla 2.1.5.

Tabla 2.1.5 Situación de desarrollo del análisis hidráulico, mapa de riesgos y base de datos

Concepto	Situación de desarrollo	Relación con el presente estudio
Análisis hidráulico y mapa de riesgos	<p>Actualmente la ANA ya tiene elaborados mapas de riesgos de los 14 ríos en el estudio del “Tratamiento de Cauces para el Control de Inundaciones”, estudio para averiguar y tratar las causas de inundaciones para su control. Estos mapas están elaborados de acuerdo con el análisis hidráulico hecho con los programas HEC-RAS y HEC-GeoRAS.</p> <p>El SNIRH cuenta con algunos funcionarios capacitados por el entrenamiento relacionado con el uso de los softwares de análisis hidráulico MIKE-11y MIKE-21.</p>	<p>Dentro de los 14 ríos mencionados a la izquierda, se han conseguido los resultados del estudio (incluyendo mapas de riesgos) sobre 11 ríos (ríos Chicama, Chillón, Cumbasa, Cusco, Chancay-Lambayeque, Lurín, Pativilca, Piura, Rímac, Santa y Vilcanota), los cuales se utilizarán para la comparación con los resultados del análisis de inundaciones efectuado en el presente estudio.</p> <p>El análisis de inundaciones del presente estudio se hace de acuerdo con el modelo RRI, pero en caso de que se requiera un análisis más detallado como el reflejo de datos transversales, se analizará también utilizando softwares familiares al personal de la ANA como HEC-RAS y MIKE.</p>
Base de datos	<p>Actualmente la ANA construye una base de datos para la gestión integral de los recursos hídricos a través del OSNIRH. Antes de nada, este sistema mide y recolecta datos, los cuales son enviados por estaciones meteorológicas, SINPAD, diferentes sectores (SENAMHI, INGEMMET, etc.), instalaciones de gestión de represas y plantas purificadoras de agua, etc. Como métodos de transmisión de información existen Internet, GSM/GPRS, sistemas de transmisión de información de radios y estaciones meteorológicas, etc., a través de los cuales se converge información en el centro de control de información situado dentro de la ANA, donde se procesan, evalúan y analizan los datos y, después, se transmite información a los sectores que la quieren y/o se publican en Internet, etc.</p>	<p>Los resultados del análisis de inundaciones del presente estudio se resumirán en un formato que permita ser introducido por el software de SIG (formato Shp y/o Tiff, etc.), teniendo en cuenta la posibilidad futura de introducirlos al SNIRH.</p>

Fuente: El Equipo de Estudio renovó la información contenida en el “Estudio de Recolección de Datos sobre el Sector de Gestión del Riesgo de Desastres en el Perú (JICA)” de acuerdo con los resultados del estudio realizado en el Perú.

2.1.2 Desastres por inundaciones pasadas en las 159 cuencas

En este apartado, se organizaron los datos recopilados antes de marzo de 2016, año en que se inició el presente Estudio, excluyendo los datos de las inundaciones, deslizamientos y huaycos ocurridos entre diciembre de 2016 y abril de 2017. Sobre los daños de los desastres recientes se detallan en el Capítulo 13.

(1) Antecedentes de inundaciones ocurridas y daños causados por las mismas

El INDECI opera la base de datos llamada “SINPAD” sobre las inundaciones que ocurrieron en el pasado en las 159 cuencas. En este sistema se encuentran registradas casi todas las oficinas del distrito, región y provincia, así como algunos sectores del gobierno central; los que están registrados como usuarios de INDECI pueden editar y añadir información sobre el desastre. Otros usuarios, como los ciudadanos generales, tienen acceso a cualquier información introducida en el sistema (URL:<http://sinpad.indeci.gob.pe/sinpad/main.asp>, user name: visita, password: visita). La base de datos se crea al recopilar información de las oficinas del distrito.

Los datos que el Equipo de Estudio ha conseguido del INDECI en el estudio en el Perú, están resumidos en la Tabla 2.1.6.

Tabla 2.1.6 Resumen sobre antecedentes de inundaciones ocurridas en las 159 cuencas y daños causados por las mismas

Concepto	Contenido
Organización poseedora de datos	INDECI
Período de datos	Desde 2003 hasta 2015
Tipos de desastres objeto	Además de inundaciones, actividades volcánicas, olas frías, terremotos, flujos de lodo y piedras, deslizamientos de tierra, erosión fluvial, mareas altas, tsunamis, sequías, aguaceros con truenos, vientos fuertes, etc.
Tipos de daños a clasificar	Número de muertos y desaparecidos, número de lesionados, número de personas damnificadas, etc.
Método de aprovechamiento de los antecedentes en el presente estudio	Se aprovechan para resumir el número de personas afectadas por inundaciones en la evaluación de la vulnerabilidad ante desastres provocados por agua en la selección de las cuencas prioritarias (Capítulo 3 (3.2)).
Puntos de atención	Como se explica en el siguiente apartado (2), no se ha resumido el monto de daño ni el número de personas afectadas según los tipos de desastres. (Están anotados como información en letras)

Fuente: Tabla elaborada por el Equipo de Estudio

(2) Detalles de los daños (incluye distribución de inundaciones y distribución en profundidad de las inundaciones registradas) y costos de daños

En las bases de datos de desastres pasados que el INDECI y la ANA poseen, los cuales se han indicado en el apartado (1) de arriba, no están resumidos los detalles como la distribución de inundaciones/distribución en profundidad de las inundaciones registradas y los costos de daños. Actualmente la ANA promueve el estudio sobre puntos de inundaciones (lugares donde se provocan daños por inundaciones) y será posible aprovechar sus datos.

Por otra parte, según el INDECI, no cuenta con base de datos que permita clasificar los respectivos desastres de acuerdo con el número de damnificados y los costos de daños, lo cual constituye un problema para el Perú (para INDECI) a la hora de resumir los desastres. En caso de desastres relativamente grandes, se elabora el informe de desastre individualmente, por lo cual sobre algunas inundaciones están señalados los lugares afectados y/o la profundidad expresamente en documentos y/o tablas. Sin embargo, las inundaciones sobre las cuales se puede verificar el monto de daños claramente en el sector económico, son solamente las inundaciones ocurridas en la cuenca de Urubamba en 2010. Según el informe sobre estas inundaciones, el costo de restauración y recuperación de Cusco debido a los daños sufridos fue de 614 246 515 soles.

Tabla 2.1.7 Monto de daños y costo de restauración y recuperación en las inundaciones generadas en 2010 en Cusco según los sectores

Sector	Monto de daños /Costo de restauración y recuperación (nuevo sol)
Viviendas	175 481 249 (Monto de daños) 179 392 798 (Costo de restauración y recuperación)
Salud y asistencia médica	11 017 800 (Costo de restauración y recuperación)
Educación	21 931,0418 (Costo de restauración y recuperación)
Cultura	1 624 760 (Monto de daños)
Acueducto y alcantarillado	3 720 000 (Costo de restauración y recuperación)
Transporte y telecomunicaciones	338 512 613 (Costo de restauración y recuperación)
Energía eléctrica	6 048 480 (Costo de restauración y recuperación)
Agricultura	22 217 401 (Costo de restauración y recuperación)
Industria pesquera	1 086 800 (Costo de restauración y recuperación)
Industria manufacturera	468 120 (Costo de restauración y recuperación)
Turismo	18 043 960 (Monto de daños) 29 851 462 (Costo de restauración y recuperación)

Fuente: EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LA TEMPORADA DE LLUVIAS 2010 EN LA REGIÓN CUSCO (INDECI)

Según informes y registros de daños causados por inundaciones individuales en el pasado, es posible verificar los costos de daños a nivel nacional sobre las inundaciones provocadas por el fenómeno de El Niño 1982-1983 y 1997-1998. En las inundaciones 1982-1983 el número de damnificados fue de 6 millones aproximadamente y los costos de daños alcanzaron los 1000 millones de dólares. Mientras tanto, en El Niño 1997-1998 el número de damnificados fue de 500 000 aproximadamente y los costos de daños alcanzaron los 1800 millones de dólares. En 1982-1983 sufrieron daños considerables que hicieron caer el PNB en un 12%.

Tabla 2.1.8 Resumen de los daños por inundaciones en el momento de El Niño de gran escala

Concepto de daño	1982-1983	1997-1998
Número de personas que perdieron su vivienda (personas)	1 267 720	—
Damnificados	6 000 000	502 461
Lesionados	—	1 040
Muertos	512	366
Desaparecidos	—	163
Casas afectadas (casas)	—	93 691
Casas destruidas (casas)	209 000	47 409
Establecimientos educativos afectados	—	740
Establecimientos educativos destruidos	—	216
Hospitales y consultorios médicos afectados	—	511
Hospitales y consultorios médicos destruidos	—	69
Campos agrícolas afectados (ha)	635 448	131 000
Número de ganado damnificado	2 600 000	10 540
Puentes	—	344
Caminos (km)	—	944
Costos de daños (USD)	1 000 000 000	1 800 000 000

Fuente: Compendios estadísticos del SINADECI

Como otros datos con los cuales se pueden saber los costos de daños por desastres, se puede citar la base de datos de desastres 1970-2011 del Sistema de Inventario de Desastres (DesInventar), donde están anotados los costos de daños de algunas inundaciones. La base de datos del DesInventar contiene datos de desastres de diferentes países del mundo, sobre todo de Sudamérica, a través del sistema de conteo unificado. Para su construcción, la Estrategia Internacional de Reducción de Desastres de la ONU (en adelante, “EIRD”), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (en adelante, “PNUD”) y la UE han cooperado financieramente. Básicamente el DesInventar es administrado por organizaciones no lucrativas relacionadas con GRD de diferentes países. Los representantes comunes son OSSO de Colombia y La RED de Panamá y participa también la EIRD. La actual entidad colaboradora en el Perú es el Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES), organización no gubernamental relacionada con GRD que despliega sus actividades desde 1983. Actualmente, las estadísticas sobre desastres en el Perú por DesInventar están disponibles hasta los datos de 2011 y los datos a partir de 2012 no están almacenados. En el informe del “Estudio de Recolección de Datos sobre el Sector de Gestión del Riesgo de Desastres en el Perú” presentado en marzo de 2014 (en adelante, “informe del estudio sobre el sector de GRD 2014”), dichos datos de DesInventar están resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 2.1.9 Los 10 primeros casos de inundaciones en el Perú según el monto de daños de acuerdo con los datos de DesInventar (1970-2011)

No.	Año-Mes	Región	Departamento	Provincia/Ciudad	Monto de daños USD	Nota
1	1998-Ene	Costa	Tumbes	Zarumilla/Aguas	32 000 000	
2	1994-Feb	Selva	Ucayali	Corpnel Portillo/Calleria	22 272 727	
3	1998-Ene	Costa	Ica	Ica	17 500 000	Se dice que la causa fue El Niño.
4	1983-Ene	Costa	Tumbes	Contralmirante Villar/Casitas	7 766 900	Se dice que la causa fue El Niño.
5	1972-May	Sierra/Costa	Ancash	Santa Chimbote	5 167 959	
6	1994-Feb	Sierra/Costa	Arequipa	Castilla Uraca	5 000 000	
7	1972-Abr	Costa	Lambayeque	-	4 702 842	
8	1983-Abr	Costa/Sierra	La Libertad	Pacamayo/Guadalupe	4 468 088	
9	1983-Abr	Costa	Lambayeque	Chiclayo/Eten	4 200 000	Se dice que la causa fue El Niño.
10	1983-Abr	Costa	Lambayeque	Chiclayo/Chiclayo	4 200 000	Se dice que la causa fue El Niño.

Fuente: Informe del estudio sobre el sector de GRD 2014

Los 10 primeros casos de inundaciones según el monto de daños de acuerdo con los datos de DesInventar de la Tabla 2.1.9 arriba indicada, son los 10 primeros de los 300 casos cuyos datos de monto de daños están disponibles entre los 2000 casos clasificados como desastres por “inundaciones” en DesInventar. Por consiguiente, se puede suponer que habían ocurrido inundaciones cuyo monto de daños era superior.

2.1.3 Datos topográficos, hidrológicos y socioeconómicos acerca de las 159 cuencas

Se recopilaron documentos y materiales sobre las características topográficas, meteorológicas e hidrológicas, así como la información socioeconómica de las 159 cuencas.

(1) Mapa, carta topográfica, mapa hidrográfico, mapa de uso de suelos, mapa de inundaciones, plano de cursos fluviales

En el estudio en Perú se recopilaron mapas y materiales relacionados con cartas topográficas como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 2.1.10 Estado de recopilación de datos en la primera y segunda etapa de estudio en el Perú (datos topográficos, etc.)

Concepto	Detalle	Formato de datos	Organización donde se recopilaron datos
Mapa	División administrativa	SIG	ANA
	Principales ciudades	SIG	ANA
	Carreteras	SIG	ANA
	Ferrocarriles	SIG	ANA
	Jurisdicción de la ANA	SIG	ANA
Carta topográfica (incluyendo plano de cursos fluviales)	Carta topográfica (1/100,000)	SIG	ANA
Datos de altura	SRTM (90m)	SIG	USGS*1
	ASTER (30m)	SIG	USGS*1
Mapa hidrográfico	Mapas de las 159 cuencas	SIG	ANA
	Red de cursos fluviales	SIG	ANA
Mapa de uso de suelos	Mapa de cobertura de la tierra	SIG	ANA
	Uso de suelos	SIG	GLCC*2
Mapa de inundaciones	Zonas propensas a inundaciones (Puntos críticos)	SIG	ANA

*1 : USGS: Servicio Geológico de los Estados Unidos

*2 : GLCC:GLOBAL LAND COVER CHARACTERIZATION,USGS

(2) Datos de precipitación, cantidad de evapotranspiración

Respecto a la precipitación se recopilaron datos de monitoreo de las estaciones hidrometeorológicas que poseía el SENAMHI. En el Perú existen 1033 estaciones hidrometeorológicas incluyendo las que no funcionan actualmente y en algunas estaciones se monitorean elementos meteorológicos (temperatura, humedad, precipitación, dirección del viento, velocidad del viento, cantidad de evapotranspiración).

Estos datos se obtienen mediante observación manual y las frecuencias de observación son básicamente dos o tres veces al día. Además de estos datos, la observación de las precipitaciones por hora se realiza en 295 estaciones desde 2014, y la información se adquiere mediante un sistema de observación automática.

Como método para enviar información manual a SENAMHI, se utiliza la comunicación por Internet en un teléfono celular o cartas escritas a mano enviadas desde las oficinas locales, a la oficina central. En los lugares donde no hay posibilidad de comunicación por Internet, como en Selva o Sierra, se toma este segundo método de transmisión de datos.

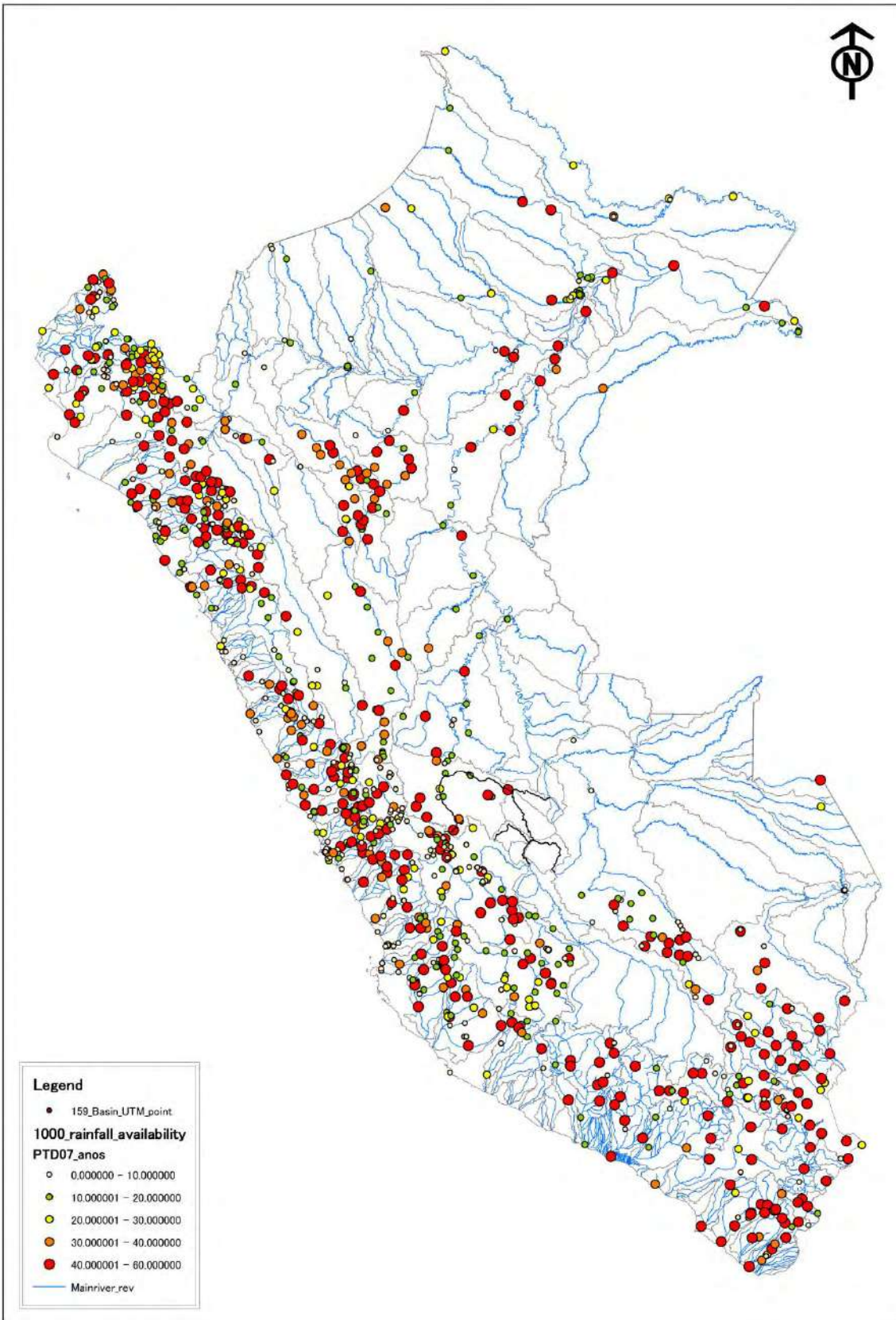
Respecto a la data de observación automática, se utiliza un sistema de comunicación por satélite principalmente como método para enviar data a la oficina central de SENAMHI; sin embargo, en algunos casos se adopta la comunicación por Internet.

En la Figura 2.1.2 está indicada la ubicación de las estaciones hidrometeorológicas y en la siguiente tabla están resumidos los elementos objeto del monitoreo y su frecuencia de monitoreo.

Tabla 2.1.11 Elementos hidrometeorológicos objeto del monitoreo y frecuencia de monitoreo

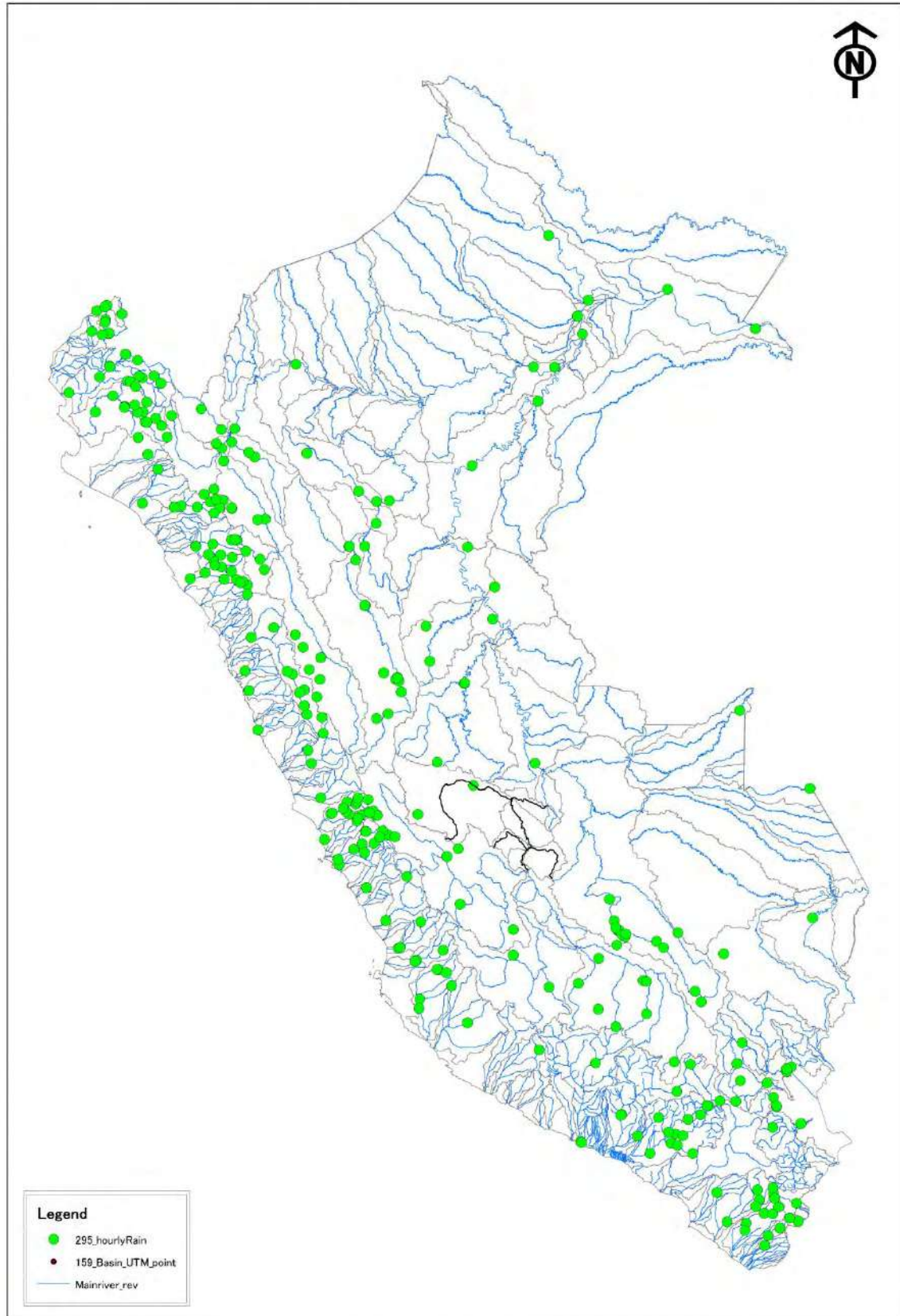
Elemento	Frecuencia de monitoreo		Nota
Temperatura	3 veces al día (a las 7, las 13 y las 19)		Aparte, los datos de temperatura máxima y mínima del día están ordenados.
Humedad	3 veces al día (a las 7, las 13 y las 19)		
Precipitación	Datos diarios	2 veces al día (a las 7 y las 19)	Se monitorea la precipitación acumulada de las últimas 12 horas 2 veces al día. La precipitación diaria es la suma de los valores medidos a las 7 y las 19.
	Datos de cada hora	Cada hora	Datos obtenidos con el Sistema de monitoreo automático.
Dirección del viento	3 veces al día (a las 7, las 13 y las 19)		
Velocidad del viento	3 veces al día (a las 7, las 13 y las 19)		
Cantidad de evapotranspiración	2 veces al día (a las 7 y las 19)		Se monitorea la cantidad acumulada de las últimas 12 horas 2 veces al día.

En el presente Estudio estos datos se utilizarán como datos básicos para el cálculo de inundaciones y escorrentía.



Fuente: Figura elaborada por el Equipo de Estudio

Figura 2.1.2 Ubicación de las estaciones hidrometeorológicas



Fuente: Figura elaborada por el Equipo de Estudio

Figura 2.1.3 Ubicación de las estaciones que monitorean la precipitación por hora

(3) Datos de monitoreo de caudal, datos de nivel de agua

El monitoreo del nivel de agua y caudal es realizado por la ANA en 586 sitios. En la primera etapa de estudio en el Perú se recopilaban los datos de monitoreo de caudal que la ANA poseía. La ubicación de las estaciones se muestra en la Figura 2.1.4.

Los datos que la ANA poseía eran datos de caudal diario, por lo que era necesario conseguir datos de caudal por hora que pudiera poseer cada AAA o gobierno regional y en la segunda etapa de estudio en el Perú se verificó a cada oficina regional si contaba con datos de nivel de agua de cada hora, pero no había datos de ningún río candidato para ser río prioritario del presente estudio. En el momento de estudio sobre el terreno del río Piura, se entrevistó a la AAA competente, según la cual los datos de monitoreo quedan solamente en copia impresa, pero no se han podido conseguir en el presente estudio.

Los datos de caudal que la ANA posee se obtienen monitoreando el nivel de agua de cada sitio y calculando el caudal de ese sitio mediante la ecuación H-Q. Asimismo, se determina como caudal diario el promedio de los valores medidos por cada 6 horas (4 valores medidos al día).

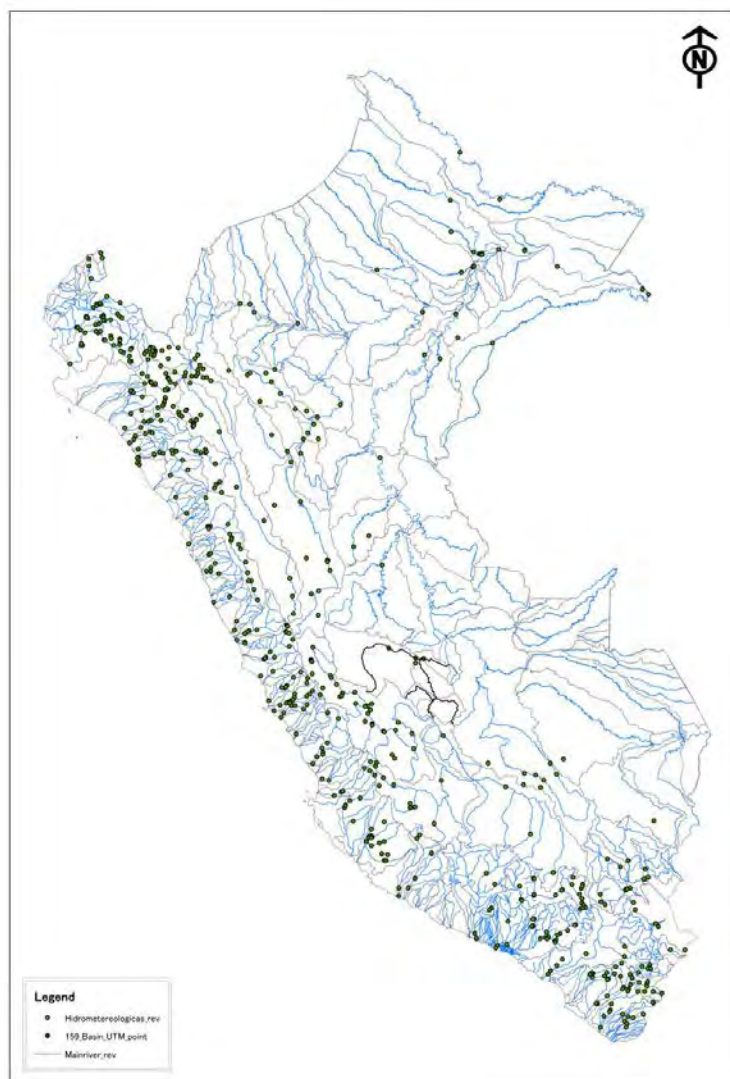


Figura 2.1.4 Ubicación de las estaciones donde se monitorea el nivel de agua y caudal

(4) Información acerca de infraestructura y operaciones de represas y embalses

En todo el Perú hay construidas 778 represas y embalses. En el presente estudio se han recopilado los datos de represas y embalses que la ANA ordena y posee. Sin embargo, no es que haya datos ordenados de ubicación y especificación sobre todas las represas y embalses. Al entrevistar a la ANA, contestó que planeaba almacenar y ordenar dichos datos de ahora en adelante. Se presentarán ejemplos de especificación de represa/embalse en el documento adjunto 2-1 y el libro mayor de gestión recolectado en la oficina de gestión de la represa Poechos en el documento adjunto 2-2.

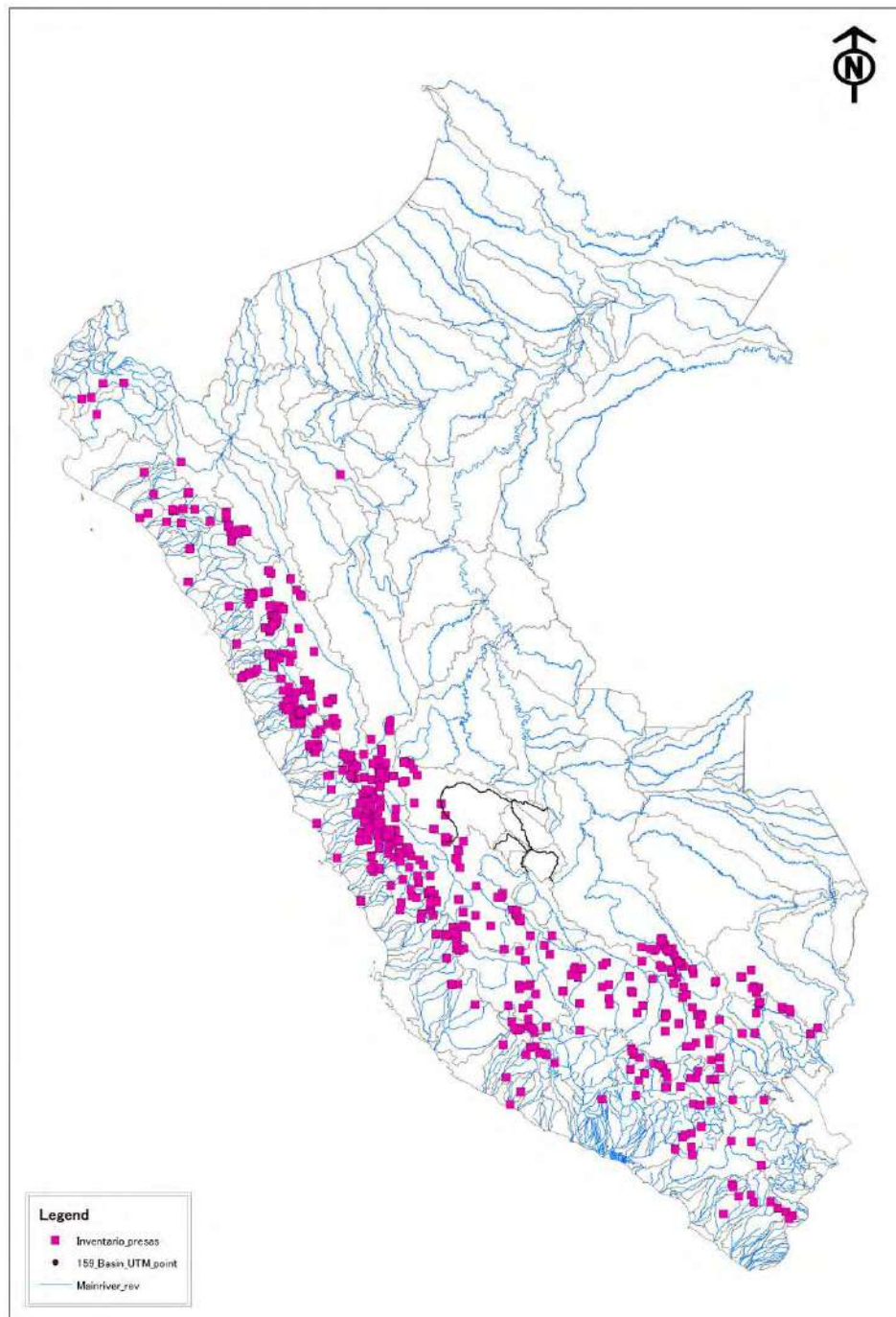


Figura 2.1.5 Ubicación de las represas y embalses

(5) Estadística socioeconómica (distribución de la población, distribución de activos, plan de ordenamiento territorial, etc.)

Respecto a la distribución de la población se aprovecharán los datos de distribución de la población de Landscan que vende la empresa japonesa Pacific Vision Corp. Los datos de Landscan son datos de distribución de la población mundial elaborados por el Laboratorio Nacional Oak Ridge (ORNL en sus siglas en inglés), que es una entidad subordinada del Departamento de Energía de los Estados Unidos, utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG) y la tecnología de teledetección más avanzadas. Su resolución espacial de aproximadamente 1km es minuciosa y se pueden montar fácilmente con un software para SIG. Como los datos de Landscan son adecuados para utilizarlos en el presente estudio a la hora de evaluar la vulnerabilidad ante desastres provocados por agua y captar las características de cada cuenca en la tipificación, se adoptarán como datos básicos del análisis.

Asimismo, se pueden utilizar gratuitamente los datos de distribución de la población y de distribución de activos de 2013 según los departamentos publicados en la página web del INEI (<https://www.inei.gob.pe/>), por lo que también se aprovecharán en el presente estudio.

La Tabla 2.1.12 muestra el resumen de los datos socioeconómicos arriba mencionados y cómo aprovecharlos en el presente estudio.

Tabla 2.1.12 Resumen de los datos socioeconómicos recopilados

Detalle de los datos	Organización donde se recopilaron los datos	Método de aprovechamiento en el presente estudio	Fuente
Datos de Landscan sobre la distribución de la población de 2013	Pacific Vision Corp.	Ordenar datos como datos de población y densidad demográfica según las cuencas y utilizarlos para la evaluación de la vulnerabilidad y la tipificación	-
Datos de población de 2013 según los departamentos	INEI	Utilizar para verificar la pertinencia de los datos de Landscan arriba mencionados.	https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1253/compendio2015.html
Datos de PBI de 2013 según los departamentos		Ordenar datos como PBI y PBI per cápita según las cuencas y utilizarlos para la evaluación de la vulnerabilidad y la tipificación	

Por otra parte, respecto al uso de suelos, la ANA ofreció datos de la cobertura de tierra en la segunda etapa de estudio en el Perú que comenzó a partir de agosto. Con estos datos es posible captar la distribución de zonas urbanas y campos agrícolas en las cuencas objeto del estudio, por lo cual se aprovecharán para la elaboración y evaluación del proyecto de prevención de inundaciones que se describirá más adelante.

2.2 Información sobre el crédito stand-by y sobre la gestión de cuencas realizada hasta ahora

2.2.1 Resumen de la opción de desembolso diferido ante catástrofes (CAT DDO, por sus siglas en inglés) aplicada hasta la fecha

En esta sección se entrega un resumen sobre dos proyectos de opción de desembolso diferido ante catástrofes (CATDDO) ofrecidos por el Banco Mundial al Perú relacionados con el presente Estudio.

(1) Préstamo de Política de Desarrollo para la Gestión del Riesgo de Desastres (DPL) con Opción de Desembolso Diferido (CATDDO) (En lo sucesivo referido como "DRM-DPL-CATDDO")

(a) Resumen

Estos préstamos para las políticas de desarrollo han sido propuestos y concertados con el Perú con el objetivo de fortalecer las capacidades gubernamentales en términos de recursos financieros, equipos y materiales y recursos humanos orientadas a reducir los riesgos de desastres. En la Tabla 2.2.1 se presenta el resumen al respecto.

Tabla 2.2.1 Resumen del DRM-DPL-CATDDO del Banco Mundial

Variables	Detalles	Observaciones
Fecha de aprobación	Diciembre de 2010	
Inicio del ejercicio del préstamo	Enero de 2011	
Plazo inicial del préstamo	Diciembre de 2013	
Plazo actual del préstamo	Diciembre de 2016	Prórroga de tres años Prorrogable hasta cuatro veces (un máximo de 15 años)
Monto del préstamo	US\$ 100 millones	Sin desembolso al mes de agosto de 2016
Comisiones de anticipo	0.5%	

Fuente: Documentos relacionados con los préstamos del Banco Mundial
(<http://projects.worldbank.org/P120860/catastrophe-development-policy-loan-ddo?lang=en&tab=documents&subTab=projectDocuments>)

(b) Matriz de Políticas

La aplicación de los recursos y la prórroga de este préstamo, por ser un préstamo para la política de desarrollo, están atadas a una serie de condiciones para el cumplimiento de los objetivos de reducir los riesgos de desastres, que el gobierno peruano debe asumir. Estas condiciones están incluidas en el documento del proyecto como "matriz de políticas". En la Tabla 2.2.2 se presenta la matriz de este DRM-DPL-CATDDO.

Tabla 2.2.2 Matriz de políticas de DRM-DPL-CATDDO del Banco Mundial (inicial)

Objetivo de desarrollo	Esfera de política	Medidas anteriores (inicialmente)	Principales resultados a septiembre de 2013
Fortalecer la capacidad del gobierno para movilizar recursos en casos de desastres y para promover la reducción de riesgos.	Políticas de reducción de riesgos en las inversiones públicas	El MEF aprobó un Programa Presupuestal Estratégico de Reducción de Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres (PPE-RVAE)	En el Presupuesto Nacional (2012 y 2013), se incluye una partida presupuestaria específica para el PPE-RVAE
	Medidas de reducción de la vulnerabilidad en los sectores prioritarios del Gobierno de Perú	El Ministerio de Salud aprobó la política de mantenimiento de operatividad de los hospitales en desastres	Terminación de por lo menos el 20% de los estudios de vulnerabilidad estructural de los hospitales del MINSA que reúnen las condiciones para su renovación. Base: un estudio de vulnerabilidad estructural de hospitales en 2010
			Evaluación del 90% de los hospitales del MINSA con el índice de seguridad hospitalaria. Base: el 12% de los hospitales (ocho en total) con el índice de seguridad hospitalaria en 2010
		Aprobación de la Política Nacional de Hospitales Seguros ante Desastres del Ministerio de Salud (MINSA) en 2010	Inclusión del análisis de riesgos en la etapa de formulación de todos los PIP de nuevos hospitales construidos después de 2011. Base: sin documentar en 2010
		El Consejo Directivo de la SUNASS aprobó en 2010 una resolución en el marco del Reglamento de Calidad de la Prestación de los Servicios de Saneamiento, en la que se establecen medidas especiales para situaciones de emergencia.	Adopción, por parte de al menos cuatro empresas prestadoras de servicio (EPS) de agua y saneamiento, de las directrices técnicas estándar formuladas por la SUNASS para incorporar la gestión de riesgos de desastres en su marco de administración. Base: 0 EPS en 2010
	Mecanismos de protección financiera contra los desastres resultantes de los eventos naturales	El Congreso sancionó la Ley de Endeudamiento del Sector Público que permite al MEF empezar a establecer sus mecanismos de protección financiera contra desastres.	El MEF movilizó un conjunto de instrumentos financieros para reaccionar mejor ante los desastres y reducir el impacto financiero de estos
			El MEF revisó su marco actual para la realización de inversiones públicas después de los desastres

Notas: PRERVAE: Programa Presupuestal Estratégico de Reducción de Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres

MINSA: Ministerio de Salud del Perú

SUNASS: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento

EPS: Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento

Fuente: Documentos relacionados con los préstamos del Banco Mundial

(<http://projects.worldbank.org/P120860/catastrophe-development-policy-loan-ddo?lang=en&tab=documents&subTab=projectDocuments>)

(c) Revisión de la Matriz de Políticas

El Informe del Estado y Resultados de Implementación al mes de agosto de 2016 referente a este Préstamo está publicado en la Página Web del Banco Mundial. En la Tabla 2.2.3 se resumen los resultados de la revisión según dicho documento.

Tabla 2.2.3 Revisión de la Matriz de Políticas de DRM-DPL-CATDDO del Banco Mundial

Objetivos de las acciones	Resultados		
	Línea de base (2010)	Año precedente (2015)	Año en curso (2016)
Asignación del presupuesto para PRERVAE	54.40	1000	2095
	<p>Observaciones: El resultado esperado clave para el mes de septiembre de 2013 ha sido alcanzado: La asignación del presupuesto fue de: S./54.4m (2011), S./138.9m (2012), S./708.7m (2013).</p> <p>Avances a la fecha: Para el año 2016 el presupuesto asignado ha sido de S/ 2,095m. Adicionalmente, fueron asignados S/1,407m a los tres niveles del gobierno (nacional, regional y local) para las actividades orientadas a responder a los impactos de El Niño, de los cuales el 83% fue desembolsado de PP068. Las metas para este indicador han sido cumplidas.</p>		
Protección financiera contra desastres	Guía de ejecución de los proyectos de emergencia del SNIP	Aprobación de la Estrategia de Gestión Financiera del Riesgo de Desastres Presentación oficial de la Estrategia en 2016	En espera de la aprobación por el MEF del proyecto de Estrategia de Gestión Financiera del Riesgo de Desastres
	<p>Meta final: El MEF formula la Estrategia de Gestión Financiera del Riesgo de Desastres que será entregada a PCM bajo el marco de SINAGERD³</p> <p>Observaciones: El resultado esperado clave para el mes de septiembre de 2013 ha sido alcanzado creándose la Dirección de Gestión de Riesgos. Los préstamos de contingencia en preparación incluyen CAF de US\$300m. El resultado esperado clave para finales de 2016 es: El MEF formula la Estrategia de Gestión Financiera del Riesgo de Desastres que será entregada a PCM bajo el marco de SINAGERD. (Coordinación: MEF-DGETP) Avances a la fecha: La Estrategia de Gestión Financiera del Riesgo de Desastres ha sido aprobado por el Comité de Riesgos del MEF en 2014. La versión final a ser socializada ha sido sometida a la aprobación del MEF. Se espera que sea presentada oficialmente la Estrategia a SINAGERD en 2016. La meta para este indicador ha sido alcanzada.</p>		
Guía de técnicas normalizadas de agua y saneamiento	0	-	-
	<p>Observaciones: El resultado esperado clave para el mes de septiembre de 2013 ha sido alcanzado, y dos EPS integraron los planes de GRD en sus marcos empresariales y otras tres EPS adoptaron el plan de GRD mediante la resolución de la Junta Directiva. El resultado esperado clave para finales de 2016 es: El Plan Nacional de Agua y Saneamiento 2014-2021 incluye las políticas de reducción de riesgos de desastres. Avances a la fecha: Una propuesta para el Plan Nacional de Saneamiento que incluye la GRD en su sección del componente de diagnóstico está en espera de ser aprobada a través del Decreto Supremo en 2016. La meta para este indicador no ha sido alcanzada todavía, pero se espera que el Plan sea aprobado en julio de 2016. En cuanto a las empresas prestadoras de servicios de agua y saneamiento (EPS) con el apoyo del SUNASS incluyeron aumentos en su estructura tarifaria para destinar parte de los recursos a la GRD, y crearon el fondo de contingencia para la GRD que ha sido desembolsado de sus recursos propios. 17 empresas implementaron su nueva estructura. La meta para este indicador ha sido alcanzada.</p>		

³ SINAGERD: Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres

Objetivos de las acciones	Resultados		
	Línea de base (2010)	Año precedente (2015)	Año en curso (2016)
Guías sectoriales para la rehabilitación post desastre	El SNIP elabora la guía para los proyectos de emergencia	La guía sectorial para agua y saneamiento para la rehabilitación post desastre está siendo revisada.	Aprobación de la guía.
	Meta final: El MEF elabora las guías sectoriales para la rehabilitación post desastre de las infraestructuras en tres sectores: agua y saneamiento, educación y salud		
	El resultado esperado clave para el mes de septiembre de 2013 ha sido: El MEF revisa el marco actual para la implementación de las inversiones públicas post desastre. Este resultado esperado ha sido alcanzado, y el MEF elaboró las guías para el perfil de los proyectos de reconstrucción bajo el marco de SNIP (Anexo 17, Resolución Directiva 008-2012-EF/63.01). El resultado esperado clave para finales de 2016 es: El MEF elabora las guías sectoriales para la rehabilitación post desastre de las infraestructuras en tres sectores: Agua y saneamiento, educación y salud Avances a la fecha: La guía del sector de agua y saneamiento para la rehabilitación post desastre está bajo revisión a manera de armonizar con las guías generales del SNIP que incluye las consideraciones de GRD aprobadas el 23 de enero de 2015 (Resolución Directiva del MEF 001-2015-EF/63.01). (Coordinación MEF-DGPI). Debido a la decisión política, las guías de los sectores de educación y de salud no serán elaboradas. La meta para este indicador, por lo tanto, ha sido alcanzada parcialmente.		
Terminación de los estudios de la vulnerabilidad estructural de los hospitales de MINSA	0	14	14
	Observaciones: El resultado esperado clave para el mes de septiembre de 2013 ha sido: Terminar al menos el 20 % de los estudios de la vulnerabilidad estructural de los hospitales del MINSA para su adaptación. El avance hasta el mes de septiembre de 2013 es el siguiente: se iniciaron 14 estudios de la vulnerabilidad estructural, que representan el 30 % de los hospitales del MINSA. El resultado esperado clave para finales de 2016 es: Se habrán iniciado los trabajos de adaptación en al menos cinco hospitales para las que se terminó de ejecutar el estudio de vulnerabilidad estructural (coordinación MINSA y MEF-DGPI). Avances a la fecha: No se ha tenido ningún avance en este indicador relacionado con el comienzo de los trabajos de adaptación para los hospitales para las que se concluyeron los estudios de vulnerabilidad estructural. El avance desde 2013 ha sido muy limitado y ésta es la segunda vez después de la renovación en que este indicador no ha sido alcanzado.		
Evaluación de los hospitales del MINSA con el Índice de Seguridad Hospitalaria	12	91	91
	Observaciones: El resultado esperado clave para el mes de septiembre de 2013 ha sido alcanzado: El 91% (46 unidades) de los hospitales e institutos fue evaluado. Por lo tanto, este resultado esperado ha sido alcanzado. No se ha definido una nueva meta en esta línea de acción.		
Ejecución del análisis de riesgos en todos los proyectos de construcción de nuevos hospitales	0	Ejecución del análisis de riesgos en los tres nuevos hospitales	Ejecución del análisis de riesgos en los tres nuevos hospitales
	Observaciones: No ha sido desarrollado ningún proyecto nuevo después de 2011. El resultado esperado clave para finales de 2016 ha sido mantenido igual: Todos los PIPs para los nuevos hospitales construidos después de 2011 incluyen el análisis de riesgos en la fase de formulación (Coordinación: MINSA) Avances a la fecha: Ningún avance adicional desde el último informe ISR.		

Fuente: Documentos relacionados con los préstamos del Banco Mundial
(<http://projects.worldbank.org/P120860/catastrophe-development-policy-loan-ddo?lang=en&tab=documents&subTab=projectDocuments>)

(2) Segundo Préstamo de Política de Desarrollo para la Gestión del Riesgo de Desastres (DPL) con Opción de Desembolso Diferido (CATDDO) (En lo sucesivo referido como el "Segundo DRM-DPL-CATDDO")

(a) Resumen

Este Préstamo de Política de Desarrollo ha sido firmado con la finalidad de fortalecer el DRM-DPL-CATDDO antes mencionado, y ha sido formulado con base en las lecciones aprendidas a través del monitoreo del DRM-DPL-CATDDO. Su matriz de políticas ha sido elaborada con base en el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) y Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (PLANAGERD) En la Tabla 2.2.4 se presenta el resumen sobre este Préstamo.

Tabla 2.2.4 Resumen del Segundo DRM-DPL-CATDDO del Banco Mundial

Variables	Detalles	Observaciones
Fecha de aprobación	Marzo de 2015	
Inicio del ejercicio del préstamo	Julio de 2015	
Plazo inicial del préstamo	Marzo de 2018	Prorrogable hasta cuatro veces cada tres años
Monto del préstamo	US\$ 400 millones	Sin desembolso al mes de marzo de 2016
Comisiones de anticipo	0.5%	

Fuente: Documentos relacionados con los préstamos del Banco Mundial
(<http://projects.worldbank.org/P149831/?lang=en&tab=documents&subTab=projectDocuments>)

(b) Matriz de políticas

El objetivo de este Préstamo es fortalecer el marco legal e institucional para contribuir a la reducción de la vulnerabilidad fiscal y física ante los desastres, y se elaboró la matriz de políticas para alcanzar este objetivo. La matriz de políticas divide el objetivo del Préstamo en tres pilares operativos y establece las metas de las cinco actividades relacionadas (target) que contribuyen a cada uno de los pilares.

En la Tabla 2.2.5 se presenta la matriz de este Segundo DRM-DPL-CATDDO.

Tabla 2.2.5 Matriz de políticas del Segundo DRM-DPL-CATDDO del Banco Mundial (inicial)

Pilar / Objetivo	Acciones relacionadas (target)	Indicadores a ser cumplidos para 2018
Pilar-1: Mejorar la eficiencia en las asignaciones de los recursos públicos para la gestión de riesgos de desastres (GRD)		
Las reformas en esta esfera de políticas se enfocan al fortalecimiento de los mecanismos para la implementación del PLANAGERD en todos los niveles administrativos.	Acción anterior 1: Fortalecimiento de los mecanismos financieros para la implementación del PLANAGERD del Gobierno del Perú (a) Integración del programa presupuestal vigente en el nuevo marco político de GRD; e (b) inclusión de la información de riesgos de desastres en los planes de desarrollo regional Coordinación: PCM y CENEPRED	(a) Número de programas incluidos en el PLANAGERD que fueron implementados. (b) Número de gobiernos regionales que aprobaron los planes regionales para la prevención y reducción de desastres
Pilar 2: Fortalecimiento de las políticas de reducción de vulnerabilidad en las infraestructuras de los sectores de educación, viviendas y de protección contra inundaciones.		

Pilar / Objetivo	Acciones relacionadas (target)	Indicadores a ser cumplidos para 2018
Fortalecimiento de la capacidad del sector educativo para la implementación de las políticas para la reducción del riesgo de desastres	Acción anterior 2: El Gobierno del Perú integra las consideraciones de reducción de riesgos sísmicos para las infraestructuras existentes y nuevas en el Programa Nacional de Infraestructura Escolar (PRONIED).	Número o porcentaje de los estudios realizados para la reducción de riesgos sísmicos en las infraestructuras escolares de Lima Metropolitana como uno de los productos de la ejecución de PRONIED.
Fortalecimiento de la capacidad del sector de viviendas para apoyar la reducción de la vulnerabilidad sísmica en las viviendas del estrato de bajo ingreso.	Acción anterior 3: El Gobierno del Perú ha establecido el mecanismo financiero para un programa piloto para reducir la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del estrato económicamente desfavorecido.	Porcentaje de los hogares económicamente desfavorecidos cubiertos por la Donación para la Protección de Viviendas Vulnerables a los Riesgos Sísmicos
Fortalecimiento de la capacidad institucional para definir e implementar las políticas de protección contra las inundaciones.	Acción anterior 4: El Gobierno del Perú ha tomado las medidas para mejorar el diseño de los programas de protección contra las inundaciones a nivel nacional y subnacional (a) Expansión de las responsabilidades de la ANA para ejecutar los estudios hidráulicos que apoyan el diseño de los programas regionales y locales de protección contra las inundaciones (b) Definición de las normas mínimas especificadas para la preparación de los estudios de preinversión para los proyectos de inversión pública de protección contra las inundaciones bajo el marco del SNIP	Número de estudios aprobados para la prevención de riesgos de inundaciones en las cuencas [Línea de base 2014: 0 ⇒ Meta 2018: 4]
Pilar 3: Fortalecimiento de la capacidad gubernamental para la rehabilitación y reconstrucción post desastre		
Fortalecimiento de la capacidad institucional para la planificación e implementación efectiva de los procesos de rehabilitación y reconstrucción y garantía de la continuidad operativa del gobierno.	Acción anterior 5: El Gobierno del Perú ha tomado las medidas para mejorar los procesos de rehabilitación y reconstrucción post desastre (a) Establecimiento del marco regulatorio e institucional para la reconstrucción (b) Construcción del mecanismo de coordinación interna del MEF para el proceso de rehabilitación y reconstrucción financiera	(a) Número de sectores del gobierno nacional que aprobaron las guías sectoriales para el proceso de reconstrucción post desastre (b) Número de organismos e instituciones gubernamentales nacionales que aprobaron los planes de continuidad operativa en el caso de desastres (c) Número de políticas y procedimientos para el financiamiento de los procesos de rehabilitación y reconstrucción post desastre

Nota: PLANAGERD: plan nacional de gestión del riesgo de desastres

PCM: Presidencia del Consejo de Ministros

Fuente: Documentos relacionados con los préstamos del Banco Mundial

(<http://projects.worldbank.org/P149831/?lang=en&tab=documents&subTab=projectDocuments>)

(c) Revisión de la Matriz de políticas

Como se indicó anteriormente, el plazo del Préstamo vence en 2018, por lo que todavía no se tienen los resultados finales de los indicadores de acciones. En todo caso, en la Tabla 2.2.6 se presenta el avance en el cumplimiento de cada indicador, al mes de marzo de 2016, de acuerdo con el Informe del Estado y Resultados de Implementación del Banco Mundial.

Tabla 2.2.6 Estado de cumplimiento de la Matriz de Políticas del Segundo DRM-DPL-CATDDO del Banco Mundial

Indicadores meta	Meta final (2018)	Indicadores cumplidos al mes de marzo de 2016
Programación presupuestal para la implementación del PLANAGERD	Sin información	Sin información
Número de los gobiernos regionales que aprobaron los planes regionales para la prevención y reducción de riesgos de desastres	15/25	0/25
Número de reducción de riesgos sísmicos en las infraestructuras escolares en Lima Metropolitana	Reducción del 10 % en comparación con 2015 (Indicador de riesgos RI en 2015 = 20.3)	Se logró reducir 3.2 %
Número de los hogares económicamente desfavorecidos cubiertos por la Donación para la Protección de Viviendas Vulnerables a los Riesgos Sísmicos	80% de los 8,303 hogares elegibles	15%
Número de estudios aprobados para la prevención y mitigación de los riesgos de inundaciones en cuencas	4	0
Número de sectores que aprobaron las guías sectoriales para el proceso de reconstrucción post desastre	6	0
Número de organismos e instituciones gubernamentales nacionales que aprobaron los planes de continuidad operativa en el caso de desastres	37	7
Políticas y procedimientos para financiar los procesos de rehabilitación y reconstrucción post desastre	Manual de Operación aprobado	En discusión sobre el perfil del Manual en torno al MEF

Fuente: Banco Mundial "Implementation Status & Results Report, Sequence 03" (marzo de 2016)
(<http://projects.worldbank.org/P149831/?lang=en&tab=documents&subTab=projectDocuments>)

2.2.2 Resumen del Proyecto de Modernización de la Gestión de Recursos Hídricos de Perú

Como el proyecto que se relaciona con el presente Estudio y que se implementa por el Banco Mundial a través de la ANA se menciona el Proyecto de Modernización de la Gestión de Recursos Hídricos del Perú. Ya se concluyó la fase inicial y actualmente está en preparativos el subsiguiente proyecto. A continuación se presenta el resumen de estos dos proyectos de modernización de la gestión de recursos hídricos.

(1) Proyecto de Modernización de la Gestión de Recursos Hídricos del Perú - Fase 1 (en lo sucesivo referido como el primer PMGRH)

En la Tabla 2.2.7 se presenta el resumen del Primer PMGRH.

Tabla 2.2.7 Resumen del Proyecto de Modernización de la Gestión de Recursos Hídricos del Perú - Fase 1

Variables	Detalles	Plan inicial	Real	Observaciones
Costos del Proyecto	Total	Total: US\$ 23.67 millones BIRF: US\$ 10 millones	Total: US\$ 21.80 millones BIRF: US\$ 9.89 millones ANA: US\$ 11.91 millones	
	Componente-1	Total: US\$ 6.62 M BIRF: US\$ 3.03 M	Total: US\$ 8.43 millones	
	Componente-2	Total: US\$ 17.05 M BIRF: US\$ 6.97 M	Total: US\$ 13.37 M	
Objetivo del Proyecto	Componente-1	Fortalecimiento del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos (SNGRH)		
		1-1. Fortalecimiento de la capacidad de gestión de recursos hídricos de la ANA 1-2. Construcción del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos 1-3. Elaborar la Estrategia Nacional de Gestión de Recursos Hídricos	En tres cuencas 8 limnímetros automáticos, 6 estaciones hidrometeorológicas automáticas, 14 dispositivo de observación meteorológica automática	
	Componente-2	Creación de las organizaciones de gestión de cuencas (CC y AAA) Elaboración de los planes de gestión de recursos hídricos		
		2-1. Ejecución de la GIRH participativa	Tres cuencas piloto seleccionadas	
	2-2. Desarrollo de la base para la formulación de los planes de gestión de recursos hídricos (en discusión)	Cuatro cuencas seleccionadas		
Tres cuencas piloto seleccionadas	Chili Ica-Alto Pampa (Huancavelica) Chancay-Lambayeque	Chili Chancay-Huaral Chancay-Lambayeque	Principales cuencas La acción 2-1 casi cumplida.	
Cuatro cuencas piloto seleccionadas	Puyongo-Tumbes Jequetepeque Chancay-Huaral Moquega-Tambo	Puyongo-Tumbes Jequetepeque Ica-Alto Pampa (Huancavelica) Moquega-Tambo	Cuencas secundarias La acción 2-2 está casi completada.	
Otras cuencas asistidas por el Proyecto	-	Vilcanota-Urubamba Mantaro Alto Mayo Alto Pampa Chillón-Rímac-Lurín	Asistencia dirigida principalmente al Componente 2	

Fuente: Banco Mundial "Implementation Completion and Results Report" (al 30 de junio de 2016)

(2) Proyecto de Modernización de la Gestión de Recursos Hídricos del Perú - Fase 2 (en lo sucesivo referido como el segundo PMGRH)

El proyecto consiste en replicar las acciones de PMGRH de la Fase 1 en otras cuencas. Actualmente se está tramitando la obtención del préstamo.

En la Tabla 2.2.8 se presenta el resumen del segundo PMGRH.

Tabla 2.2.8 Resumen del Proyecto de Modernización de la Gestión de Recursos Hídricos del Perú - Fase 2

Variables	Contenido	Observaciones
Proyecto	Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Diez Cuencas del Perú	
Fecha esperada de aprobación	06/04/2017	
Organismos ejecutores	Autoridad Nacional del Agua del Ministerio de Agricultura y Riego (ANA)	
Costo del Proyecto	Total: US\$ 88.15 millones (ANA: 48.15 BIRF: 40.0)	
Componentes	(1) Consolidación de la capacidad en GIRH a nivel nacional; (2) mejoramiento de la capacidad en GIRH a nivel de cuencas; y (3) administración general del proyecto	
Cuencas seleccionadas	Vertiente del océano Pacífico: Chancay-Lambayeque, Chancay-Huaral, Quilca-Chili, Tumbes, Chira-Piura, and Locumba-Sama-Caplina	Seis cuencas: Se incluye la construcción del sistema de alerta temprana
	Vertiente del océano Atlántico Alto Mayo, Mantaro, Urubamba-Vilcanota, and Pampas	Cuatro cuencas: Alto-Mayo es parte de la cuenca Huallaga

Fuente: Banco Mundial "Combined Project Information Sheet" (Al 23 de febrero de 2017)

<http://documents.worldbank.org/curated/en/451481488299310300/pdf/ITM00194-P151851-02-28-2017-1488299307981.pdf>

2.3 Recopilación de información del presente Estudio

En el Anexo 1-6 se entrega una lista de los materiales recopilados en el Perú a través del presente Estudio.

Capítulo 3 Selección de las cuencas prioritarias

3.1 Lineamientos de la selección de las cuencas prioritarias

3.1.1 Lineamientos básicos de la selección

Los desastres relacionados con el agua son causados no sólo por factores meteorológicos (precipitación, tifón, etc.), sino también por otros factores múltiples tales como factores topográficos (altura del suelo, pendiente media de la cuenca, etc.) y factores socioeconómicos (población, activo económico, etc.). En lo que respecta a la selección de las cuencas hidrográficas para las cuales medidas prioritarias de mitigación de las inundaciones son necesarias, es esencial evaluar adecuadamente el riesgo de desastres relacionados con el agua en cada cuenca de río teniendo en cuenta de manera exhaustiva los factores anteriores. El riesgo de desastres causados por el agua se define por la siguiente fórmula 3. (1).

Riesgo de Desastre de Agua =

Peligro de Desastre de Agua × Vulnerabilidad de Desastre de Agua Fórmula 3. (1)

Las definiciones de "peligro", "vulnerabilidad" y "riesgo" mencionadas en la fórmula 3 (1) anterior, son resumidas en la siguiente Tabla 3.1.1 respectivamente, de acuerdo con la legislación nacional en Perú (Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre).

Tabla 3.1.1 Definición del “peligro”, de la “vulnerabilidad” y “del riesgo”

Denominación	Definición
Peligro:	Probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos
Vulnerabilidad:	Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza
Riesgo de desastre:	Es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro

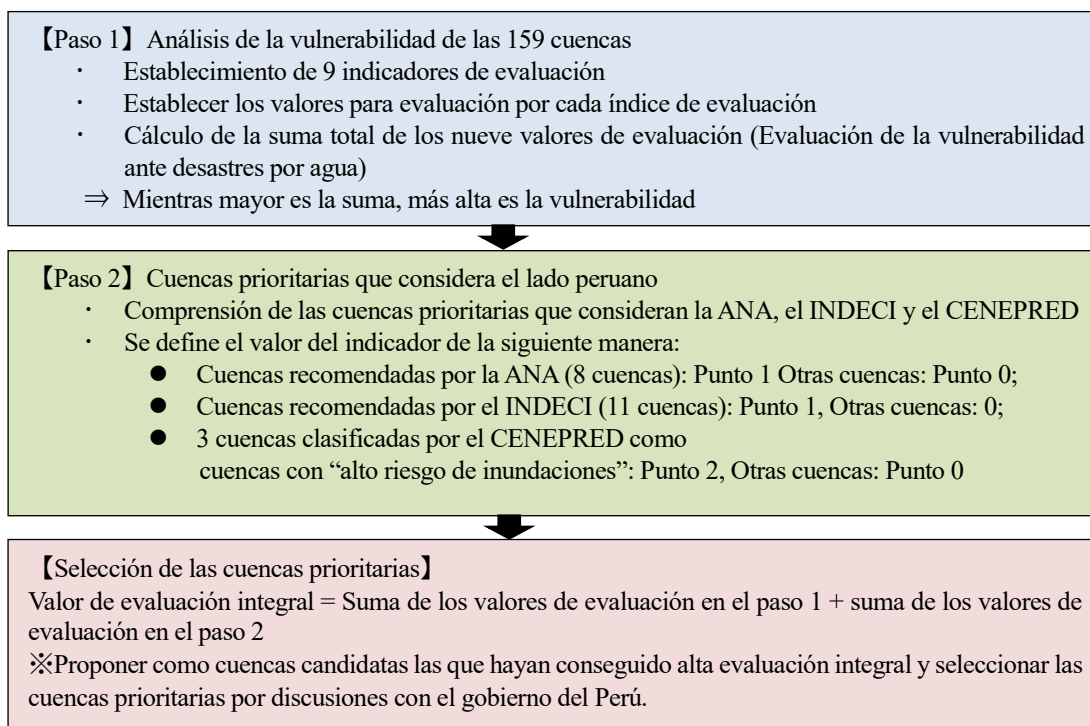
Fuente: SINAGERD

En el presente Estudio, el peligro de daños causados por el agua debe ser confirmado en base a los registros de inundaciones existentes así como junto con los resultados del análisis de las inundaciones (extensión, profundidad y duración de la inundación), las cuales son explicadas en el capítulo posterior y la vulnerabilidad de cada cuenca de río son asesoradas basándose en datos estadísticos existentes y otros datos mundiales disponibles en los que la población y los bienes son incluídos.

Para la selección de las cuencas prioritarias, en primer lugar, la evaluación de la vulnerabilidad cuyo procedimiento se mostrará de la subsección siguiente, junto con el resultado del análisis de riesgo de desastres realizado en Perú, es considerada para especificar las "cuencas candidatas". Luego, mediante la confirmación de la situación de inundación de cada cuenca de río basada en los resultados del análisis de inundaciones, las cuencas prioritarias son finalmente seleccionadas.

3.1.2 Lineamientos de la ejecución de la selección

Para elegir las "cuencas candidatas" para las cuencas de prioridad final, la evaluación se lleva a cabo en los 2 pasos indicados en la siguiente Figura 3.1.1 y las cuencas de los ríos que han obtenido mayor puntaje de evaluación a lo largo de los pasos 1 y 2 son propuestas como cuencas candidatas. Las cuencas de prioridad final serán elegidas a través de la consulta con la JICA y la ANA teniendo también en cuenta el resultado del análisis de inundaciones.



Fuente: Figura elaborada por el Equipo de Estudio

Figura 3.1.1 Procedimiento de selección de las cuencas candidatas (borrador)

A continuación en los siguientes apartados 3.2 a 3.5 se describirá detalladamente el procedimiento de la figura de arriba y sus resultados.

3.2 Análisis de la vulnerabilidad ante desastres provocados por agua (Paso 1)

3.2.1 Método para calcular la vulnerabilidad ante desastres provocados por agua (Paso 1)

En el presente Estudio, la vulnerabilidad es evaluada aprovechando al máximo los datos existentes. También se utiliza como referencia el Índice de Vulnerabilidad de Inundaciones (FVI por sus siglas en inglés)⁴, que es el indicador desarrollado por el Instituto Nacional para la Gestión de Tierras e Infraestructura (NILIM por sus siglas en inglés) de Japón para evaluar la vulnerabilidad de inundaciones de cuenca de río. Los factores que son utilizados como indicadores (meteorológicos, hidrogeográficos, socioeconómicos) son extraídos de los datos recopilados y son introducidos como indicadores de vulnerabilidad. Además, el método de puntuación es aplicado a los indicadores elegidos con el fin de realizar evaluaciones cuantitativas y para

⁴ Koichiro Umemura etc., Construcción del índice de Vulnerabilidad de Inundaciones (valor de estimación primaria de FVI), 59^a Conferencia Científica Anual de la Sociedad Japonesa de Ingenieros Civiles, septiembre de 2004

clasificar fácilmente las cuencas por grados. Finalmente, el puntaje total de evaluación de cada cuenca de río es calculado y basado en el puntaje, la vulnerabilidad de cada cuenca es clasificada.

La Tabla 3.2.2 muestra los indicadores de evaluación y las razones por las cuales fueron elegidos. Como se puede observar en la tabla, como consecuencia, se emplean 9 indicadores para la evaluación de la vulnerabilidad.

Además, los datos en la siguiente Tabla 3.2.1, que están relacionados con los 9 indicadores anteriores, se adjuntan ordenadamente en el Anexo 3-1.

Tabla 3.2.1 Figuras relacionadas con indicadores de evaluación adjuntadas al presente informe como Apéndice 3-1

Título de la figura	Número del documento adjunto
Precipitación anual media	Figura: Apéndice 3-1.1
Número de casos de daños por inundaciones desde 2003 hasta 2015	Figura: Apéndice 3-1.2
Número de damnificados por inundaciones pasadas	Figura: Apéndice 3-1.3
PBI (Agricultura, silvicultura y pesca)	Figura: Apéndice 3-1.4
PBI (Minería)	Figura: Apéndice 3-1.5
PBI (Electricidad, gas, fabricación, construcción)	Figura: Apéndice 3-1.6
PBI (Transporte, telecomunicaciones, servicios)	Figura: Apéndice 3-1.7
Población	Figura: Apéndice 3-1.8
Ubicación de las principales ciudades	Figura: Apéndice 3-1.9

Fuente: Equipo de Estudio

Tabla 3.2.2 Indicadores de evaluación de la vulnerabilidad

Concepto general	Razón por la que se escogió el indicador	Indicador de evaluación		Fuente de los datos
		Nº	Detalle	
Historia de desastres provocados por el agua	Las zonas que sufrieron muchos desastres provocados por agua en el pasado pueden juzgarse como zonas de alto riesgo de desastres y alta vulnerabilidad.	1	Número de casos informados de inundaciones en el pasado por municipalidades	Inventario de desastres del INDECI (2003~2015)
		2	Número de damnificados por inundaciones en el pasado	ANA (2014 survey result*1)
Actividades Económicas	En el área donde prosperan las actividades económicas, hay muchos recursos que están expuestos a amenazas naturales. Por lo tanto, se considera que el área tiene mayor vulnerabilidad.	3	PBI*2 (Agricultura, silvicultura y pesca)	Departamento PBI por el INEI (2013) y Distribución a Cuencas de Ríos por el Equipo de Estudio.
		4	PBI (Minería)	
		5	PBI (Electricidad, gas, fabricación, construcción)	
		6	PBI (Transporte, telecomunicaciones, servicios)	
Población y su Distribución	En el área donde se ubican las ciudades principales, o la población es densa, hay muchas actividades humanas que están expuestas a amenazas naturales. Por lo tanto, se considera que el área tiene mayor vulnerabilidad.	7	Población	Datos del CENSO del INEI
		8	Densidad demográfica	
		9	Principales ciudades	CEPLAN (Plan Bicentenario/El Perú hacia el 2021)

*1 : IDENTIFICACIÓN DE POBLACIONES VULNERABLES POR ACTIVACIÓN DE QUEBRADAS

*2 : Producto Bruto Interno por Departamentos 2007-2013, INEI

Fuente: Equipo de Estudio

3.2.2 Definición del valor de evaluación de cada indicador de evaluación (Paso 1)

Para evaluar la vulnerabilidad de 159 cuencas de río cuantitativamente, se asigna valor de evaluación para cada indicador (9 indicadores como se muestra en la Tabla 3.2.2) y la suma es calculada como el valor de

evaluación de la vulnerabilidad total. Se prevé que cuanto mayor sea el valor total, mayor será el riesgo / vulnerabilidad de la cuenca a desastres relacionados con el agua.

Valor total de evaluación de la vulnerabilidad =

Suma de valores de los indicadores de evaluación 1 a 9 · · · · Fórmula 3. (2)

(1) Definición y método de cálculo del valor de evaluación de cada indicador de evaluación

Como se ha mencionado arriba, se definieron los valores de evaluación para los 9 indicadores, los cuales están señalados en la Tabla 3.2.2.

Excepto el indicador No.9, se calculó el valor de los indicadores 1 a 8.

- Las 40 primeras cuencas mejor clasificadas: 4
- Las 80 primeras cuencas: 3
- Las 120 primeras cuencas: 2
- Cuencas inferiores a 120: 0

Asimismo, en cuanto al indicador No.9, se estableció que el valor de evaluación de las cuencas que contienen las principales ciudades era 4 y el valor de otras cuencas era 0.

Tabla 3.2.3 Valor de evaluación de cada indicador

Concepto	Indicador		Valor del indicador		
	Nº	Detalle del indicador	Puntuación	Criterios	
Historia de desastres provocados por el agua	1	Número de casos de inundaciones en el pasado	4	Número de casos de inundaciones: 479 a 22	Clasificación: 1º a 40º
			3	Número de casos de inundaciones: 21 a 6	Clasificación: 41º a 80º
			2	Número de casos de inundaciones: 5 a 1	Clasificación: 81º a 120º
			1	Número de casos de inundaciones: 0	Clasificación: 121º a 159º
	2	Número de damnificados por inundaciones en el pasado	4	Número de personas afectadas: 3 605 575 a 74,175	Clasificación: 1º a 40º
			3	Número de personas afectadas: 73,975 a 22,500	Clasificación: 41º a 80º
			2	Número de personas afectadas: 22,250 a 3 000	Clasificación: 81º a 120º
			1	Número de personas afectadas: 2 600 o menos	Clasificación: 121º a 159º
Actividades Económicas	3	PBI* ¹ (Agricultura, silvicultura y pesca)	4	PBI: S/.1 503 360 millones a S/.266 229 Millones	Clasificación: 1º a 40º
			3	PBI: S/.266,039 millones a S/.91,831 millones	Clasificación: 41º a 80º
			2	PBI: S/.90,734 millones a S/.30,433 millones	Clasificación: 81º a 120º
			1	PBI: S/.29 069 millones o menos	Clasificación: 121º a 159º
	4	PBI (Minería)	4	PBI: S/.6 883 402 millones a S/.392 002 millones	Clasificación: 1º a 40º
			3	PBI: S/.357,203 millones a S/. 110,353 millones	Clasificación: 41º a 80º
			2	PBI: S/. 109,747 millones a S/. 31,695 millones	Clasificación: 81º a 120º
			1	PBI: S/. 31 187 millones o menos	Clasificación: 121º a 159º
	5	PBI (Electricidad, gas, fabricación, construcción)	4	PBI: S/.11 490 653 millones a S/.573 076 Millones	Clasificación: 1º a 40º
			3	PBI: S/.511 665 millones a S/.144 323 millones	Clasificación: 41º a 80º
			2	PBI: S/.135 128 millones a S/.45 856 millones	Clasificación: 81º a 120º
			1	PBI: S/.45 711 millones o menos	Clasificación: 121º a 159º
	6	PBI (Transporte, telecomunicaciones, servicios)	4	PBI: S/.12 251 488 millones a S/.462 854 millones	Clasificación: 1º a 40º
			3	PBI: S/. 451 842 millones a S/. 164 565 millones	Clasificación: 41º a 80º
			2	PBI: 160,647 S/. millones a 52,757 S/. millones	Clasificación: 81º a 120º
			1	PBI: 51,312 S/. millones o menos	Clasificación: 121º a 159º
Población y su Distribución	7	Población	4	Población: 5,578,951 a 198,576	Clasificación: 1º a 40º
			3	Población: 194,221 a 48,918	Clasificación: 41º a 80º
			2	Población: 48,361 a 10,844	Clasificación: 81º a 120º

Concepto	Indicador		Valor del indicador		
	Nº	Detalle del indicador	Puntuación	Criterios	
			1	Población: 10,789 o menos	Clasificación: 121 ° a 159 °
	8	Densidad demográfica	4	Densidad demográfica: 5 272 /km ² a 40.6 /km ²	Clasificación: 1 ° a 40 °
			3	Densidad demográfica: 40.5 /km ² a 14.7 /km ²	Clasificación: 41 ° a 80 °
			2	Densidad demográfica: 14.6 /km ² a 3.1 /km ²	Clasificación: 81 ° a 120 °
			1	Densidad demográfica: 3.0 /km ² o menos	Clasificación: 121 ° a 159 °
			9	Principales ciudades	4
	<ul style="list-style-type: none"> • Metropoli : Lima, Arequipa, Trujillo, Chiclayo • Ciudad Mayor : Piura, Chimbote, Huancayo, Cusco, Iquitos • Ciudad Intemedica : Chinchalta, Ica, Ayacucho, Tacna, Juliaca, Puno, Huanuco, Huaraz, Tarapoto, Cajamarca, Sullana • Cludad Menor : Pisco, Moquegua, Tumbes, Talara, Chachapoyas, Moyobamba, Tacache, Pucallpa, Aguayta, Tingo Maria, Cerro de Pasco, Huancavelica, Abancay, Puerto Maldonado 				
	0	Las cuencas de los ríos en donde no se ubican ciudades principales.			
Total (Valor del indicador de vulnerabilidad)			8	Mínimo	
			36	Máximo	

*1 : Producto Bruto Interno Por Departamentos 2007-2013, INEI

Fuente: Tabla elaborada por el Equipo de Estudio

(2) Resultado del cálculo del paso 1

En la Tabla 3.2.4 se presentarán las 31 primeras cuencas mejor clasificadas como resultado del análisis de la vulnerabilidad ante desastres por agua (paso 1). Asimismo, se muestra en la Tabla 3-1.1 del Apéndice 3-1 que detalla el resultado del cálculo.

Tabla 3.2.4 Las 31 primeras cuencas superiores como resultado del análisis de la vulnerabilidad ante desastres por agua (Paso 1)

Clasificación	Denominación de la cuenca	Total	Clasificación	Denominación de la cuenca	Total
1	Cuenca Piura	35	16	Cuenca Tumbes	28
1	Cuenca Rímac	35	16	Cuenca Coata	28
1	Cuenca Quilca - Vitor – Chili	35	16	Cuenca Camana	28
4	Cuenca Chira	34	16	Cuenca Chancay – Huaral	28
5	Cuenca Urubamba	33	16	Cuenca Moche	28
6	Cuenca Huallaga	32	16	Cuenca Inambari	28
6	Cuenca Mantaro	32	16	Cuenca Chamaya	28
6	Cuenca Ica	32	16	Intercuenca Alto Maraón IV	28
6	Cuenca Santa	32	16	Ramis	28
6	Intercuenca Alto Apurimac	32	25	Cuenca Mayo	27
11	Cuenca Crisnejas	31	25	Cuenca Canete	27
11	Cuenca Perene	31	25	Cuenca Chillón	27
13	Intercuenca Alto Maraón V	30	25	Cuenca Huaura	27
13	Cuenca Pampas	30	25	Cuenca Pativilca	27
15	Cuenca Chicama	29	25	Cuenca Chancay-Lambayeque	27
			25	Cuenca Chinchi	27

Fuente: Equipo de Estudio

3.3 Cuencas prioritarias que considera el lado peruano (Paso2)

3.3.1 Fundamento del análisis del paso 2

Las cuencas de las cuales la ANA y el INDECI, respectivamente, consideraron necesario tomar medidas de manera prioritaria fueron confirmadas a través de consultas con ambos organismos. Además, información sobre tres (3) cuencas donde el CENEPRED reconoce que hay un mayor riesgo de inundación es recolectada a través de la ANA.

La información / demanda de estos tres (3) organismos son considerados en la selección de las cuencas de los ríos candidatas como paso 2. La siguiente es la información de la ANA, el INDECI y el CENEPRED.

ANA:

La ANA recomendó 8 cuencas de las cuales sus funcionarios consideraban urgente tomar medidas de prevención de inundaciones de acuerdo con la información de las AAA y los conocimientos y datos acumulados hasta ahora. Estas 8 cuencas están indicadas en la Figura 3.3.1.

INDECI:

El INDECI recomendó 11 cuencas al considerar la necesidad de medidas de prevención de inundaciones de acuerdo con su inventario de desastres. Estas 11 cuencas están indicadas en la Figura 3.3.2.

CENEPRED :

El CENEPRED ya evaluó el riesgo de inundaciones por su propio criterio y seleccionó 3 cuencas con alto riesgo de inundaciones. Estas 3 cuencas están indicadas en la Figura 3.3.3.

Las cuencas demandadas/cuencas con alto riesgo según el resultado del análisis del riesgo por estas 3 entidades se presentarán a continuación.

Tabla 3.3.1 Cuencas recomendadas/cuencas con alto riesgo según el resultado del análisis del riesgo por 3 entidades del lado peruano (Resumen)

No.	Cuencas recomendadas por la ANA (8 cuencas) *1	Cuencas recomendadas por el INDECI (11 cuencas) *1	Cuencas recomendadas por el CENEPRED (3 cuencas)
1	Rímac	Mantaro	Piura ^{*3}
2	Piura-Chira ^{*3}	Intercuenca alto apurímac	Huallga ^{*2}
3	Huallga ^{*2}	Pampas	Urubamba ^{*3}
4	Tumbes	Urubamba ^{*3}	
5	Mantaro	Intercuenca alto marañón V	
6	Urubamba ^{*3}	Mayo	
7	Ica	Piura ^{*3}	
8	Ramis	Perene	
9		Rímac	
10		Crisnejas	
11		Coata	

*1: Cuencas según el orden de prioridad que la entidad considera con referencia a la necesidad de medidas

*2: 5 de las 159 cuencas forman partes de la cuenca del curso principal del río Huallaga, por lo cual en el presente Estudio se tratan la cuenca del río Huallaga como cuenca integrada de 5 cuencas.

*3: Cuencas recomendadas por las 3 entidades en común

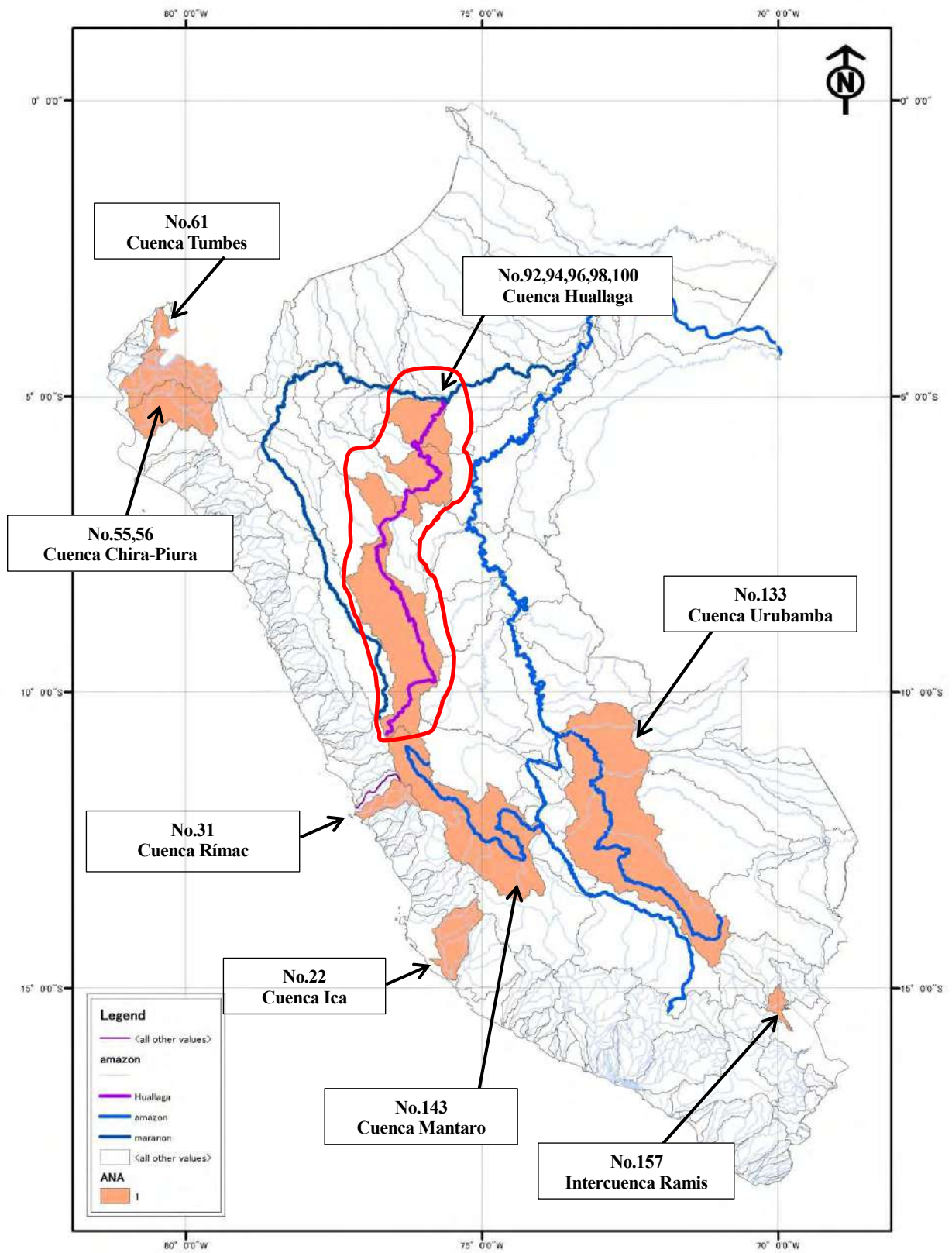


Figura 3.3.1 8 cuencas que la ANA recomienda

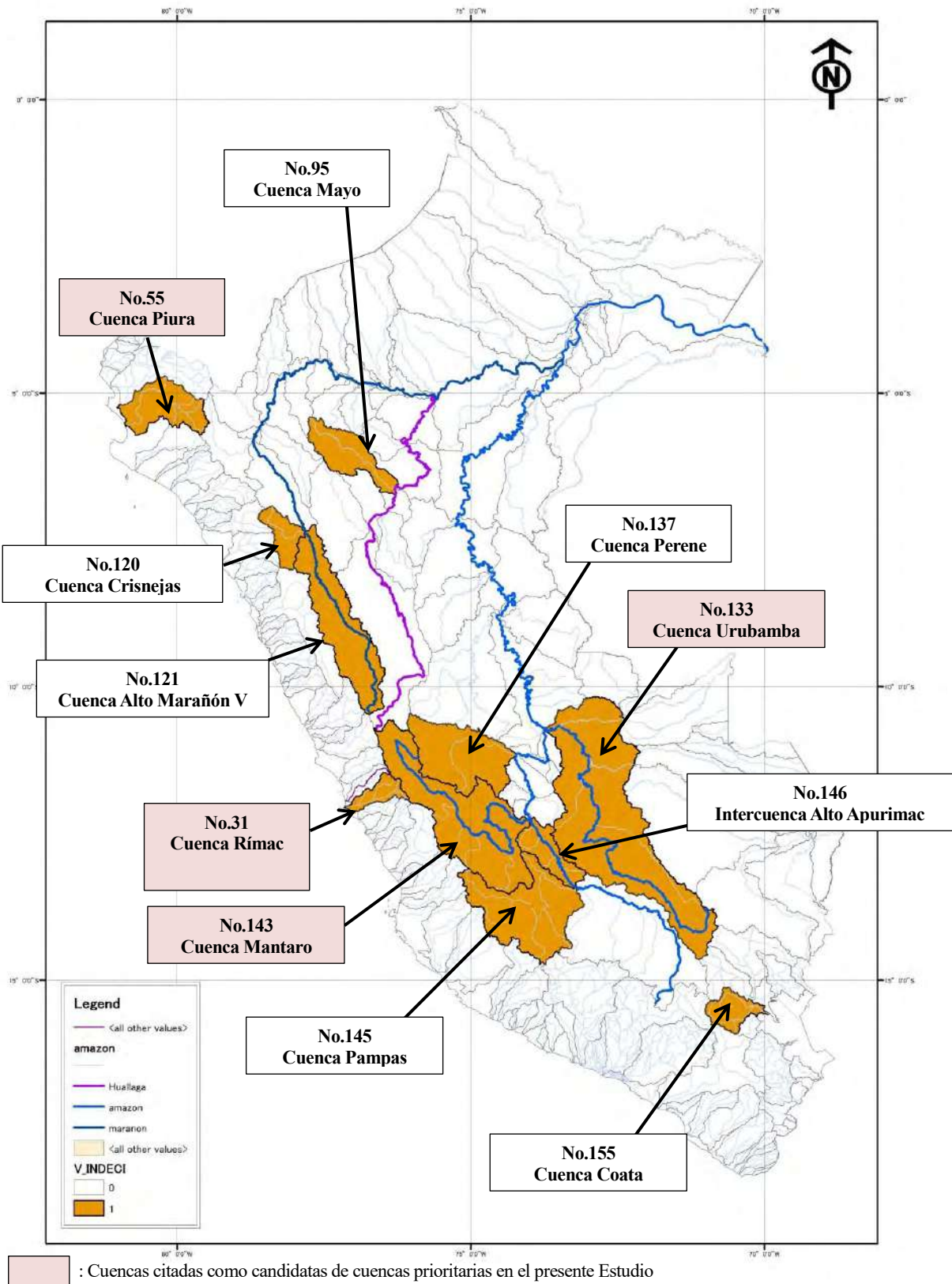


Figura 3.3.2 11 cuencas que el INDECI recomienda

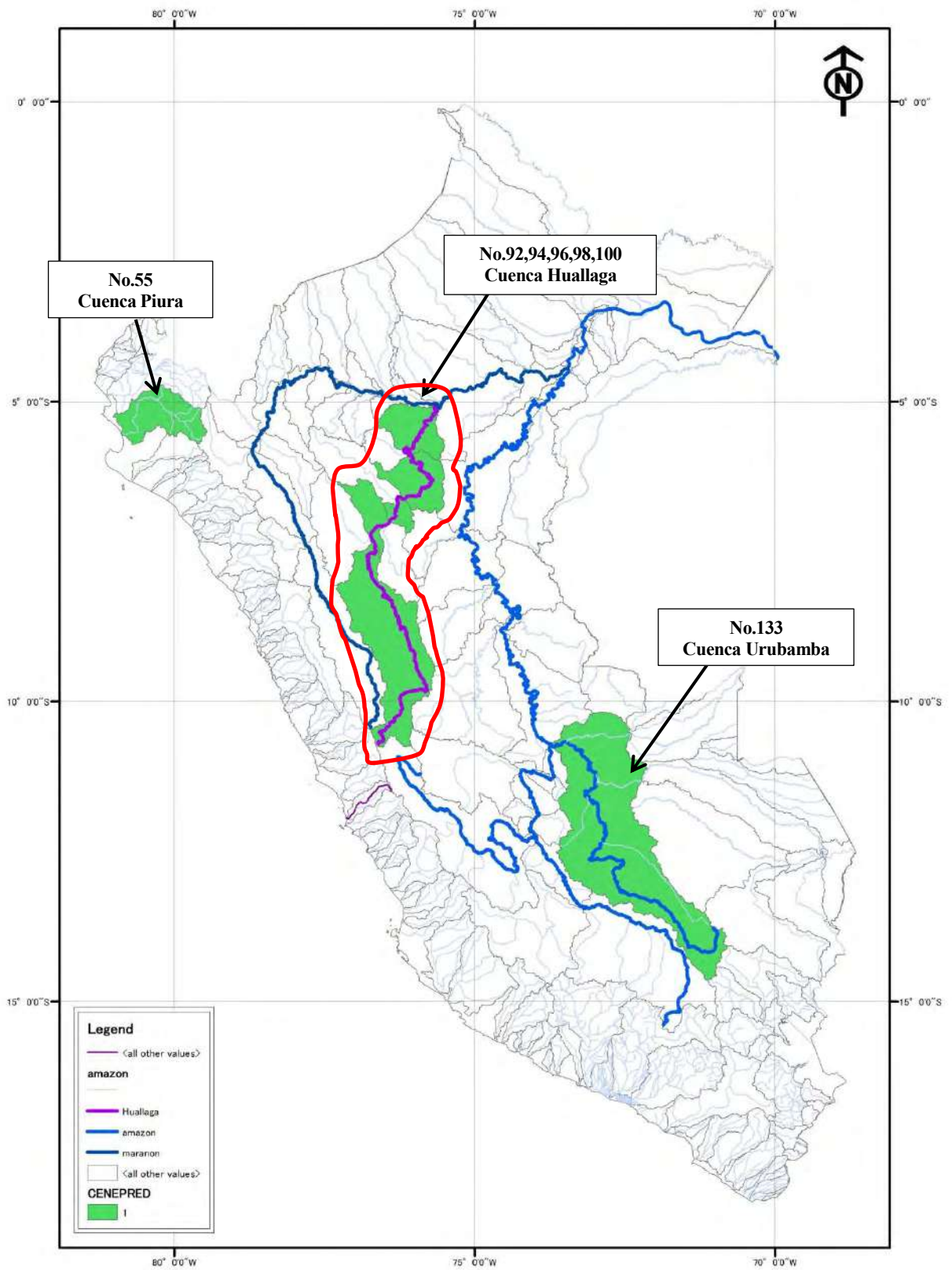


Figura 3.3.3 3 cuencas basadas en el resultado del cálculo de riesgo por el CENEPRED

3.3.2 Definición del valor de evaluación de acuerdo con la recomendación de las 3 entidades y el resultado del análisis (Paso 2)

Tras evaluar las cuencas en el paso 1, las cuencas recomendadas por la ANA e el INDECI, junto con las 3 cuencas donde hay mayor riesgo de inundación según el CENEPRED, también son evaluadas para la selección de las cuencas prioritarias. Los criterios son los que se indican a continuación.

- Se asigna "1" como valor de evaluación a las cuencas recomendadas por el INDECI o la ANA, y "0" a las otras cuencas.
- Diferente de las cuencas recomendadas por las dos agencias anteriores, las tres cuencas que el CENEPRED considera que son de mayor riesgo de inundación son seleccionadas en función del resultado del análisis de riesgo. Considerando esa diferencia, el valor de evaluación de "2" es asignado a las tres cuencas mientras que "0" es dado a las otras cuencas.

A continuación está resumida en la Tabla 3.3.2 la idea del paso 2.

Tabla 3.3.2 Indicadores y valores de evaluación de las cuencas recomendadas/cuencas de alto riesgo según el lado peruano

Concepto	Razón de la selección del indicador	Indicador		Valor del indicador	
		Nº	Detalle	Mínimo	Máximo
Cuencas recomendadas por el INDECI	Cuencas que el INDECI recomienda como cuencas prioritarias de acuerdo con el número de desastres en el pasado (todos los desastres: terremotos, deslizamientos de tierra, inundaciones, erupciones volcánicas, etc.) y de la población en la cuenca	10	11 cuencas recomendadas por el INDECI	0	1
Cuencas recomendadas por la ANA	Cuencas prioritarias que la ANA recomienda	11	8 cuencas recomendadas por la ANA	0	1
Cuencas recomendadas por el CENEPRED	3 cuencas seleccionadas como cuencas prioritarias de acuerdo con el resultado de la evaluación del riesgo	12	Cuencas prioritarias recomendadas por el CENEPRED	0	2
Total (Valor de recomendación)				0	4

3.4 Resultado del cálculo

Los valores de evaluación de la vulnerabilidad calculados en el paso 1 y el paso 2 respectivamente están integrados como valor de evaluación integral. Los valores de cada indicador (valor máximo y mínimo de cada indicador) se muestran nuevamente en la siguiente tabla.

Tabla 3.4.1 Indicador y valor del indicador de cada concepto

Clasificación	Concepto	Indicador		Valor del indicador	
		Nº	Detalle del indicador	Mínimo	Máximo
【Paso 1】 Vulnerabilidad ante desastres por agua					
Vulnerabilidad ante desastres por agua	Historia de desastres provocados por el agua	1	Número de casos de inundaciones en el pasado	1	4
		2	Número de damnificados por inundaciones en el pasado	1	4
	Actividades económicas	3	PBI (Agricultura, silvicultura y pesca)	1	4
		4	PBI (Minería)	1	4
		5	PBI (Electricidad, gas, fabricación, construcción)	1	4
		6	PBI (Transporte, telecomunicaciones, servicios)	1	4
	Población y su distribución	7	Población	1	4
		8	Densidad demográfica	1	4
		9	Principales ciudades	0	4
① Valor de evaluación de la vulnerabilidad				8	36
【Paso 2】 Cuencas prioritarias que considera el lado peruano					
Cuencas recomendadas por el lado peruano	Cuencas recomendadas por el INDECI	10	Cuencas prioritarias del INDECI	0	1
	Cuencas recomendadas por la ANA	11	Cuencas prioritarias de la ANA	0	1
	Cuencas recomendadas por el CENEPRED	12	Cuencas prioritarias del CENEPRED	0	2
② Valor de recomendación				0	4
Valor de evaluación integral = ①+②				8	40

Las 18 primeras cuencas resultantes de la suma total de valores de evaluación están indicadas en la siguiente Tabla 3.4.2. La tabla también se agregará al presente informe como documento adjunto 3-1.2.

Tabla 3.4.2 Resultado de la suma de valores de evaluación (18 primeras cuencas)

Puesto	Nombre de la cuenca	Punto total del paso 1	Punto total del paso 2	Suma de los valores de evaluación
1	Cuenca Piura	35	4	39
2	Cuenca Rímac	35	2	37
2	Cuenca Urubamba	33	4	37
4	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	35	0	35
4	Cuenca Chira	34	1	35
4	Huallaga	32	3	35
7	Cuenca Mantaro	32	2	34
8	Cuenca Ica	32	1	33
9	Cuenca Santa	32	0	32
9	Cuenca Crisnejas	31	1	32
9	Cuenca Perene	31	1	32
9	Intercuenca Alto Apurimac	32	0	32
13	Intercuenca Alto Marañón V	30	1	31
13	Cuenca Pampas	30	1	31
15	Cuenca Chicama	29	0	29
15	Cuenca Tumbes	28	1	29
15	Cuenca Coata	28	1	29

Puesto	Nombre de la cuenca	Punto total del paso 1	Punto total del paso 2	Suma de los valores de evaluación
18	Cuenca Camana	28	0	28
18	Cuenca Chancay – Huaral	28	0	28
18	Cuenca Moche	28	0	28
18	Cuenca Inambari	28	0	28
18	Cuenca Mayo	27	1	28
18	Cuenca Chamaya	28	0	28
18	Intercuenca Alto Marañón IV	28	0	28
18	Ramis	28	0	28

Fuente: Equipo de Estudio

3.5 Selección de las cuentas candidatas para cuencas prioritarias

Está establecido que en el presente estudio, en la especificación particular, se seleccionarán alrededor de 5 cuencas como cuencas prioritarias para la prevención de inundaciones y se definirán los programas necesarios como medidas de prevención de desastres y sus costos. La selección de las cuencas prioritarias se realizó de acuerdo con el resultado del cálculo de inundaciones por RRI de las 8 primeras cuencas según la evaluación integral indicadas en la Tabla 3.4.2, respetando la evaluación descrita en el Capítulo 3.4.

Tabla 3.5.1 8 cuencas candidatas para cuencas prioritarias de las cuales se realizó el cálculo de inundaciones por RRI

Nombre de la cuenca	Punto total del paso 1	Punto total del paso 2	Suma de los valores de evaluación
Cuenca Piura	35	4	39
Cuenca Rímac	35	2	37
Cuenca Urubamba	33	4	37
Cuenca Quilca - Vitor – Chili	35	0	35
Cuenca Chira	34	1	35
Huallaga	32	3	35
Cuenca Mantaro	32	2	34
Cuenca Ica	32	1	33

En el Capítulo 6 se muestra el resultado del cálculo de inundaciones por RRI de las cuencas indicadas en la Tabla 3.5.1 y en el Capítulo 7.

Como consecuencia del cálculo, se pudo confirmar que, en cuanto a todos los ríos excepto los ríos Quilca, Vitor y Chili, se podrían generar inundaciones en las zonas bajas en caso de ocurrir un desbordamiento de una probabilidad de una vez cada 50 años o una vez cada 100 años.

Durante la segunda etapa del estudio en Perú, se sometieron estos resultados del cálculo de escorrentía a la discusión con la ANA, y se concluyó excluir los ríos Quilca, Vitor y Chili de las cuencas prioritarias por las razones que se mencionan a continuación.

- La calificación general de los ríos Quilca, Vitor y Chili obtenida en el Paso 1 fue alta debido:
 - al alto nivel de indicadores económicos porque la cuenca incluye Arequipa, la segunda ciudad más importante del país; y
 - al elevado número de desastres reportados en la cuenca.

Sin embargo,

- ◆ Por otro lado, de acuerdo con la información obtenida y las discusiones sostenidas con la ANA:
 - no se produjeron muchas inundaciones en la ciudad de Arequipa; y
 - la mayoría de los daños reportados fueron la pérdida de los bienes debido a la socavación de las riberas y los huaycos producidos en los ríos pequeños y medianos.

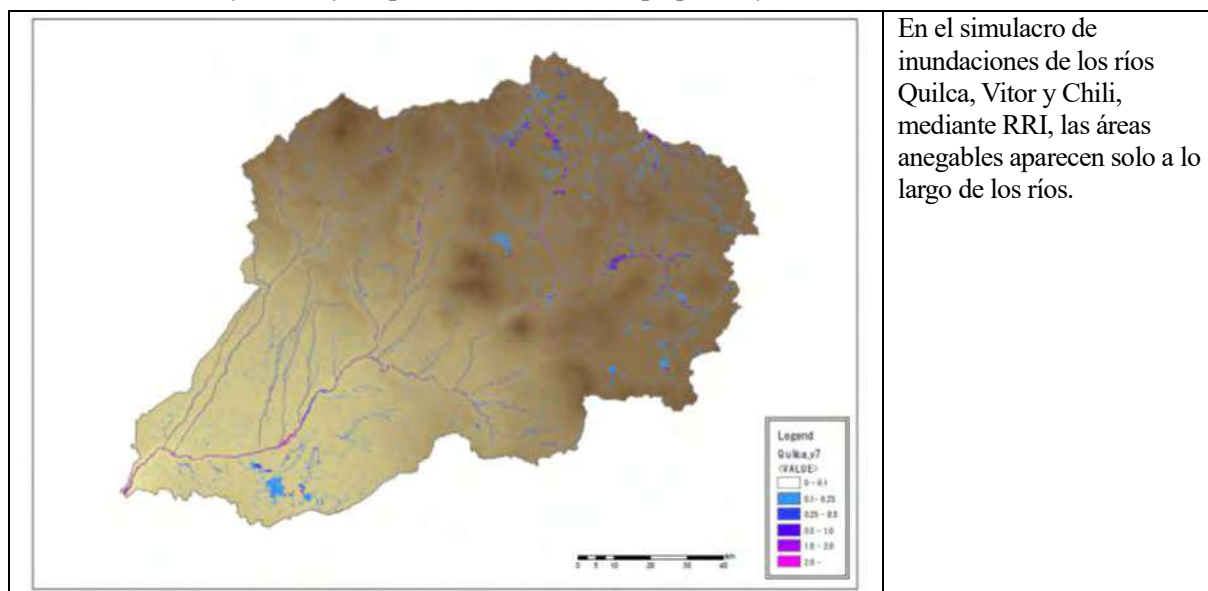


Figura 3.5.1 Resultados del simulacro de inundaciones en las cuencas de los ríos Quilca, Vitor y Chili según RRI (inundaciones con período de retorno de 100 años)

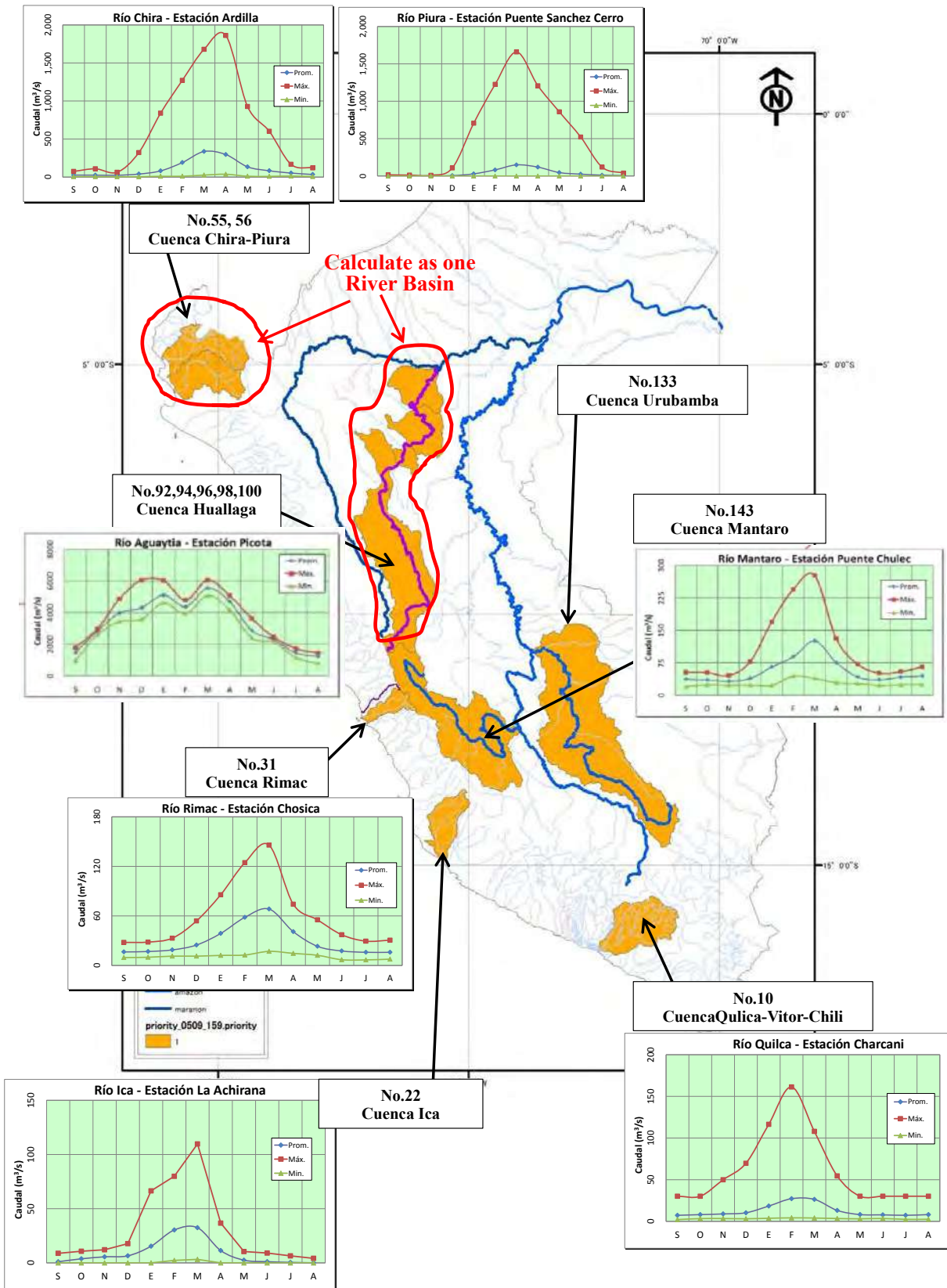
Por otro lado, en cuanto a los demás ríos, excepto Quilca, Vitor y Chili, se vio que es alto el potencial de los daños de inundaciones (véase el Capítulo 7), tanto es así que ha sido sumamente difícil para la ANA limitar la cobertura del Proyecto solo a las cinco cuencas. De esta manera se concluyó incluir todas las siete cuencas en las cuencas prioritarias.

En cuanto a la cuenca de los ríos Piura y Chira, considerando el hecho de que las dos cuencas están integradas en un proyecto de riego del Proyecto Especial Chira Piura, el cual es llevado a cabo por el gobierno de la provincia de Piura, a través de la consulta con la ANA, se decide tratar la cuenca de los ríos Piura y Chira integralmente y considerarlas como una cuenca hidrográfica en el Estudio.

Por consiguiente, aunque se suponía seleccionar las 6 cuencas prioritarias en el Estudio, se decidió analizar las 6 cuencas como cuencas prioritarias.

Tabla 3.5.2 Cuencas prioritarias (6 cuencas)

No	Nombre de la cuenca
1	Cuenca Piura-Chira
2	Cuenca Rímac
3	Cuenca Urubamba
4	Huallaga
5	Cuenca Mantaro
6	Cuenca Ica



Fuente: Equipo de Estudio

Figura 3.5.2 Cuenkas candidatas para cuenkas prioritarias

Capítulo 4 Tipificación de las 159 cuencas y selección de las cuencas modelo

Se tipifican las 159 cuencas hidrográficas distribuidas en todo el país en múltiples tipos de acuerdo con las características socioeconómicas y naturales. Después, se seleccionan las cuencas modelo que representen a los respectivos tipos para estimar el costo de los proyectos para cada tipo.

4.1 Tipificación de las 159 cuencas

4.1.1 Lineamientos básicos del análisis y flujo del análisis

En la Figura 4.1.1 se representa el flujo del análisis para la tipificación de las 159 cuencas.

Antes de nada, se establecen indicadores de clasificación desde el punto de vista de las características socioeconómicas y las características naturales respectivamente y de acuerdo con dichos indicadores se clasifican las 159 cuencas.

Después, se elabora una matriz de acuerdo con el resultado de la clasificación según las características socioeconómicas y naturales respectivamente y se considera como tipo el grupo de cuencas cuyas características son similares.

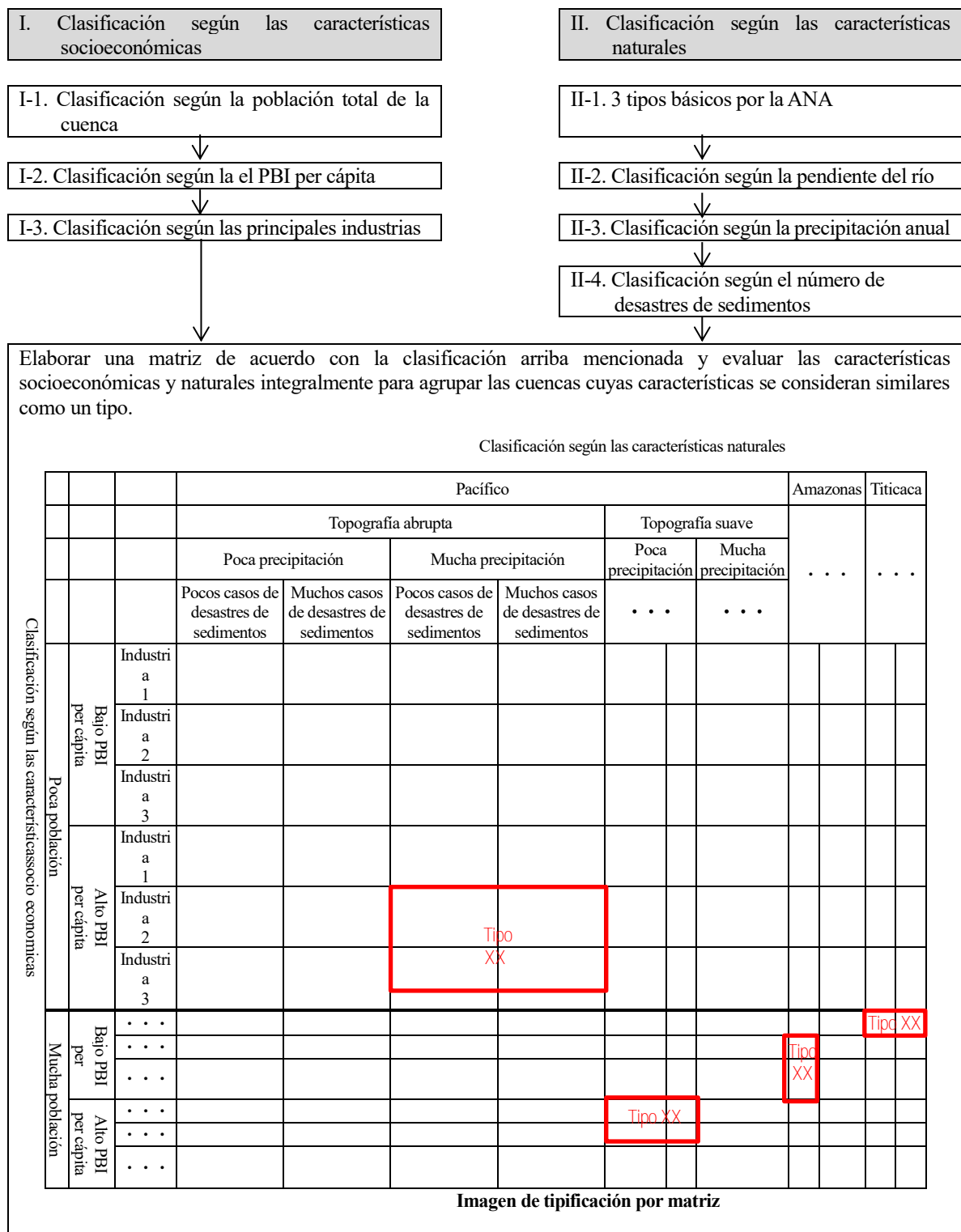


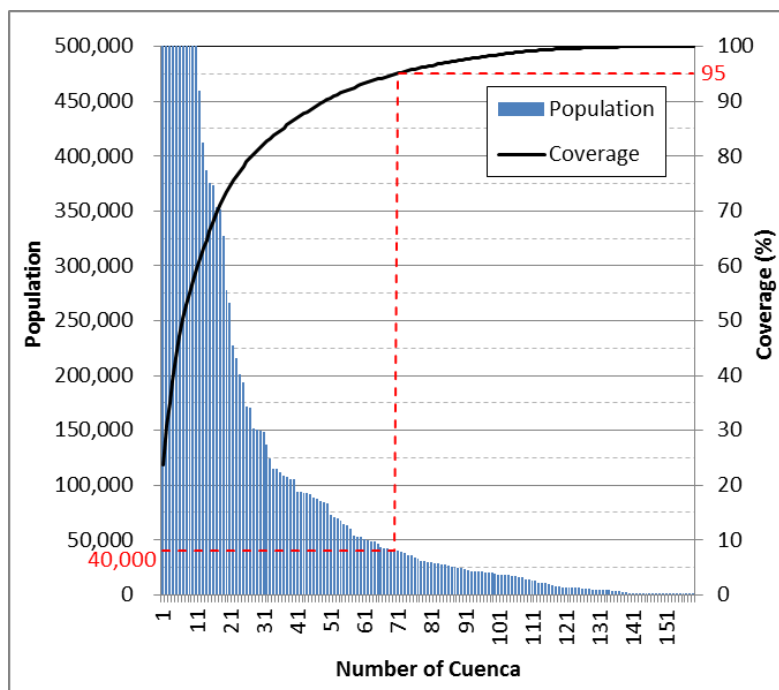
Figura 4.1.1 Flujo de análisis de tipificación

El resumen sobre indicadores de clasificación según las características socioeconómicas y naturales se presenta en la Tabla 4.1.1 y la Tabla 4.1.2 respectivamente.

Tabla 4.1.1 Resumen de la clasificación según las características socioeconómicas

Indicador		Razón de la selección del indicador	Criterio de clasificación
I-1	Población de la cuenca	Se deduce que la magnitud de las medidas a ser tomadas se difiere según la magnitud de la población de cada cuenca. Por consiguiente, se clasifican las cuencas con menor población y las cuencas con mayor población.	<p>1. Menos de 40 000 habitantes 2. 40 000 o más habitantes</p> <p>【Razón por la cual se ha establecido el criterio de arriba】 Se ha decidido clasificar las cuencas por la población de la cuenca que, al adicionarse por orden descendente, la población acumulada abarca el 95% de la población total. De esta manera se han definido 40 000 (véase la Figura 4.1.2).</p>
I-2	PBI per cápita	Se deduce que el valor total de los bienes de una cuenca y el impacto del proyecto (relación costo-beneficio) varía dependiendo de la PIB per cápita. Asimismo, la necesidad o no de ejecutar las medidas de control de inundaciones, así como el contenido de las medidas variarían dependiendo de los beneficios esperados. Por consiguiente, se clasifican las cuencas con alta productividad económica y las cuencas con baja productividad.	<p>1. Menos de 13 517 soles 2. 13 517 o más soles</p> <p>【Razón por la cual se ha establecido el criterio de arriba】 Se ha adoptado el criterio del Banco Mundial para dividir el “país de ingresos medios inferiores” y el “país de ingresos medios superiores” (PNB per cápita: 4035 dólares =13 517 nuevos soles) .</p> <p>【Fuente de datos】 Página web del Banco Mundial http://blogs.worldbank.org/opendata/new-country-classifications-2016</p>
I-3	Principal industria	<p>Por la diferencia de las características industriales entre las cuencas objeto, varía el enfoque de medidas de prevención de inundaciones, como hasta qué grado se puede tolerar el desbordamiento y si es necesario prestar atención a la red vial y/o a las bases de producción, etc., por lo cual se han establecido las principales industrias como indicador para captar las características industriales de cada cuenca.</p> <p>Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Industria primaria ⇒ Es importante tomar medidas para proteger la zona que se debe proteger prioritariamente, retardando inundaciones en zonas donde se pueden permitir inundaciones hasta cierto grado. ✓ Industria secundaria ⇒ Es importante defender la red vial y/o bases de producción (fábricas, etc.). ✓ Industria terciaria ⇒ Además de proteger a los ciudadanos y las viviendas, es importante asegurar la red de comunicaciones y las infraestructuras, proteger hospitales, escuelas y bases de la administración, etc. 	<p>1. Industria primaria ➤ Agricultura, silvicultura y pesca</p> <p>2. Industria secundaria ➤ Minería, construcción, manufacturera</p> <p>3. Industria terciaria ➤ Abastecimiento de electricidad, gas y agua, venta mayorista y venta minorista, transporte, correo, hoteles y restaurantes, información y comunicación, servicios público</p> <p>【Cómo determinar la principal industria de cada cuenca】 Escoger y definir como industria principal la industria cuyo PBI ocupa la mayor parte entre los PBIs industriales en cada cuenca.</p>

Fuente: Equipo de Estudio



Fuente: Equipo de Estudio

Figura 4.1.2 Relación entre el número de cuencas y la tasa de cobertura de la población

Tabla 4.1.2 Resumen de la clasificación según las características naturales

Indicador		Razón por la cual se estableció como indicador	Criterio para la clasificación	
II-1	3 sistemas hidrográficos básicos definidos por la ANA	3 sistemas hidrográficos básicos definidos por la ANA	1. Sistema hidrográfico del Pacífico (62 cuencas) 2. Sistema hidrográfico del Amazonas (84 cuencas) 3. Sistema hidrográfico del Titicaca (13 cuencas)	
II-2	Pendiente del río	Las características topográficas de la vía fluvial están vinculadas estrechamente con las características de la inundación tales como la velocidad y duración de la inundación y la facilidad de expansión, y son importantes para analizar el posible menú de medidas de prevención de inundaciones, por lo cual se establece la pendiente del río como indicador.	Pacífico	1. Pendiente mayor de 1/100 2. Pendiente menor de 1/100
			Amazonas Titicaca	1. Pendiente mayor de 1/1000 2. Pendiente menor de 1/1000
II-3	Precipitación anual	La situación de la precipitación, que es el factor básico de la inundación, es una de las informaciones más importantes para analizar el tipo y tamaño del proyecto de prevención de desastres, por lo cual se establece la precipitación anual como indicador.	Pacífico Amazonas Titicaca	1. Precipitación anual menor de 1500 mm 2. Precipitación anual mayor de 1500mm

Indicador		Razón por la cual se estableció como indicador	Criterio para la clasificación	
II-4	Estado de generación de desastres de sedimentos	Los desastres de sedimentos no son objeto directo del presente estudio, pero el estado de generación de dichos desastres en Perú es un importante indicador para analizar la gestión integral de agua/lodo y piedra, y al mismo tiempo, las organizaciones relacionadas encabezadas por el INGEMMET tienen un fuerte interés sobre dichos desastres, por lo cual se establece el estado de generación de desastres como indicador.	Pacífico Amazonas Titicaca	1. Número de casos de desastres de sedimentos: Menos de 50 casos 2. Número de casos de desastres de sedimentos: Más de 50 casos

Fuente: Equipo de Estudio

Para establecer los indicadores de clasificación arriba mencionados, se consideraron los siguientes puntos.

- 1) Reflejar el tamaño de la población y las actividades económicas de cada cuenca, que son importantes para analizar el posible tamaño y tipo de programa de prevención de inundaciones.
- 2) Reflejar las características industriales de cada cuenca, que son importantes para analizar el posible enfoque de medidas de prevención de desastres (qué proteger y cómo proteger).
- 3) Reflejar las características topográficas de cada cuenca, que son importantes para analizar las características de inundaciones y el posible tamaño y tipo de programa de prevención de desastres.
- 4) Reflejar las características de la precipitación de cada cuenca, que son importantes para analizar las características de inundaciones y el posible tamaño y tipo de programa de prevención de desastres.
- 5) Reflejar el estado de generación de desastres de sedimentos de cada cuenca, que son un indicador importante para comprender las características de los desastres de la cuenca.

Especialmente, aunque el estado de generación de desastres de sedimentos mencionada en 5) no es objeto directo del análisis del presente estudio, es un indicador importante para considerar la gestión integral del agua y del lodo y piedras de la cuenca. Además, las organizaciones relacionadas encabezadas por el INGEMMET tienen un fuerte interés sobre desastres de sedimentos. Por consiguiente, se decidió incluirlos en los indicadores.

En cuanto al indicador socio económico "la población de las cuencas" incluido en la Tabla 4.1.1, se asumió dividir las 159 cuencas del país en dos grupos según la magnitud de la población, aplicando como criterio referencial la población de 40 000 habitantes. Al aplicar este criterio referencial, se tienen 72 cuencas con "muchas población" (68 cuencas, si se integran las subcuencas del río Huallaga), y 87 cuencas con "poca población". Se considera que este criterio referencial es relevante porque permite dividir en dos partes de similar proporción⁵.

Asimismo, los criterios de clasificación para los indicadores relacionados con las características naturales,

⁵ Sin embargo, la clasificación basada en este criterio referencial (de 40 000 habitantes) no permite diferenciar las cuencas que albergan el área metropolitana super poblada (por ejemplo, las cuencas de los ríos Rímac, Chillón Lurín, etc.) de las demás cuencas. Por lo tanto, para la selección de las cuencas modelo, de la que se hablará más tarde, se tomó en cuenta esta situación (véase la Sección 4.2.2).

indicados en la Tabla 4.1.2 fueron definidos basándose en los siguientes planteamientos.

- En cuanto a la pendiente de los ríos, las cuencas serán divididas entre aquellas que nacen en la cordillera de los Andes cuyo régimen de escorrentía de las avenidas y el régimen de desbordamiento responden a la topografía acentuada de la zona montañosa, y en las demás cuencas. El criterio referencial aplicado se determinó en una pendiente de 1/100 en la vertiente del océano Pacífico y de 1/1000 en las regiones de Amazonas y de Titicaca. Como se indica en la Figura 4.1.4, las cuencas se clasifican claramente en las cuencas con pendiente acentuada que nacen en la cordillera de los Andes (con alta velocidad de flujo de las avenidas) y en aquellas con pendiente suave (con baja velocidad de flujo de las avenidas pero largo tiempo de inundación). También en la vertiente del océano Pacífico se distinguen las cuencas con diferente régimen de avenidas como los ríos Piura y Chancay-Lambayeque.
- En cuanto a la precipitación total anual, se reconfirmó en el presente Estudio las tres zonas básicas según la clasificación climatológica del Perú: Costa, Sierra y Selva). El criterio referencial se definió en la precipitación total anual de 1500 mm, pensando en la necesidad de clasificar las cuencas que abarcan dos zonas climatológicas diferentes, como son la Sierra y la Selva que se caracteriza por las abundantes lluvias. La aplicación de este criterio ha permitido dividir adecuadamente las cuencas, tal como se muestra en la Figura 4.1.4.
- En cuanto a la ocurrencia de los daños de deslizamientos y huaycos, el criterio referencial fue definido en 50 casos, para distinguir la región que se extiende a lo largo de la Cordillera de los Andes, que sufrieron graves daños, de las demás zonas. La aplicación de este criterio, como se observa en la Figura 4.1.4 permite distinguir claramente las zonas geográficas con mayor incidencia de los deslizamientos y huaycos.

4.1.2 Datos utilizados para el análisis

Los datos utilizados para el análisis son como se muestran en la Tabla 4.1.3.

Tabla 4.1.3 Datos utilizados para la tipificación

Indicador de clasificación correspondiente	Detalle de los datos	Uso	Organización donde se recopilaron los datos	Otros (Fuente, etc.)
I-1	Datos de Landsat sobre la distribución de la población de 2013	Utilizar para el cálculo de la población de las 159 cuencas	Se compraron de Pacific Vision Corp.	—
I-2 y I-3	Datos del PBI per cápita de 2013 según los departamentos e industrias	Utilizar para el cálculo del PBI per cápita de las 159 cuencas	Se obtuvieron en el sitio web del INEI	https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1253/compendio2015.html
		Utilizar para definir la principal industria de las 159 cuencas		
II-2	Datos satelitales de altura ASTER GDEM	Utilizar para el cálculo de la pendiente de los 159 ríos	Se obtuvieron en el sitio web de la Investigación Geológica de los Estados Unidos (USGS)	http://earthexplorer.usgs.gov/
	Archivos Shapefile de formas y extensiones de ríos	Utilizar para el cálculo de la pendiente de los 159 ríos	Se obtuvieron en la oficina de la ANA	—
II-3	Mapa de distribución de precipitación anual de 2011	Utilizar para el cálculo de la precipitación anual media de las 159 cuencas	Se obtuvieron en la oficina de la ANA	Título del informe: PLAN NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS DEL PERÚ
II-4	Mapa de desastres de sedimentos generados del INGEMMET	Utilizar para el cálculo del número de desastres de sedimentos generados en las 159 cuencas	Se obtuvieron en la oficina del INGEMMET	http://www.ingemmet.gob.pe/base-datos-arg

Fuente: Equipo de Estudio

Los detalles de las cuencas según los indicadores presentados en la Tabla 4.1.1 y la Tabla 4.1.2, es como se muestra en la Figura 4.1.3 y la Figura 4.1.4 elaboradas utilizando los datos de la tabla de arriba.

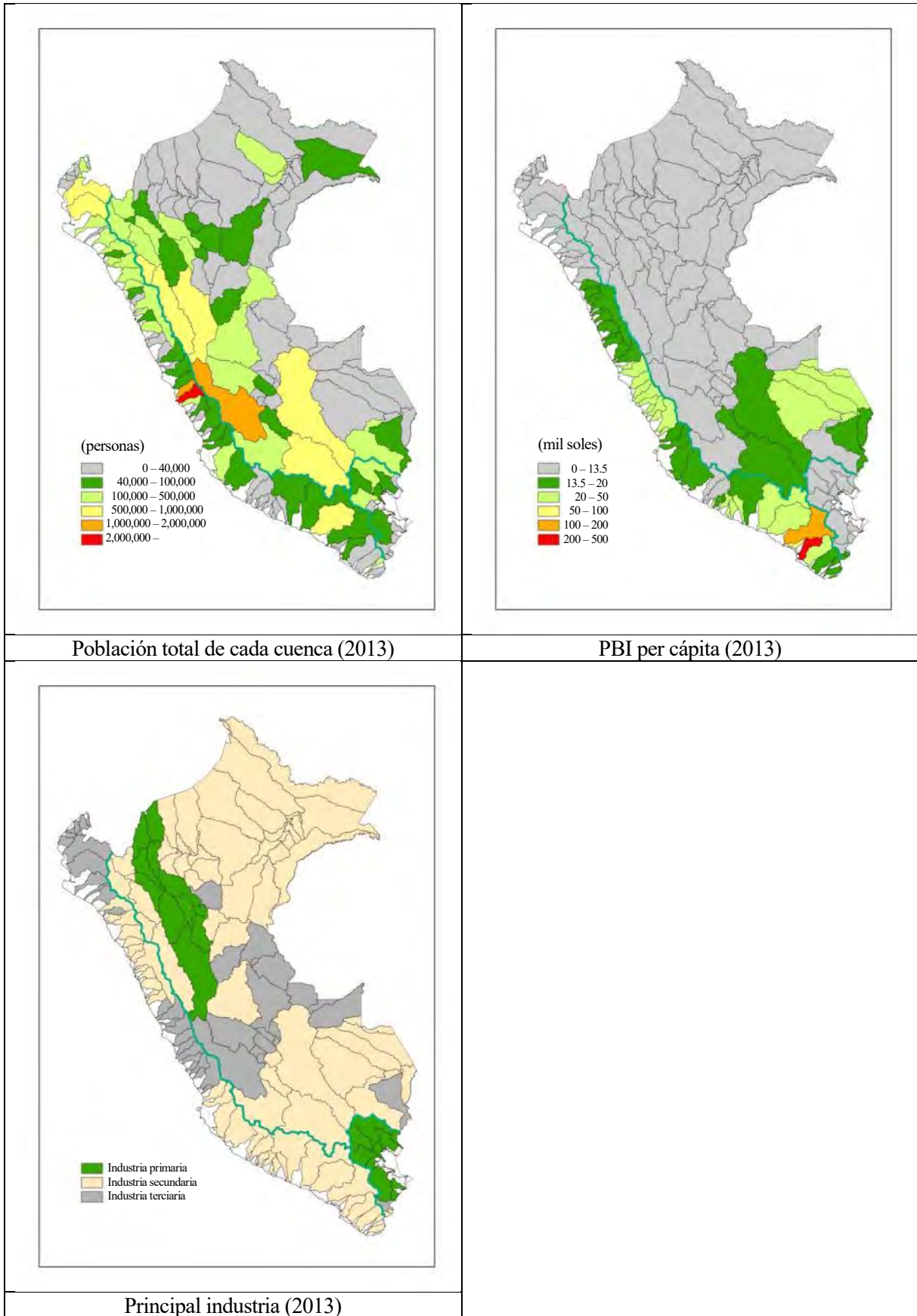


Figura 4.1.3 Detalles de las características socioeconómicas de cada cuenca

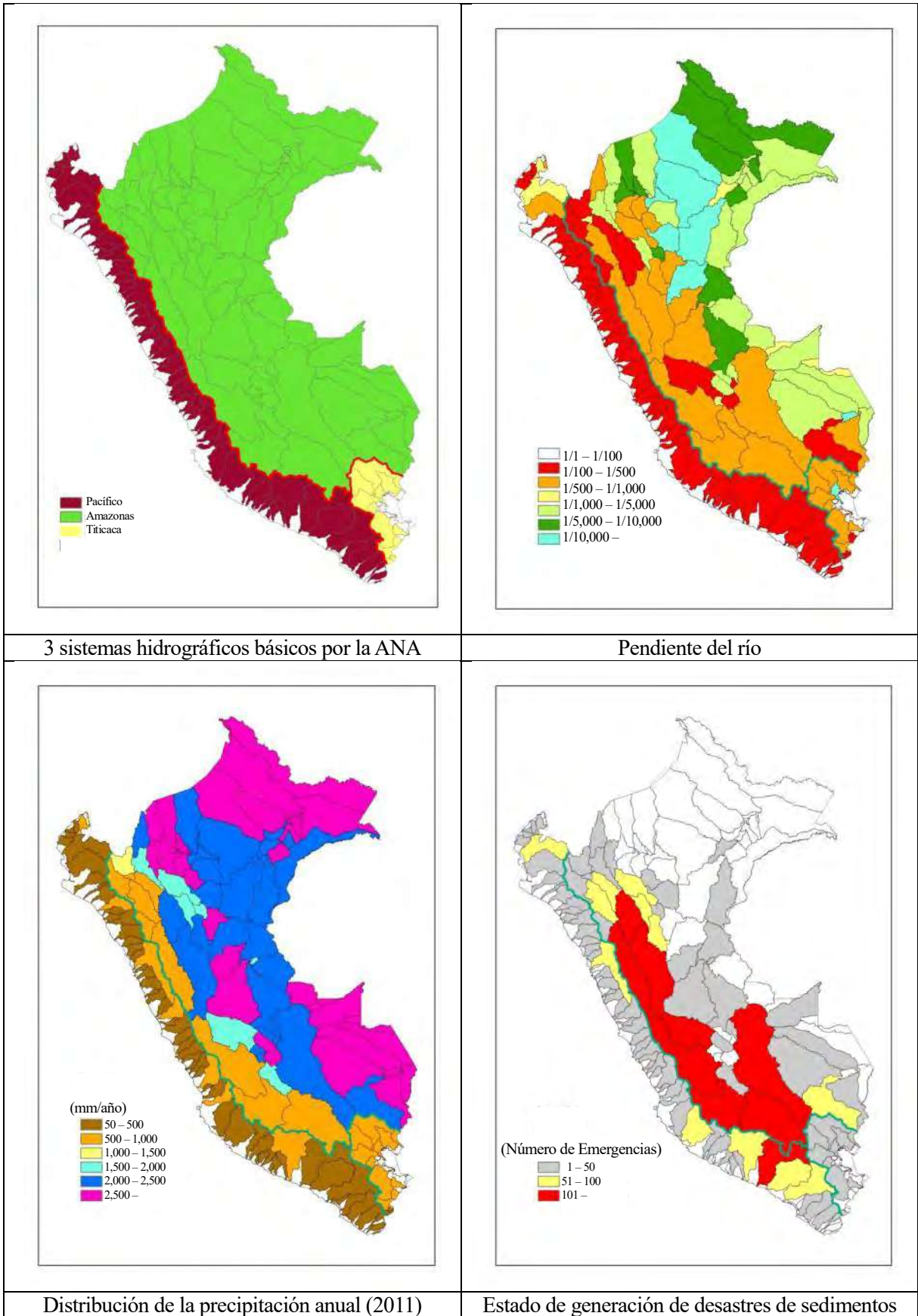


Figura 4.1.4 Detalles de las características naturales de cada cuenca

4.1.3 Resultados de la clasificación

Para ordenar los resultados de la clasificación, primero se presentan (1) la clasificación según las características socioeconómicas y la (2) clasificación según las características naturales respectivamente y, luego, se presentan (3) los resultados de la tipificación integral en la matriz elaborada de acuerdo con dichas clasificaciones.

En cuanto al río Huallaga, que es el río principal del sistema hidrográfico del Amazonas, su cuenca está compuesta por 5 subcuencas que se cuentan entre las 159 cuencas, y es adecuado unificar estas 5 cuencas para considerarlas como una sola cuenca. Para tal efecto, se considera de la siguiente manera.

- ✓ Respecto a la población de la cuenca, se utiliza la suma de los valores de las 5 subcuencas.
- ✓ Respecto al PBI per cápita y al PBI según las industrias, se utiliza el promedio calculado a partir del valor de cada subcuenca y de acuerdo con la proporción de la superficie de cada cuenca.
- ✓ Respecto a la pendiente del río, se calcula a partir de la extensión total y la diferencia de alturas entre el curso superior y el extremo inferior al unificar las 5 subcuencas.
- ✓ Respecto a la precipitación anual media, se utiliza el promedio calculado a partir del valor de cada subcuenca y de acuerdo con la proporción de la superficie de cada cuenca.
- ✓ Respecto al número de desastres de sedimentos generados, se utiliza la suma de los valores de las 5 subcuencas.

En caso de considerar la unificación de las subcuencas del río Huallaga, el número total de cuencas será 155.

(1) Clasificación por características socioeconómicas

El resultado de la clasificación de las cuencas por características socioeconómicas realizada de acuerdo con el método indicado en el apartado 4.1.1, se presenta en la Figura 4.1.5 y la Tabla 4.1.2.

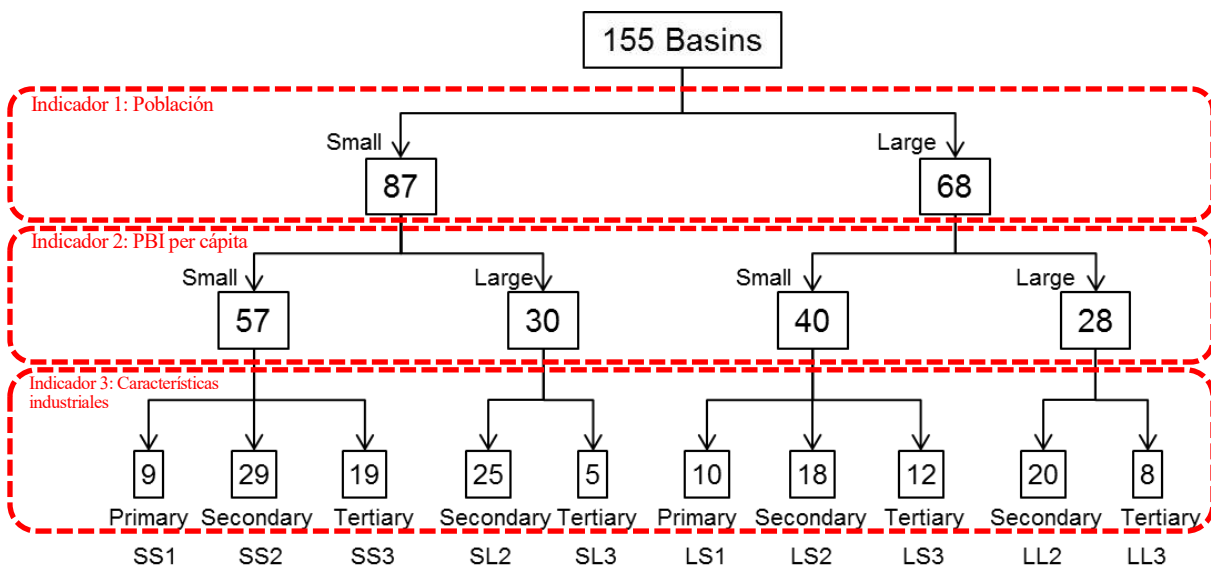


Figura 4.1.5 Resultado de la clasificación según las características socioeconómicas

Tabla 4.1.4 Resultado de la clasificación por características socioeconómicas

Clasificación : SS1 (9 cuencas)	Clasificación : SS2 (29 cuencas)	Clasificación : SS3 (19 cuencas)	Clasificación : SL2 (25 cuencas)	Clasificación : SL3 (5 cuencas)
49879 Santiago Biabo Cenepa Alto Marañón II Ilpa Callaccame Mauri Chico Suches	Acari Yauca Cutivireni 49915 Cushabatay Tapiche Carhuapanas Poto 49875 49871 49911 49877 49873 Tahuayo 49799 49797 49795 Manit 49791 49793 Morona Putumayo Napo Tigre Pastaza Bajo Marañón Medio Bajo Marañón Medio Marañón Marañón Yavari	Olmos Bocapán Zarumilla Fernández Quebrada Seca Pariñas Tarau Alto Yurua 49299 49959 49957 Anapati Poyeni 49953 49951 49919 Tamaya Medio Bajo Ucayali Maure	Atico Pescadores - Caraveli Chala Chaparra Lluta Huamansaña Culebras Huarmey Locumba Sama Hospicio Choclón Honda Honda De la Concordia Alto Acre Alto Iaco Medio Alto Madre de Dios Medio Madre de Dios Medio Bajo Madre de Dios Alto Madre de Dios De Las Piedras Orthon Ushusuma Caño	Topara Chilca Fortaleza Supe Omas
Clasificación : LS1 (10 cuencas)	Clasificación : LS2 (18 cuencas)	Clasificación : LS3 (12 cuencas)	Clasificación : LL2 (20 cuencas)	Clasificación : LL3 (8 cuencas)
Huayabamba Utcubamba Mayo Alto Marañón I Ramis Ilave Coata Azángaro Huancane Pucara	Chancay- Lambayeque Chaman Jequetepeque Chicama Inambari Crisnejas Alto Marañón IV Alto Marañón III Paranapura Chamaya 49913 Chinchipe Itaya Nanay Pampas Pachitea 4977 Alto Marañón V	Huallaga Cascajal Tumbes Piura Chira Motupe Zaña 49955 Perene Aguayta 49917 Mantaro	Caplina Viru Santa Lacramarca Nepeña Casma San Juan Pisco Ica Grande Ocoña Camaná Quilca - Vitor - Chili Ilo - Moquegua Tambo Moche Urubamba Alto Apurimac Bajo Apurimac Tambopata	Pativilca Huaura Chancay - Huaral Chillón Rímac Lurín Mala Cañete

(2) Clasificación según las características naturales

Los resultados de la clasificación de las cuencas según las características naturales realizada de acuerdo con el método del apartado 4.1.1 están presentados por 3 sistemas hidrográficos básicos definidos por la ANA en las Figuras 4.1.6 a 4.1.8.

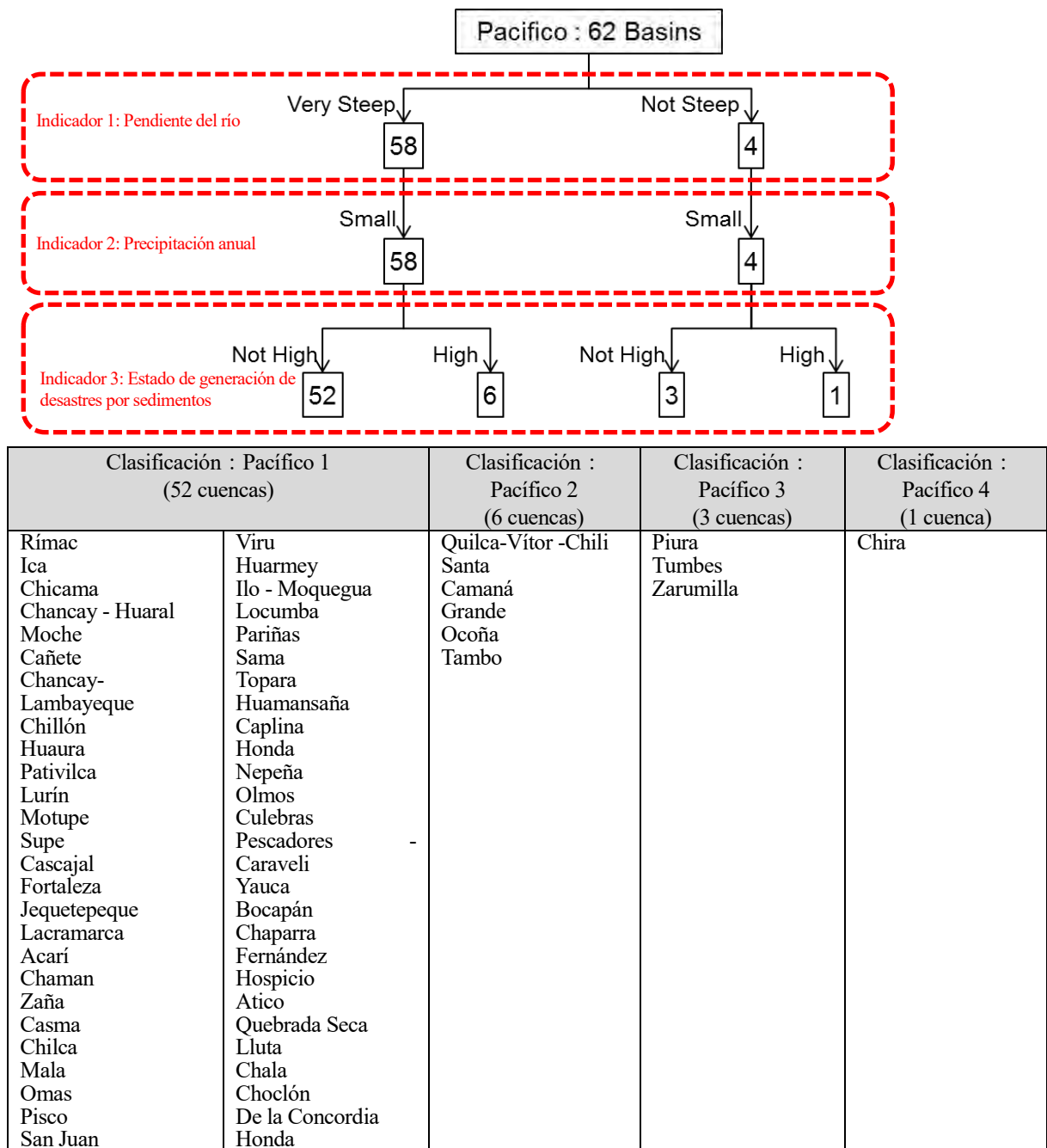
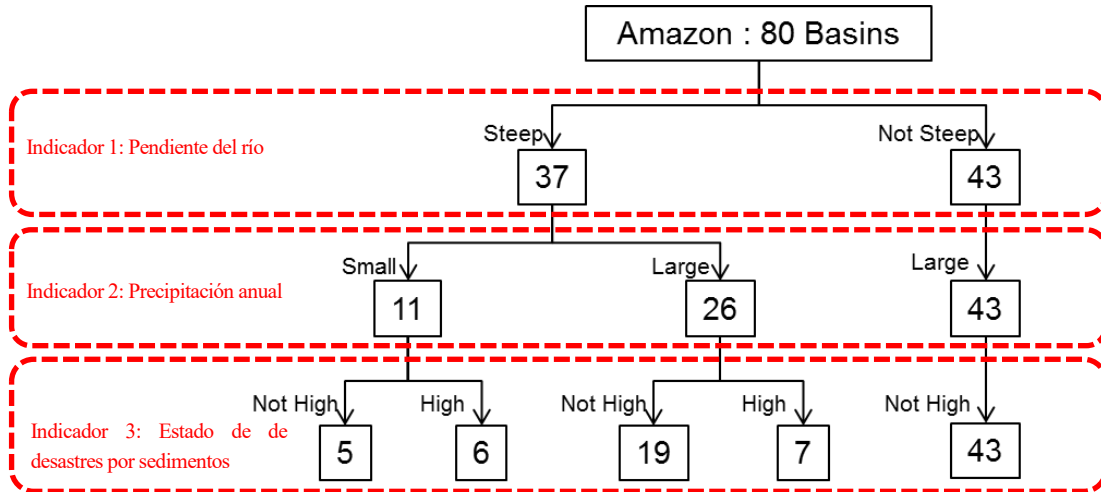
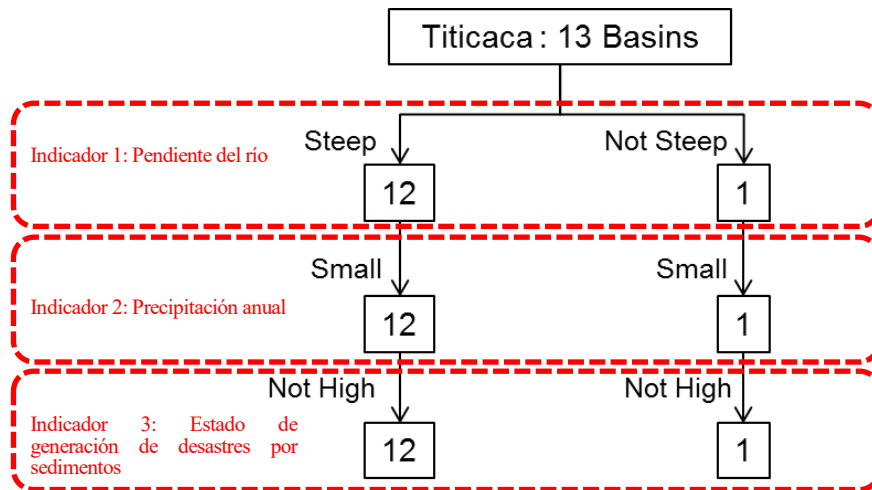


Figura 4.1.6 Análisis de la tipificación según las características naturales (Sistema hidrográfico del Pacífico)



Clasificación : Amazonas 1 (5 cuencas)	Clasificación : Amazonas 2 (6 cuencas)	Clasificación : Amazonas 3 (19 cuencas)		Clasificación : Amazonas 4 (7 cuencas)
Crisnejas Chamaya Chinchipe Alto Maraón III Alto Maraón II	Mantaro Alto Apurimac Pampas Alto Maraón V Alto Maraón IV Utcubamba	Aguayta Cenepa 49959 Anapati Tarau Pachitea Tambopata Bajo Apurimac Cutivireni	Medio Madre de Dios Paranapura Alto Acre Bajo Maraón Carhuapanas Cushabatay Potro 49957 Alto Iaco Poyeni	Urubamba Huallaga Perene Mayo Inambari Huayabamba Biabo
Clasificación : Amazonas 5 (43 cuencas)				
Medio Bajo Ucayali Alto Maraón I 49879 Santiago Tamaya 49953 Alto Yurua 49919 Nanay	49917 Alto Madre de Dios 49955 Putumayo Napo Tapiche 4977 49913	Medio Bajo Maraón Tigre 49299 49951 De Las Piedras Yavari 49915 Itaya	Pastaza Orthon Medio Bajo Madre de Dios Medio Alto Madre de Dios Morona 49871 49877 49911	49793 49797 Medio Maraón Manit Tahuayo 49791 49795 49799 49873 49875

Figura 4.1.7 Análisis de la tipificación según las características naturales (Sistema hidrográfico del Amazonas)



Clasificación : Titicaca 1 (12cuencas)			Clasificación : Titicaca 2 (1cuenca)
Coata	Huancane	Suches	Ramis
Azángaro	Callaccame	Mauri Chico	
Pucara	Ilpa	Caño	
Ilave	Maure	Ushusuma	

Figura 4.1.8 Análisis de la tipificación según las características naturales (Sistema hidrográfico del Titicaca)

(3) Evaluación integral por matriz

Se efectúa la evaluación integral elaborando una matriz combinando los resultados de la clasificación (1) y (2) arriba mencionada.

La evaluación integral por matriz se efectúa de acuerdo con los siguientes lineamientos.

- ✓ Se supone que en las cuencas con poca población y bajo PBI per cápita, las medidas de prevención de inundaciones serán de pequeña escala y estarán limitadas independientemente de la principal industria y las características naturales, por lo cual se agrupan en un tipo sin clasificarlas según las características industriales y naturales (corresponde al “Tipo 1” que se describirá más adelante).
- ✓ Se supone que en las cuencas con poca población pero alto PBI per cápita, las medidas de prevención de inundaciones se concentrarán en los principales lugares de la cuenca (incluyendo puntos importantes de transporte y/o fabricación) (protección local) independientemente de la principal industria y las características naturales, y se puede pensar que no es necesaria la clasificación por las características industriales y naturales, por lo cual se agrupan en un tipo (corresponde al “Tipo 2” que se describirá más adelante).
- ✓ Las cuencas cuyos resultados de la clasificación según la población y el PBI per cápita pertenecen al mismo tipo y además cuyas características topográficas y de precipitación pertenece al mismo tipo, pueden considerarse altamente similares, por lo cual se agrupan en un tipo independientemente de las

características industriales (corresponden al “Tipo 3”, “Tipo 5”, “Tipo6”, “Tipo 7” o “Tipo 9”, que se describirán más adelante).

- ✓ Las cuencas cuya población, cuyo PBI per cápita y cuyas características industriales pertenecen al mismo tipo, y además cuyas características topográficas o de precipitación pertenecen al mismo tipo, pueden considerarse altamente similares, por lo cual se agrupan en un tipo (corresponden al “Tipo 4”, “Tipo 8” o “Tipo 10”, que se describirán más adelante).

Los resultados de la tipificación efectuada de acuerdo con los lineamientos arriba mencionados se presentan en la Tabla 4.1.5, Tabla 4.1.6 y la Figura 4.1.9.

Cabe recordar que en cuanto a la alta o baja incidencia de los deslizamientos y huaycos, pese a que ésta no ha tenido influencia importante en el proceso de tipificación, se decidió continuar aplicando este indicador ("alta o baja incidencia de los deslizamientos y huaycos") considerando su importancia en el análisis de las futuras medidas contra los desastres, políticas de gestión de cuencas y en las características de la tipificación. Por ejemplo en el Tipo 8 correspondiente a las tierras bajas y llanas de la región amazónica donde por su baja ocurrencia de los deslizamientos y huaycos, se debe centrar los esfuerzos y acciones al control de inundaciones y desbordamientos, más que al control de sedimentos, para la gestión y reducción de riesgos de las cuencas.

			Pacífico				Amazonas					Titicaca	
			Topografía abrupta		Topografía suave		Topografía abrupta				Topografía suave	Topografía abrupta	Topografía suave
			Poca precipitación				Poca precipitación		Mucha precipitación			Poca precipitación	
			Pocos casos de desastres de sedimentos	Muchos casos de desastres de sedimentos	Pocos casos de desastres de sedimentos	Muchos casos de desastres de sedimentos	Pocos casos de desastres de sedimentos	Muchos casos de desastres de sedimentos	Pocos casos de desastres de sedimentos	Muchos casos de desastres de sedimentos	Pocos casos de desastres de sedimentos	Pocos casos de desastres de sedimentos	
Poca población	Bajo PBI per cápita	Industria 1	0	0	0	0	1	0	1	1	2	4	0
		Industria 2	2	0	0	0	0	0	5	0	22	0	0
		Industria 3	5	0	1	0	0	0	5	0	7	1	0
	Alto PBI per cápita	Industria 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Industria 2	15	0	0	0	0	0	3	0	5	2	0
		Industria 3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mucha población	Bajo PBI per cápita	Industria 1	0	0	0	0	1	0	2	1	5	1	
		Industria 2	4	0	0	0	4	3	2	1	4	0	0
		Industria 3	3	0	2	1	0	1	1	2	2	0	0
	Alto PBI per cápita	Industria 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Industria 2	10	6	0	0	0	1	2	1	0	0	0
		Industria 3	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*Los valores indican el número de cuencas correspondientes.

Figura 4.1.9 Matriz de análisis de la tipificación

Tabla 4.1.5 Resumen de cada tipo y supuestos puntos de atención para tomar medidas

Clasificación	Características	Supuestos puntos de atención a la hora de considerar posibles medidas	Número de cuencas
Tipo 1	Poca población y bajo PBI per cápita	Se supone que el objeto de la protección está limitado y el costo y los beneficios son relativamente pequeños.	57
Tipo 2	Poca población, pero alto PBI per cápita. La principal industria es la industria secundaria.	Además de la protección local de las zonas importantes, es importante proteger también la red vial y las bases de producción.	30
Tipo 3	Sistema hidrográfico del Pacífico. Mucha población y bajo PBI per cápita. Topografía abrupta y poca precipitación.	Se supone que desde el punto de vista de las características topográficas también es necesario prestar atención a las medidas de control de desastres de sedimentos.	7
Tipo 4	Sistema hidrográfico del Pacífico. Mucha población y bajo PBI per cápita. Topografía suave y poca precipitación. La principal industria es la industria terciaria.	Se supone la aplicación del control de inundación integral que se practica generalmente en Japón. También es esencial proteger las instalaciones importantes de administración pública y servicios.	3
Tipo 5	Sistema hidrográfico del Pacífico. Mucha población y alto PBI per cápita. Topografía abrupta y poca precipitación.	Se supone la construcción de diques, etc. en una amplia área, por lo cual es necesario prestar atención al traslado de viviendas.	24
Tipo 6	Sistema hidrográfico del Amazonas. Mucha población y bajo PBI per cápita. Topografía abrupta y poca precipitación.	Se supone que desde el punto de vista de las características topográficas también es necesario prestar atención a las medidas de control de desastres de sedimentos.	9
Tipo 7	Sistema hidrográfico del Amazonas. Mucha población y bajo PBI per cápita. Topografía abrupta y mucha precipitación.	Se supone que además de la prevención de inundaciones, también es importante tomar medidas contra desastres de sedimentos.	8
Tipo 8	Sistema hidrográfico del Amazonas. Mucha población y bajo PBI per cápita. Topografía suave y mucha precipitación. Pocos casos de desastres de sedimentos	Se suponen medidas que aprovechan la función retardadora de la cuenca como el anillo de diques (<i>ring levee</i>).	7
Tipo 9	Sistema hidrográfico del Amazonas. Mucha población y alto PBI per cápita. Principalmente topografía abrupta a lo largo de los Andes. La principal industria es la industria secundaria.	Además de la prevención de inundaciones, es necesario tomar medidas contra desastres de sedimentos. También es importante proteger la red vial y las bases de producción.	4
Tipo 10	Sistema hidrográfico del Titicaca. Mucha población y bajo PBI per cápita. Topografía abrupta y poca precipitación. La principal industria es la industria primaria.	Se supone la protección local de las zonas importantes y medidas que aprovechan la función retardadora de la cuenca.	6

Fuente: Equipo de Estudio

Tabla 4.1.6 Cuencas que pertenecen a cada tipo

Tipo 1 (57 cuencas)			Tipo 2 (30 cuencas)	
Olmos Bocapán Zarumilla Acarí Yauca Fernández Quebrada Seca Pariñas Tarau Alto Yurua 49299 49959 49957 Cutivireni Anapati Poyeni 49953 49951 49919	Tamaya 49915 Cushabatay Tapiche Carhuapanas Potro 49875 49871 49911 49879 49877 49873 Tahuayo 49799 49797 49795 Manit 49791	49793 Santiago Morona Biabo Putumayo Napo Tigre Pastaza Cenepa Bajo Marañón Medio Bajo Marañón Medio Marañón Medio Bajo Ucayali Yavari Alto Marañón II Ilpa Callaccame Maure Mauri Chico Suches	Atico Pescadores - Caraveli Chala Chaparra Topara Chilca Lluta Huamansaña Culebras Huarmey Fortaleza Supe Omas Locumba Sama	Hospicio Choclón Honda Honda De la Concordia Alto Acre Alto Iaco Medio Alto Madre de Dios Medio Madre de Dios Medio Bajo Madre de Dios Alto Madre de Dios De Las Piedras Orthon Ushusuma Caño
Tipo 3 (7 cuencas)	Tipo 4 (3 cuencas)	Tipo 5 (24 cuencas)		
Cascajal Motupe Chancay- Lambayeque Zaña Chaman Jequetepeque Chicama	Tumbes Piura Chira	Caplina Viru Santa Lacramarca Nepeña Casma Pativilca Huaura	Chancay - Huaral Chillón Rímac Lurín Mala Cañete San Juan Pisco	Ica Grande Ocoña Camaná Quilca - Vitor - Chili Ilo - Moquegua Tambo Moche
Tipo 6 (9 cuencas)	Tipo 7 (8 cuencas)	Tipo 8 (7 cuencas)	Tipo 9 (4 cuencas)	Tipo 10 (6 cuencas)
Crisnejas Alto Marañón IV Alto Marañón III Utcubamba Chamaya Chinchipe Mantaro Pampas Alto Marañón V	Inambari Perene Aguayta Huallaga Huayabamba Paranapura Mayo Pachitea	49955 49917 49913 Alto Marañón I Itaya Nanay 4977	Tambopata Urubamba Alto Apurímac Bajo Apurímac	Ramis Ilave Coata Azángaro Huancane Pucara

4.2 Selección de las cuencas modelo

4.2.1 Criterios de selección de las cuencas modelo

(1) Criterios básicos de selección

Los criterios de selección de la cuenca modelo que representa cada tipo son como se muestran a continuación:

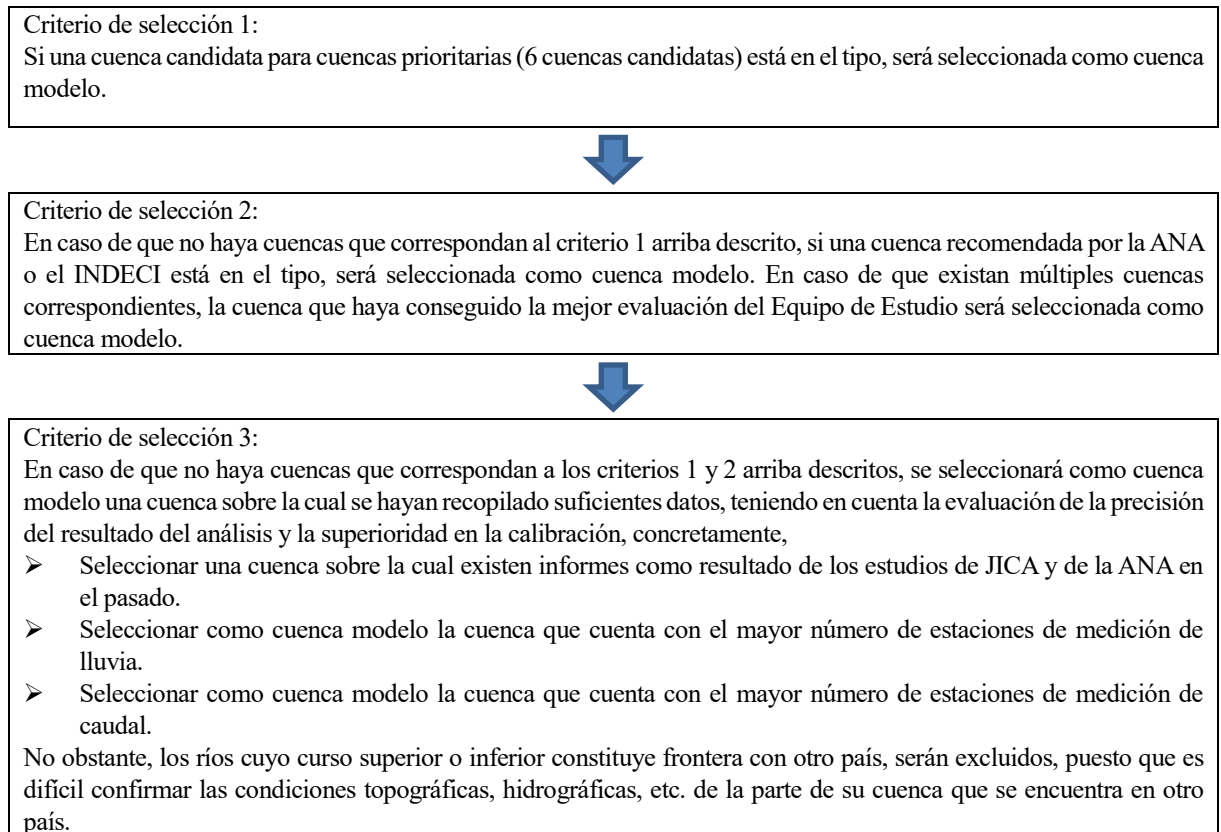


Figura 4.2.1 Criterios de selección de las cuencas modelo

(2) Tratamiento de los ríos compuestos por múltiples cuencas

En cuanto a los ríos compuestos por múltiples subcuencas tales como el río Huallaga y el río Ramis, para reproducir fielmente el proceso de desbordamiento/inundación de la cuenca en conjunto es necesario realizar el análisis hidráulico de los cursos superior e inferior y del río principal y afluentes integralmente.

Al considerar este punto, en caso de seleccionar como cuenca modelo el río Huallaga y/o el río Ramis, se debe hacer junto con sus afluentes, lo cual permite realizar un análisis hidráulico eficaz y al mismo tiempo facilita la verificación del proceso de desbordamiento/inundación a través de los cursos superior e inferior.

Teniendo en cuenta lo arriba mencionado, como se describirá más adelante, respecto a la cuenca modelo del “Tipo 1”, se selecciona como cuenca modelo el río Biabo, que es un afluente del río Huallaga.

4.2.2 Resultado de la selección de las cuencas modelo

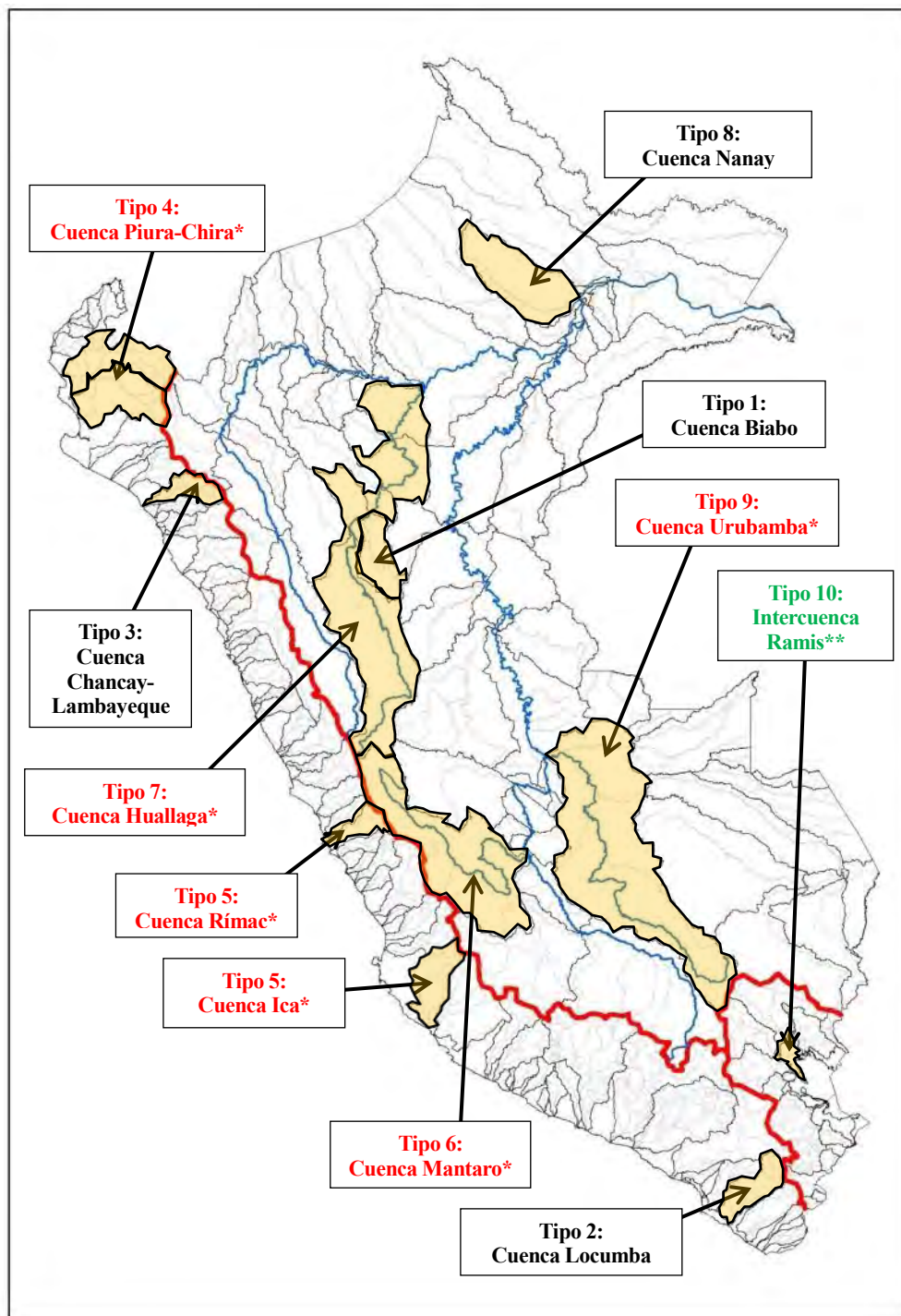
En la Tabla 4.2.1 y la Figura 4.2.2 se muestra el resultado de la selección. Cabe recordar que para el Tipo 5 se seleccionaron dos cuencas modelo: la del río Rímac y la del río Ica. Esto es para tomar en cuenta la diferencia

de la magnitud de población en el conjunto de las cuencas clasificadas en el Tipo 5. Es decir, primero se seleccionó la cuenca del río Ica que alberga una población representativa del Tipo 5, a la que se agregó la cuenca del río Rímac que alberga una población específica de un área metropolitana, a manera de reflejar las dos características en los subsiguientes estudios.

Tabla 4.2.1 Resultado de la selección de las cuencas modelo

Tipo	Características	Supuestos puntos de atención a la hora de considerar posibles medidas	Número de cuencas	Cuenca modelo (plan)
Tipo 1	Poca población y bajo PBI per cápita	Se supone que el objeto de la protección está limitado y el costo y los beneficios son relativamente pequeños.	57	Biabo
Tipo 2	Poca población, pero alto PBI per cápita. La principal industria es la industria secundaria.	Además de la protección local de las zonas importantes, es importante proteger también la red vial y las bases de producción.	30	Locumba
Tipo 3	Sistema hidrográfico del Pacífico. Mucha población y bajo PBI per cápita. Topografía abrupta y poca precipitación.	Se supone que desde el punto de vista de las características topográficas también es necesario prestar atención a las medidas de control de desastres de sedimentos.	7	Chancay-Lambayeque
Tipo 4	Sistema hidrográfico del Pacífico. Mucha población y bajo PBI per cápita. Topografía suave y poca precipitación. La principal industria es la industria terciaria.	Se supone la aplicación del control de inundación integral que se practica generalmente en Japón. También es esencial proteger las instalaciones importantes de administración pública y servicios.	3	Piura-Chira*
Tipo 5	Sistema hidrográfico del Pacífico. Mucha población y alto PBI per cápita. Topografía abrupta y poca precipitación. Sistema hidrográfico del Amazonas. Mucha población y bajo PBI per cápita. Topografía abrupta y poca precipitación.	Se supone la construcción de diques, etc. en una amplia área, por lo cual es necesario prestar atención al traslado de viviendas. Se supone que desde el punto de vista de las características topográficas también es necesario prestar atención a las medidas de control de desastres de sedimentos.	24	Rímac*
				Ica*
Tipo 6	Sistema hidrográfico del Amazonas. Mucha población y bajo PBI per cápita. Topografía abrupta y mucha precipitación.	Se supone que además de la prevención de inundaciones, también es importante tomar medidas contra desastres de sedimentos.	9	Mantaro*
Tipo 7	Sistema hidrográfico del Amazonas. Mucha población y bajo PBI per cápita. Topografía suave y mucha precipitación. Pocos casos de desastres de sedimentos	Se supone que el objeto de la protección está limitado y el costo y los beneficios son relativamente pequeños.	8	Huallaga*
Tipo 8	Poca población y bajo PBI per cápita	Se suponen medidas que aprovechan la función retardadora de la cuenca como el anillo de diques (<i>ring levee</i>).	7	Nanay
Tipo 9	Sistema hidrográfico del Amazonas. Mucha población y alto PBI per cápita. Principalmente topografía abrupta a lo largo de los Andes. La principal industria es la industria secundaria.	Además de la prevención de inundaciones, es necesario tomar medidas contra desastres de sedimentos. También es importante proteger la red vial y las bases de producción.	4	Urubamba*
Tipo 10	Sistema hidrográfico del Titicaca. Mucha población y bajo PBI per cápita. Topografía abrupta y poca precipitación. La principal industria es la industria primaria	Se supone la protección local de las zonas importantes y medidas que aprovechan la función retardadora de la cuenca.	6	Ramis**

* : Cuenca candidata para cuenca prioritaria ** : Cuenca recomendada por la ANA



* : Cuenca prioritaria (plan) ** : Cuenca recomendada por la ANA

Figura 4.2.2 Ubicación de las cuencas modelo (plan)

Capítulo 5 Análisis de la precipitación

En este capítulo se efectuará el análisis de la precipitación para definir la fuerza externa objeto del análisis y en el siguiente capítulo se describirá el análisis de escorrentía /inundación que utiliza el modelo RRI.

5.1 Análisis de la precipitación

5.1.1 Escala de probabilidad de precipitación objeto del análisis

Para calcular los posibles beneficios del proyecto de prevención de inundaciones, se establecen los siguientes casos tomando como límite superior la escala de probabilidad de precipitación de una vez por cada 100 años (escala de inundación de diseño de la zona urbana en las directrices del MEF)

Tabla 5.1.1 Escala de probabilidad de precipitación objeto del análisis

No.	Escala de probabilidad (período de reaparición)
1	2 años
2	5 años
3	10 años
4	25 años
5	50 años
6	100 años

5.1.2 Duración de la precipitación de diseño

A partir de 2014 el SENAMHI acumula datos de monitoreo de precipitaciones por hora, pero todavía el período de acumulación es corto para analizar la precipitación de diseño que se aproveche para el plan de control de inundaciones. Por consiguiente, se utilizan datos de precipitación diaria cuyo período de acumulación es largo, así que la duración de la precipitación de diseño estará basada en la precipitación diaria. La duración de la precipitación de diseño se determinará por uno de los siguientes métodos de acuerdo con las características de la cuenca y/o el estado de ordenamiento de los datos.

< Método de determinación de la duración de la precipitación de diseño >

- En las cuencas sobre las cuales se efectuaron estudios en el pasado, especialmente los del sistema hidrográfico del Pacífico, se determinará la duración de la precipitación de diseño, comparando los detalles como la superficie de la cuenca y la pendiente del lecho con los casos de estudios anteriores en Perú.
- En las cuencas sobre las cuales hay datos de caudal, se compararán datos en orden cronológico de caudal y precipitación en el momento de las inundaciones del pasado. De acuerdo con los momentos de máximo caudal y de precipitación, se supondrá el tiempo de llegada de la inundación en la cuenca. Al considerar que más o menos se tarda el doble de la diferencia de tiempo que existe entre el momento de máximo caudal y el momento de máxima precipitación hasta que llegue la inundación, se realizará el cálculo de ensayo y se determinará la duración de la precipitación.
- En caso de que no haya casos de estudios anteriores ni datos de caudal, se determinará la duración de la precipitación a partir del patrón de precipitación real (pluviograma) en las principales lluvias

del pasado. En cuanto al patrón de precipitación, se utilizan los datos de satélite (datos de precipitación por hora) en el caso de no disponerse de los datos reales de la cuenca o de la región.

Tabla 5.1.2 Determinación de la duración de la precipitación (cuencas modelo)

Priorizada o Modelo	Nombre del río	Superficie de la cuenca (km ²)	Pendiente del río (1/I)	Tiempo hasta la llegada de la inundación ¹⁾ (Hora)	Duración de la precipitación (Hora)	Razón de la determinación de la duración de la precipitación
Priorizada/ Modelo	Chira	10,679	982	39	24	En los informes de estudios anteriores ²⁾ la duración de la precipitación del sistema hidrográfico del Pacífico era entre 6 y 12 horas aproximadamente. También en el análisis de escorrentía, generalmente se establece que la duración de la precipitación es de 24 horas, por lo cual, en cuanto a las cuencas del sistema hidrográfico del Pacífico, se determina que la duración de la precipitación es de 24 horas , siguiendo los resultados de los análisis anteriores.
Priorizada/ Modelo	Piura	11,019	142	42	24	
Priorizada/ Modelo	Rímac	3,504	30	12	24	
Priorizada/ Modelo	Ica	7,341	54	27	24	
Información referencial *2	Quilca-Vitor-Chili	13,549	58	24	24	
Priorizada/ Modelo	Mantaro	34,547	199	91	48	Se calculó la precipitación media de la cuenca utilizando los datos de precipitación de satélite de la cuenca (datos por hora: a partir de marzo de 2000) y de acuerdo con la curva masa de las 10 inundaciones más grandes (véase la Figura 5.1.1), se determinó la duración de la precipitación.
Priorizada/ Modelo	Urubamba	59,071	181	113	48	
Priorizada/ Modelo	Huallaga	55,109	279	-	384	Al comparar la superficie de la cuenca con el río Biabo, que es un afluente del río Huallaga y tiene una pendiente equivalente, se determina que la duración de la precipitación es de 16 días.
Modelo	Biabo	7,149	316	24	48	No existen datos de monitoreo de la precipitación horaria de la cuenca, por lo que se tomaron los datos del patrón de precipitación en un evento de exceso de lluvias de los últimos años tomados Huayabamba que es la estación más cercana. Así se definió en 48 horas.

Priorizada o Modelo	Nombre del río	Superficie de la cuenca (km ²)	Pendiente del río (1/I)	Tiempo hasta la llegada de la inundación ¹⁾ (Hora)	Duración de la precipitación (Hora)	Razón de la determinación de la duración de la precipitación
Modelo	Locumba	5,862	42	-	24	En los informes de estudios anteriores ^{※1} la duración de la precipitación del sistema hidrográfico del Pacífico era entre 6 y 12 horas aproximadamente. También en el análisis de escorrentía, generalmente se establece que la duración de la precipitación es de 24 horas, por lo cual, en cuanto a las cuencas del sistema hidrográfico del Pacífico, se determina que la duración de la precipitación es de 24 horas, siguiendo los resultados de los análisis anteriores.
Modelo	Chancay-Lambayeque	4,061	53	-	24	
Modelo	Nanay	16,706	5,237	-	144	La pendiente del río es sumamente suave y las características de la cuenca son muy diferentes de otras cuencas modelo y cuencas prioritarias. Además, no se disponen de los datos de precipitación horaria real de la cuenca o de la cercanía. Por lo tanto, se analizaron las duraciones de precipitaciones representativas en los últimos años, utilizando los datos de precipitación de satélite (GSMaP). Como resultado, se determina que la duración de la precipitación es de 144 horas.
Modelo	Ramis ²⁾	16,045 ²⁾	384	-	72	En base a los datos del patrón de precipitación en un evento de exceso de lluvias de los últimos años tomados la Estación de Ayaviri de la misma cuenca. Así se definió en 72 horas.

※1: Estudio preparatorio del Programa de protección de valles y poblaciones rurales vulnerables ante inundaciones del Perú, marzo de 2013, JICA

*2: Como se indica en el Capítulo 3, estos ríos serán excluidos de las cuencas prioritarias. Sin embargo, se incluyeron en esta lista como información referencial, ya que se realizó el análisis de precipitación.

1) Se indica el tiempo estimado que un río corre para algunas cuencas de ríos donde hay registros de descargas de dichos ríos.

2) Se incluyen las cuencas de los ríos Azangaro y Pucara, que se encuentran en el curso superior.

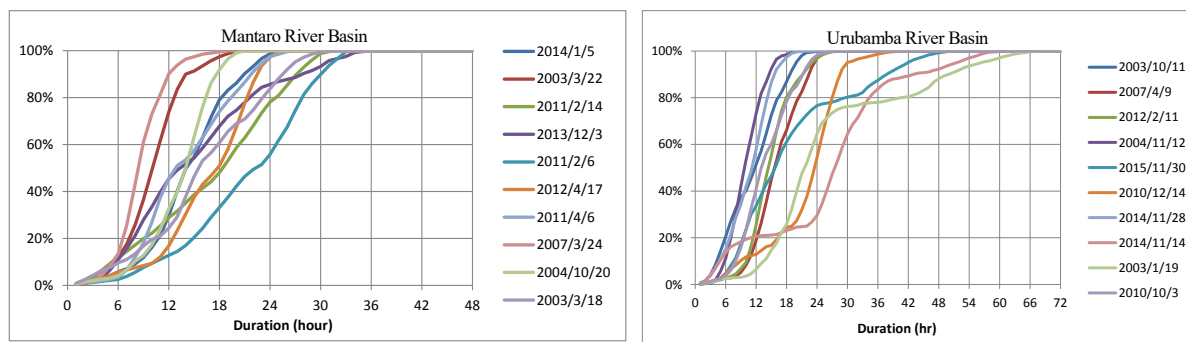


Figura 5.1.1 Duración de la precipitación en las cuencas de los ríos Mantaro y Urubamba en las 10 inundaciones más grandes

5.1.3 Cálculo del promedio de precipitación mayor del año

De acuerdo con los datos de precipitación en tierra se calcula la precipitación máxima del año de cada estación pluviométrica. Después, aplicando el método de Thiessen, se calcula el valor máximo de cada año de la precipitación media de la cuenca. Después se efectúa el análisis estadístico hidrológico, tomando como muestras los valores máximos de la precipitación media de la cuenca en orden cronológico, y se calcula la precipitación según la probabilidad respecto a todo el período donde es posible calcular (respecto al resultado del cálculo de la precipitación según la escala de probabilidad, véase la Tabla 5.1.6).

A la hora de realizar el cálculo de la precipitación media de la cuenca, se seleccionarán las estaciones pluviométricas, teniendo en cuenta el período de observación y el estado de falta de datos. El criterio de selección de las estaciones se presenta en la Tabla 5.1.3.

Tabla 5.1.3 Criterio de selección de las estaciones pluviométricas a las cuales se aplica el método de Thiessen

Concepto	Detalle	Nota
Período de observación	Seleccionar las estaciones cuyo período de observación es de 40 años o más.	—
Estado de falta de datos	Seleccionar las estaciones donde el número de días en que faltan datos no llega a los 48 días	Según el manual de procesamiento de datos estadísticos de observación hidrológica (Ministerio de Tierra, Infraestructura, Transporte y Turismo de Japón), “en caso de que el número de días en que faltan datos de precipitación diaria llegue a 4 días o más al mes, se considera que faltan datos de precipitación mensual”. En este sentido, se descartará desde la muestra el año en que faltan datos durante 48 días o más en total.

5.1.4 Determinación del pluviograma de diseño

Para captar la inundación en la cuenca objeto con la mayor precisión posible, se requieren datos de precipitación por hora, pero en Perú los datos de precipitación por hora que se pueden adquirir en las estaciones en terreno están limitados.

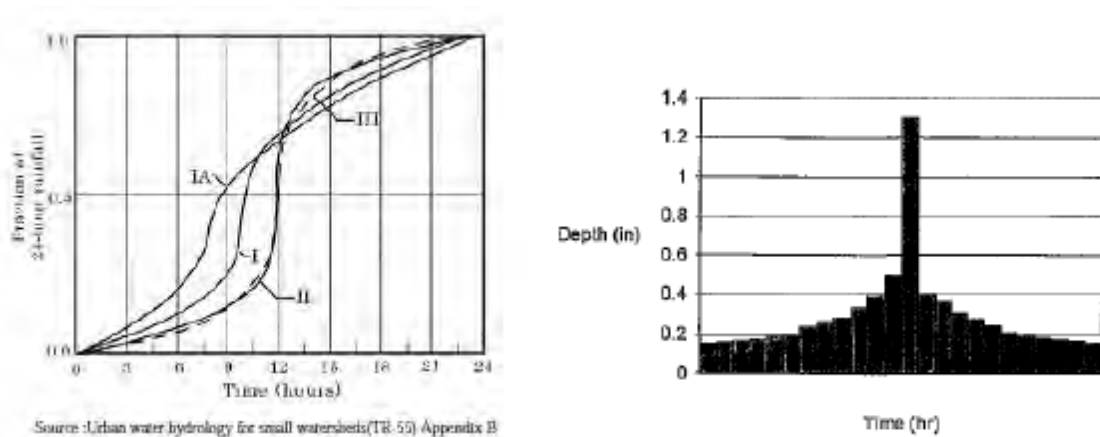
En el presente trabajo, se determinará el pluviograma dividiendo las cuencas entre las del sistema hidrográfico del Pacífico, sobre el cual hasta cierto grado se ha comprendido el patrón de precipitación gracias a los estudios anteriores, y las otras cuencas.

Además, sobre las otras cuencas que no pertenecen al sistema hidrográfico del Pacífico, en caso de que la

superficie de la cuenca sea grande, el patrón de precipitación varía dentro de la cuenca, por lo cual es difícil determinar el pluviograma de un sitio como pluviograma que representa toda la cuenca. Entonces, se dividirá en (1) y (2), dependiendo de la superficie.

【Sistema hidrográfico del Pacífico】

- De acuerdo con los estudios anteriores, el patrón de precipitación en el centro y sur del sistema hidrográfico del Pacífico, es parecido al tipo II de la curva de precipitación de 24 horas definido en EE.UU. (Figura 5.1.2), por lo cual se seleccionó el pluviograma del Tipo II como pluviograma modelo.
- Se amplió el pluviograma modelo seleccionado arriba por un determinado porcentaje para que la precipitación total durante su duración coincidiera con la precipitación según la escala de probabilidad y se determinó el pluviograma ampliado como pluviograma de diseño.



Pecipitación acumulada en 24 horas

Reparto de la precipitación en 24 horas

Fuente: Estudio preparatorio del programa de protección de valles y poblaciones rurales vulnerables ante inundaciones, marzo de 2013, JICA

Figura 5.1.2 Tipo de curva de precipitación de 24 horas y reparto de precipitación por hora

【Otras cuencas que no pertenecen al sistema hidrográfico del Pacífico (1): Cuencas cuya superficie es relativamente pequeña (menos de 30,000 km²)】

- Se definió el punto representativo de cada cuenca (véase la Tabla 5.1.4 mostrada abajo) y se extrajeron los datos de GSMaP correspondientes.
- Se extrajeron múltiples pluviogramas del punto arriba mencionado en momentos de generación de fuertes lluvias de los últimos años y se seleccionó el pluviograma más representativo como pluviograma modelo.
- Se amplió el pluviograma modelo seleccionado arriba por un determinado porcentaje para que la precipitación total durante su duración coincidiera con la precipitación según la escala de probabilidad calculada utilizando los datos de monitoreo de precipitación terrestre y se determinó el pluviograma ampliado como pluviograma de diseño.

Tabla 5.1.4 Punto representativo de cada cuenca para adoptar el pluviograma

Nombre del río	Punto representativo	Razón de la selección
Biabo	Nuevo Lima (Longitud oeste 76,45 grados, latitud sur 7,15 grados)	Contiene Nuevo Lima, ciudad representativa de la cuenca y es el punto que cubre la estación pluviométrica (Nuevo Lima) con el más largo período de observación en la cuenca
Nanay	Santa María de Nanay (Longitud oeste 73,65 grados, latitud sur 3,85 grados)	Es el punto que cubre la estación pluviométrica (Santa María de Nanay) con el más largo período de observación en la cuenca
Ramis	Taraco (Longitud oeste 69,95grados, latitud sur 15,25 grados)	Contiene Taraco, ciudad representativa de la cuenca y es el punto que cubre la estación pluviométrica (Taraco) con el más largo período de observación en la cuenca

【Otras cuencas que no pertenecen al sistema hidrográfico del Pacífico (2): Cuencas cuya superficie es relativamente grande (30,000 km² o más)】

- En caso de que la superficie de la cuenca sea superior a 30,000 km², si se tiene en cuenta la diversidad de patrones de precipitación dentro de la cuenca, es difícil considerar el pluviograma de un sitio como pluviograma representativo de la cuenca, por lo que se calculó el pluviograma utilizando los datos del GSMaP correspondiente a la cuenca.
- Se decidió adoptar como pluviograma modelo el pluviograma del período cuya precipitación total era la mayor.
- Se amplió el pluviograma modelo seleccionado arriba por un determinado porcentaje para que la precipitación total durante su duración coincidiera con la precipitación según la escala de probabilidad calculada utilizando los datos de monitoreo de precipitación terrestre y se determinó el pluviograma ampliado como pluviograma de diseño.

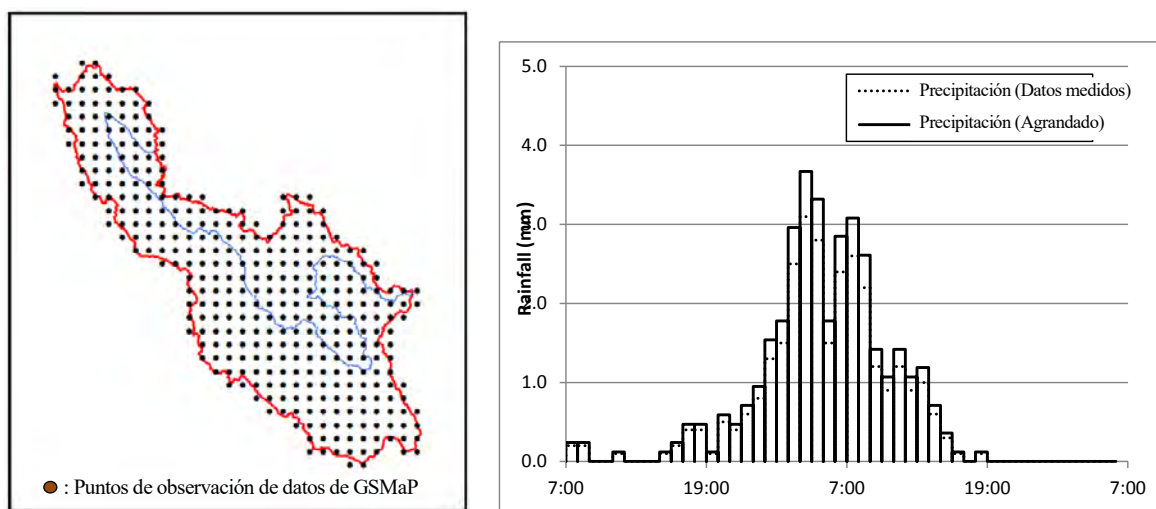


Figura 5.1.3 Ejemplo de ampliación de la precipitación (río Mantaro)

5.1.5 Realización del análisis de la precipitación

Se realizará el análisis de la precipitación de acuerdo con la idea arriba mencionada. Para el análisis de la precipitación se adoptará el modelo más adecuado entre los modelos de distribución de probabilidad indicados en la Tabla 5.1.5 de abajo. Concretamente, se seguirá la siguiente idea.

- Extraer modelos en los que SLSC⁶ que se utiliza como criterio de juicio de la conformidad es de 0,04 o menos:
- Entre los modelos de distribución de probabilidad arriba mencionados, se adoptará el modelo en el que el error de estimación del método Jackknife sea el mínimo.
- Cuando no existan modelos de distribución de probabilidad en los que SLSC sea de 0,04 o menos, se adoptará el modelo en el que el SLSC sea el mejor.

Tabla 5.1.5 Modelos de distribución de probabilidad

No.	Modelo de distribución de probabilidad	
1	Exp	Distribución exponencial
2	Gumbel	Distribución de Gumbel
3	SprtEt	Raíz cuadrada del tipo exponencial (sqrt-ETmax)
4	Gev	Distribución generalizada del valor extremo
5	LP3Rs	Distribución Log Pearson tipo III (Método de espacio real)
6	LogP3	Distribución Log Pearson tipo III (Método de espacio logarítmico)
7	Iwai	Método Iwai
8	IshiTaka	Método Ishi Taka
9	LN3Q	Distribución normal logarítmica 3Q
10	LN3PM	Distribución normal logométrica 3PM (Slade II)
11	LN2LM	Distribución normal logométrica 2LM (Slade I, método de momentos L)
12	LN2PM	Distribución normal logométrica 2PM (Slade I, método de momentos)

El resultado del análisis de la precipitación se presenta en la siguiente tabla y en las Figura 5.1.4 a Figura 5.1.6. Asimismo, los pluviogramas adoptados en las respectivas cuencas se presentan en las Figura 5.1.7 y Figura 5.1.8.

Tabla 5.1.6 Resultado del cálculo de precipitación según la escala de probabilidad

Nombre del río	Duración de precipitación (Horas)	Precipitación total durante la duración (mm)					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Chira	24	23.2	34.1	41.8	52.3	60.5	69.2
Piura	24	20.7	36.3	49.5	70.2	89.0	110.9
Rímac	24	9.2	12.0	14.0	16.7	18.8	20.9
Ica	24	7.6	11.7	15.4	21.5	27.3	34.4
Qca-Vitor-Chili	24	9.4	12.9	15.4	18.8	21.6	24.6
Mantaro	48	21.7	25.5	28.0	31.1	33.5	35.8
Urubamba	48	42.4	61.0	73.3	88.9	100.5	111.9
Huallaga	384	233.0	268.6	289.2	312.9	329.1	344.4
Biabo	48	93.5	123.0	141.9	165.1	181.9	198.4
Locumba	24	8.4	12.0	14.3	17.4	19.6	21.8
Chancay-Lambayeque	24	37.1	48.3	55.8	65.2	72.2	79.1
Nanay	144	79.9	109.5	129.0	153.5	171.6	189.7
Ramis	72	52.8	59.9	64.0	68.6	71.8	74.8

⁶ Standard Least Square Criterion (SLSC): Indicador para juzgar el grado de conformidad entre la muestra y la distribución de probabilidad

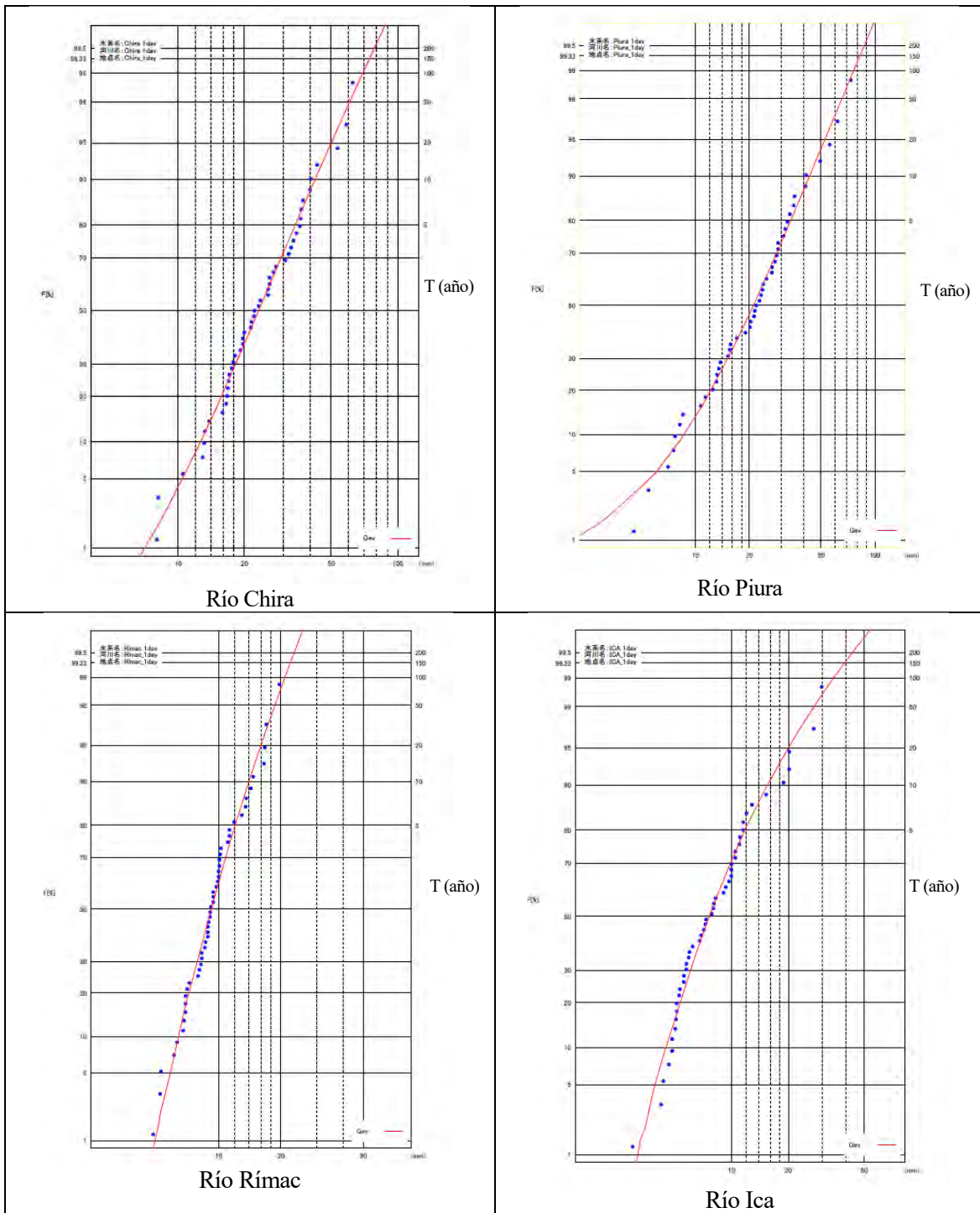


Figura 5.1.4 Resultado del análisis de la precipitación (1/3)

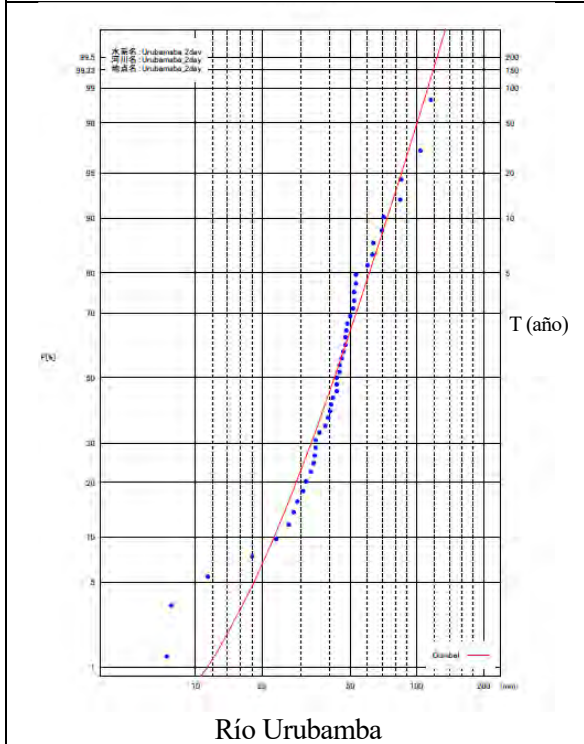
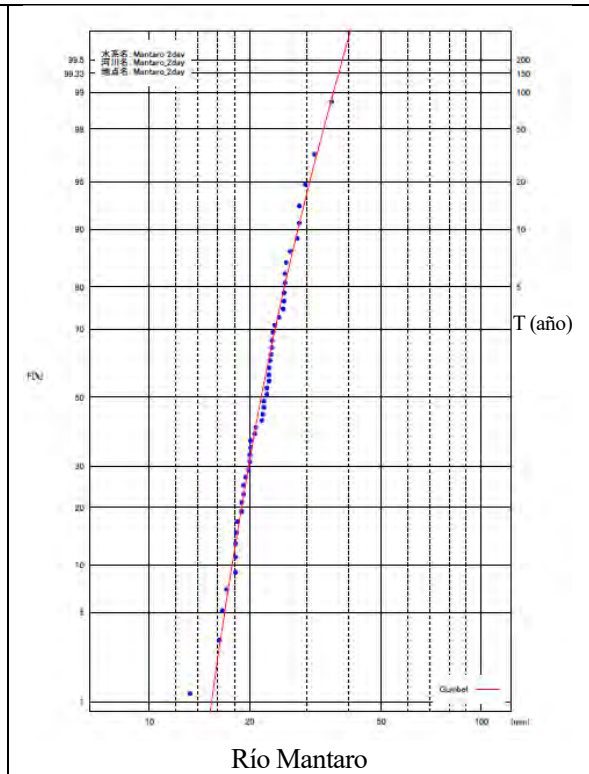
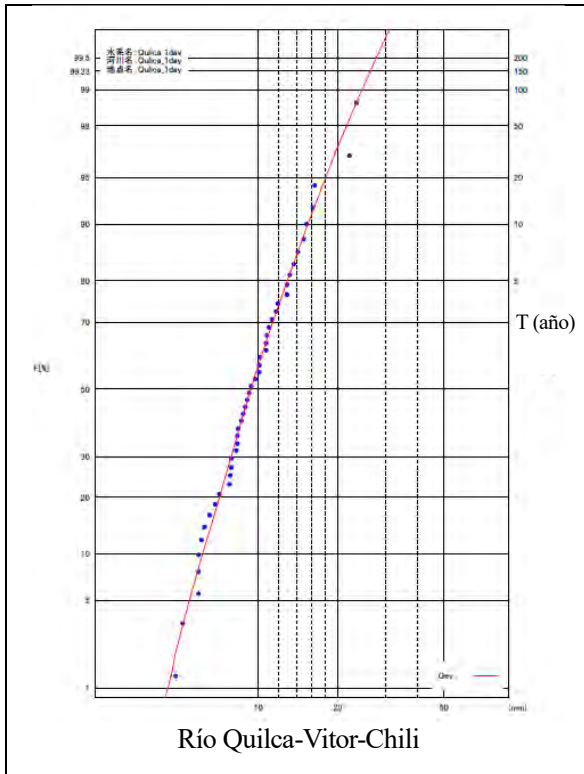


Figura 5.1.5 Resultado del análisis de la precipitación (2/3)

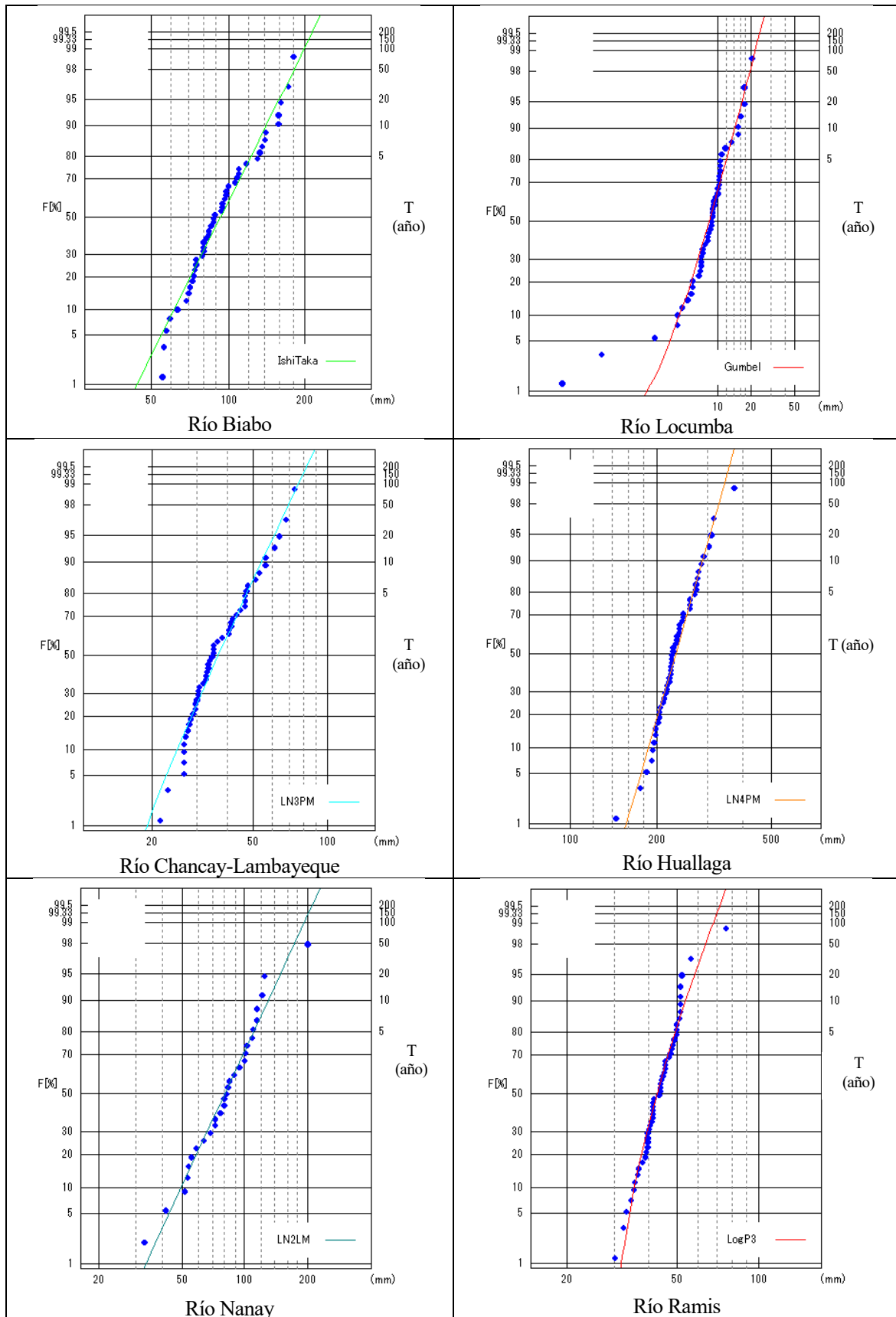


Figura 5.1.6 Resultado del análisis de la precipitación (3/3)

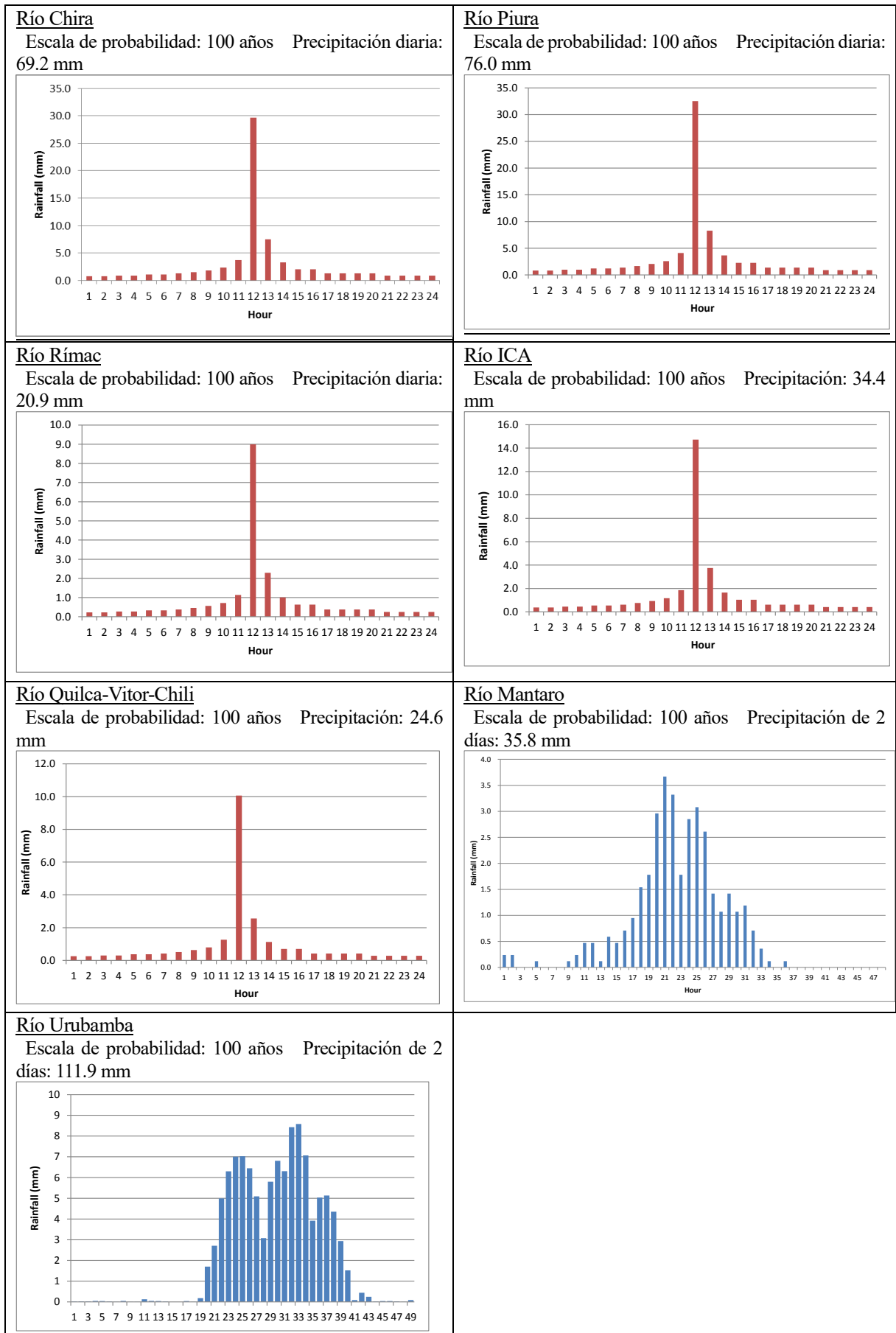


Figura 5.1.7 Pluviograma de precipitación de 100 años (1/2)

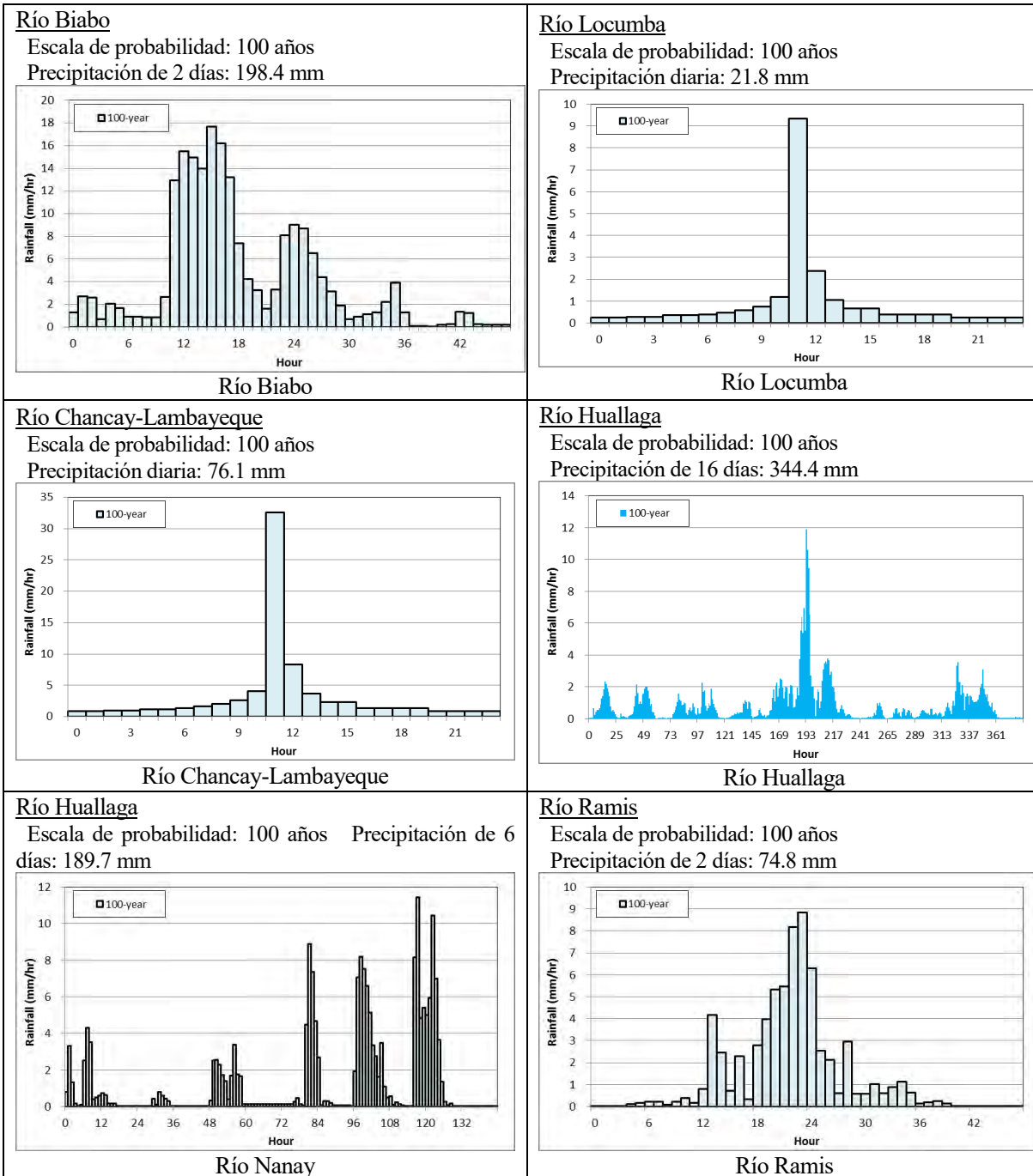


Figura 5.18 Pluviograma de precipitación de 100 años (2/2)

Capítulo 6 Realización del reconocimiento de campo

6.1 Objetivo del reconocimiento de campo

El Equipo de Estudio realizó el reconocimiento de campo, principalmente en las 6 cuencas seleccionadas como cuencas prioritarias en el Capítulo 3, en la primera y segunda etapa de estudio en Perú para los siguientes objetivos:

- Revisión de las medidas (estructurales) contra inundaciones para obtener los datos necesarios para la estimación del costo del Proyecto; y
- Verificación de si el costo aproximado del proyecto está conforme

En el Capítulo 13 se presentan los resultados de los estudios de los daños de inundaciones, identificación de necesidades y del reconocimiento en campo ejecutado después de las inundaciones de 2017.

6.2 Resumen del reconocimiento de campo

El Equipo de Estudio realizó el reconocimiento de campo en las cuencas objeto del estudio y hizo lo siguiente en cada cuenca tomando 2 ó 3 días respectivamente:

- Verificación de los sitios donde se generaron inundaciones en el pasado;
- Verificación de los sitios sobre los cuales hay problemas respecto a la gestión del río; y
- Entrevistas con las AAA y ALA locales y personas relacionadas de las autoridades locales según las necesidades

Asimismo, el reconocimiento de campo en cada cuenca objeto del estudio se efectuó en colaboración con la ANA, y la AAA y la AAA que gestionan la cuenca.

A continuación se resumirán en la Tabla 6.2.1 las cuencas donde se realizó el reconocimiento de campo en el presente estudio y su proceso.

Tabla 6.2.1 Resumen del proceso de realización del reconocimiento de campo

Cuenca donde se realizó el reconocimiento de campo	Proceso	Nota
Piura-Chira	11 y 12 de mayo de 2016	Cuenca prioritaria
Rímac	15 y 16 de agosto de 2016	Cuenca prioritaria
Ica	17 y 18 de agosto de 2016	Cuenca prioritaria
Mantaro	22, 23 y 24 de agosto de 2016	Cuenca prioritaria
Huallaga	15, 16 y 17 de agosto de 2016	Cuenca prioritaria
Urubamba	29, 30 y 31 de agosto de 2016	Cuenca prioritaria
Nanay	30 y 31 de agosto y 1 de septiembre de 2016	Es el río seleccionado como río representativo de la cuenca modelo, pero al recibir descargas desde la cuenca de un río grande (Amazonas), la forma de inundaciones en la ciudad de Iquitos, etc. situada en su cuenca tiene características diferentes de otras cuencas. También había una petición de la ANA, por lo que se efectuó el reconocimiento de campo

Fuente: Tabla elaborada por el Equipo de Estudio

6.3 Resultado del reconocimiento de campo

A continuación se indicará el resultado del reconocimiento de campo resumido por cuencas. El resultado de las entrevistas efectuadas en el reconocimiento de campo será uno de los materiales básicos para el análisis de escorrentía y de crecidas del Capítulo 7 y la formulación de proyectos de prevención de desastres en las cuencas prioritarias y cuencas modelo del Capítulo 9.

6.3.1 Cuenca de los ríos Piura y Chira

(1) Implementación del proyecto de control de inundaciones en la cuenca de los ríos Piura-Chira

En los ríos Piura y Chira están construidos diques como medidas contra inundaciones y según algunas opiniones no se han generado daños de inundaciones por desbordamientos de los ríos en las últimas décadas. Según el “Estudio preparatorio del Programa de protección de valles y poblaciones rurales vulnerables ante inundaciones”, algunos tramos responden a la inundación con el período de retorno de 50 años mediante la construcción de diques, etc. Estos detalles se considerarán en el “análisis de escorrentía y de crecidas” que se efectúa en el Capítulo 7. Asimismo, en el "análisis de inundaciones -escorrentía" del Capítulo 7 se tomaron en cuenta los resultados del reconocimiento en campo ejecutado después de las inundaciones de 2017 del que se describe en el el Capítulo 13.

(2) Generación de inundaciones en la cuenca Piura –Chira por inundación interior del dique

Mediante la entrevista con las personas relacionadas con el gobierno regional se ha aclarado que actualmente el problema de inundaciones de la ciudad de Piura se concentra en inundaciones interiores del dique (el sistema de drenaje es insuficiente o afluentes pequeños se desbordan).

Sin embargo, es posible que el análisis por el modelo RRI que se realiza en el Capítulo 7 no esclarezca los daños exactos de dichas inundaciones, etc. Por lo tanto, es necesario considerarlo separadamente según las necesidades.

(3) Estado de la inundación de 1988 en la cuenca Piura-Chira

Se entrevistó a las personas relacionadas locales sobre el estado de la inundación de 1988 (véanse las fotos del estado de la inundación de entonces). Según dichas personas, las zonas bajas de la ciudad de Piura quedaron inundadas. Pero, el centro de la ciudad no sufrió inundaciones gracias a los diques construidos hasta entonces.



Figura 6.3.1 Estado de la cuenca Chira-Piura



Fuente: Ing. Francisco Morocho Calle (Proyecto Chira-Piura)

Figura 6.3.2 Estado del río Piura en el momento de la inundación de 1998

6.3.2 Cuenca del río Rímac

(1) Estado de daños por inundaciones en la actual cuenca del río Rímac

En cuanto al curso principal del río Rímac, frecuentemente se generan daños de inundaciones en el curso superior y medio. Por otra parte, en cuanto a El Callao situado en el curso más bajo del río, el riesgo de inundaciones es bajo, puesto que a pensar de ser tierra baja están construidos muros de hormigón a lo largo del río.

En la siguiente Tabla 6.3.1 se resumen las zonas que siempre sufren daños por inundaciones en el curso principal del río Rímac.

Tabla 6.3.1 Resumen de los daños por inundaciones en el curso principal del río Rímac

Municipalidad	Nombre del lugar	Estado de inundaciones
Matucana	Guaripache	El río Rímac se desborda en un tramo de unos 1000 m, azotando a unas 50 familias.
San Mateo	Pite	El río Rímac se desborda en un tramo de unos 800 m, azotando a unas 100 familias. Alrededor del kilómetro 95 de la carretera nacional se generó una inundación de gran escala en 1998. Cuando se generan inundaciones, 2 puentes quedan intransitables.
	Sucro	La erosión de las riberas es grave.
Santa Eulalia	-	A lo largo del río Rímac hay una toma de agua del grifo, la cual sufre daños en caso de inundaciones. Unas 7000 familias son afectadas por los daños a esta fuente de suministro de agua. Algunos sitios cuentan con dique/protección de la ribera como medidas contra inundaciones, pero debido a los daños por la erosión está en aumento el riesgo de inundaciones y el riesgo de daños a los puentes.

Municipalidad	Nombre del lugar	Estado de inundaciones
Chosica	María Parado de Bellido	Se construyeron diques y protección de la libera como medidas contra inundaciones, pero debido a los daños por la erosión otra vez está en aumento el riesgo de inundaciones. Se calcula que actualmente unas 500 familias pueden sufrir daños por inundaciones.
Chaclacayo	Hijo de Santa Ines	Cuando se generan inundaciones, los alrededores quedan anegados. Actualmente, el Ministerio de Vivienda efectúa la excavación del lecho del río.
	Alrededores del puente Bayli	Habitantes ilegales reducen el canal del río.

Fuente: Tabla elaborada por el Equipo de Estudio

Asimismo, se pudo confirmar que el flujo de lodo y arena provenientes de las pequeñas cuencas (quebradas) verificadas a través de las entrevistas, afectaba a los 2 sitios del río Rímac, los cuales están señalados en la siguiente Tabla 6.3.2.

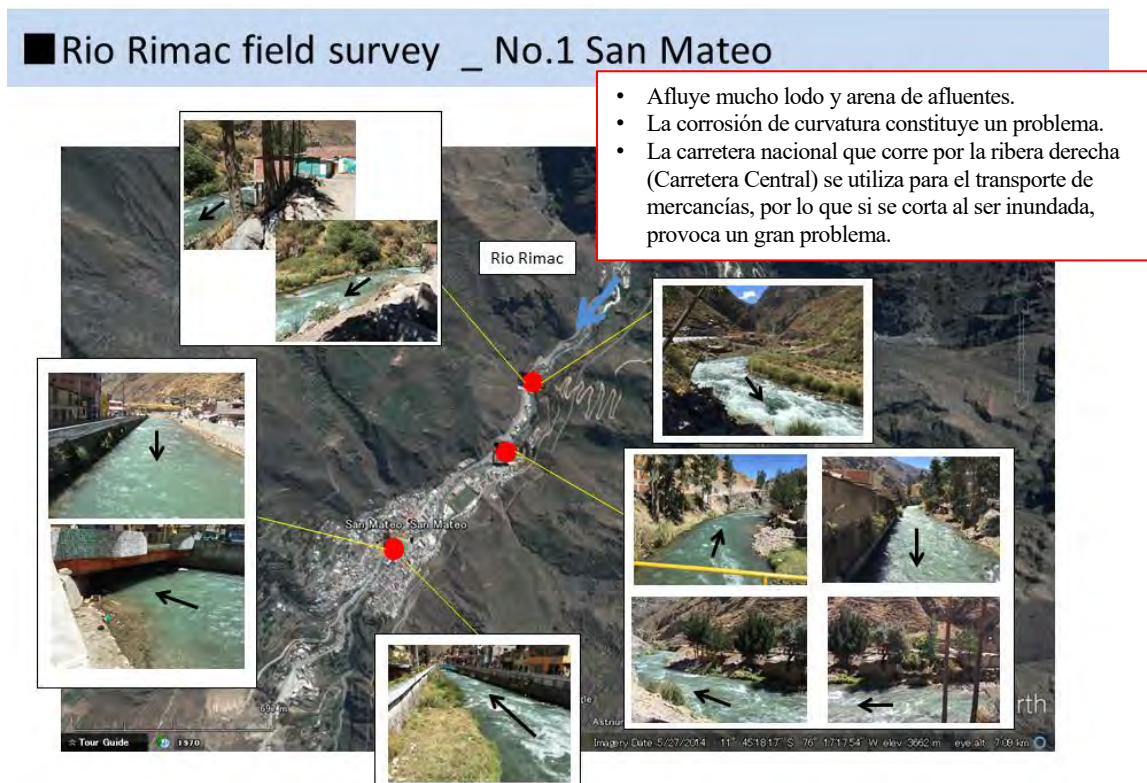
Tabla 6.3.2 Zonas del río Rímac donde se generan frecuentemente daños por sedimentos provenientes de las pequeñas cuencas (quebradas)

Municipalidad	Quebrada	Estado de daños
Matucana	Paiwa	Se genera y derrama mucho lodo y arena, afectando a los alrededores.
	Chukumayo	Se genera y derrama mucho lodo y arena, azotando frecuentemente a unas 70 familias del barrio de Wariquina ubicado en el curso inferior del río Rímac.
Chosica	Rayos del Sol	Debido a la erosión unas 200 familias están expuestas al riesgo.

Fuente: Tabla elaborada por el Equipo de Estudio

(2) Resumen de los daños por inundaciones

Las siguientes Figuras 6.3.3 a 6.3.9 son las que resumen los daños por inundaciones en el río Rímac.



Fuente: Figura elaborada por el Equipo de Estudio a partir de una figura original de Google Earth

Figura 6.3.3 Estado de las riberas del río Rímac

■ Rio Rimac field survey _ No.2 Matucana



Fuente: Figura elaborada por el Equipo de Estudio a partir de una figura original de Google Earth

Figura 6.3.4 Estado de las riberas del río Rímac

■ Rio Rimac field survey _ No.3 Suruco



Fuente: Figura elaborada por el Equipo de Estudio a partir de una figura original de Google Earth

Figura 6.3.5 Estado de las riberas del río Rímac que se encuentran alrededor de Suco

■ Rio Rimac field survey _ No.6 Chaclacayo



Fuente: Figura elaborada por el Equipo de Estudio a partir de una figura original de Google Earth

Figura 6.3.8 Estado de las riberas del río Rímac que se encuentran alrededor de Chaclacayo

■ Rio Rimac field survey _ No.7 Ate



Fuente: Figura elaborada por el Equipo de Estudio a partir de una figura original de Google Earth

Figura 6.3.9 Estado de las riberas del río Rímac que se encuentran alrededor de Ate

6.3.3 Cuenca del río Ica

(1) Estado de daños por inundaciones en la actual cuenca del río Ica

Según La AAA competente, la cuenca del río Ica se divide en 2 zonas de acuerdo con las características de los daños por inundaciones. Una es la zona Ica, que sufre daños de inundaciones del río, y la otra es la zona Ocuñaga, que sufre daños por el mal drenaje.

La capacidad de flujo actual del río Ica es de aproximadamente 300m³/s por término medio. Pero, en caso de lluvia torrencial se supone que fluye 700m³/s de agua. En la inundación de 1998, 15 000 viviendas sufrieron daños.

Actualmente la AAA competente ve que los 2 barrios indicados en la siguiente tabla son los barrios con el mayor riesgo de inundaciones.

Tabla 6.3.3 Barrios con alto riesgo de inundación en la cuenca del río Ica que reconoce la AAA competente

Nombre del área	Explicación
Santiago	Los campos agrícolas ubicados alrededor del puente Cantara quedarán inundados. Se supone que no habrá daños en las viviendas.
Ocuñaga	Los alrededores del puente Tamboler tienen alto riesgo de inundaciones. Principalmente los campos agrícolas quedarán inundados. Los habitantes locales desean una protección de la ribera hecha con gaviones, más que la protección de hormigón.

Fuente: Equipo de Estudio

Asimismo, el curso inferior del río Ica sufre daños por la sal, aunque no se trata de daños por inundaciones.

(2) Proyectos de control de inundaciones que se implementan actualmente en la cuenca del río Ica

Actualmente, en septiembre de 2016, se implementan o planean los 2 siguientes proyectos en la cuenca del río Ica.

- Proyecto de Batea Comezango
- Proyecto de Casa Blanca

A continuación se describirá el resumen de cada proyecto.

(a) Proyecto de Batea Comezango

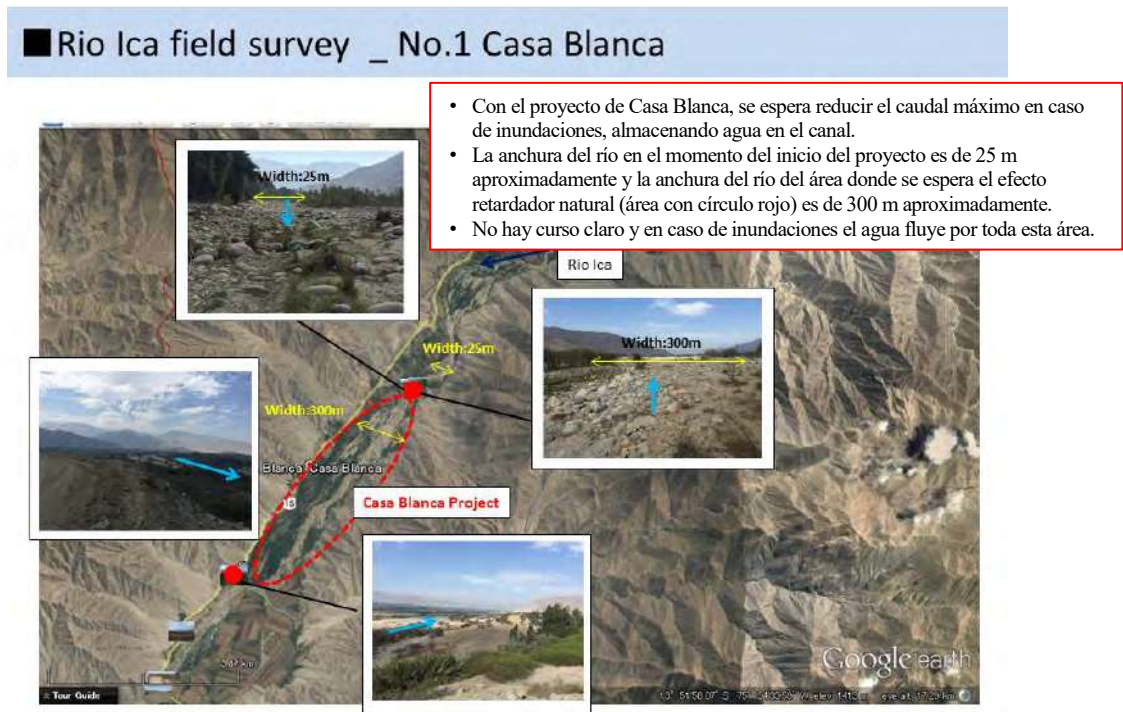
Este proyecto consiste en construir una presa retardadora y utilizar el agua acumulada para el riego después de la inundación. Está planeado construir 60 pequeños estanques en la ribera izquierda del barrio de Batea Comezango e instalar en cada estanque una entrada y una salida con puerta, y aprovechar al máximo el agua acumulada. Ya se han iniciado obras de excavación. El costo total del proyecto es de 1 millón de USD.

(b) Proyecto de Casa Blanca

Este proyecto también consiste en construir una presa retardadora, pero es un proyecto de mayor magnitud que el proyecto de Batea Comezango. Se suponen 8 millones de USD como costo total del proyecto. Está planeado construir una presa retardadora de 300 m de ancho, 7 km de largo y 3 m de profundidad efectiva. Actualmente se encuentra en la etapa de medición de la tierra y todavía no se han iniciado las obras.

(3) Resumen de los daños por inundaciones y proyectos de control de inundaciones

Las siguientes Figuras 6.3.10 a 6.3.14 son las que resumen los daños por inundaciones y proyectos de control de inundaciones en el río Ica.



Fuente: Figura elaborada por el Equipo de Estudio a partir de una figura original de Google Earth

Figura 6.3.10 Estado de las riberas del río Ica situadas alrededor de Casa Blanca



Fuente: Figura elaborada por el Equipo de Estudio a partir de una figura original de Google Earth

Figura 6.3.11 Estado de las riberas del río Ica situadas alrededor de San José de los Molinos

■ Rio Ica field survey _ 3. San Juan Bautista



Fuente: Figura elaborada por el Equipo de Estudio a partir de una figura original de Google Earth

Figura 6.3.12 Estado de las riberas del río Ica situadas alrededor de San Juan Bautista

■ Rio Ica field survey _ 4. Santiago



Fuente: Figura elaborada por el Equipo de Estudio a partir de una figura original de Google Earth

Figura 6.3.13 Estado de las riberas del río Ica situadas alrededor de Santiago

■ Rio Ica field survey _ 5. Ocucaje



- Cerca del puente hay un dique, pero es viejo y está roto.
- Además, solamente unos metros están protegido por el dique, por lo que en caso de inundaciones los daños se extienden hasta los campos agrícolas.

Fuente: Figura elaborada por el Equipo de Estudio a partir de una figura original de Google Earth

Figura 6.3.14 Estado de las riberas del río Ica situadas alrededor de Ocucaje

6.3.4 Cuenca del río Huallaga

(1) Estado de daños por inundaciones en la actual cuenca del río Huallaga

El río Huallaga objeto del presente estudio, está gestionado por la AAA Huallaga, y además, está gestionado por 5 ALA competentes de acuerdo con la división del curso. Entre estas, la ALA llamada Huallaga Central, gestiona el mayor número de canales (alrededor del 42%). Dentro de la cuenca hay muchos activos y en los últimos años se generan muchos daños por inundaciones.

En la jurisdicción de la ALA Huallaga Central las 2 siguientes áreas son las áreas donde se generan inundaciones frecuentemente:

- Río Cisa
- Área ribereña del curso principal del río Huallaga (Picota – Bellavista)

A continuación se presentarán fotos de los sitios que sufren siempre daños de inundaciones.



	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	7	04	6.612	256.9
	Lon.	76	35	8.0339	
Comentario: En la inundación de 2015 el río se desbordó por esta ribera.					
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	6	59	34.68	238.5
	Lon.	76	25	4.2299	
Comentario: En la inundación de 2015 hasta el centro de la ciudad quedó inundado.					

Figura 6.3.15 Estado de daños por la inundación del curso principal del río Huallaga



	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	7	04	6.612	256.9
	Lon.	76	35	8.0339	
Comentario: En la inundación de 2015 el río se desbordó por esta ribera.					
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	6	59	34.68	238.5
	Lon.	76	25	4.2299	
Comentario: En la inundación de 2015 hasta el centro de la ciudad quedó inundado.					

Figura 6.3.16 Estado de daños por la inundación del curso principal del río Huallaga

6.3.5 Cuenca del río Mantaro

En el río Mantaro, se generan frecuentemente daños por inundaciones en Huancayo, ciudad principal del centro de la cuenca, y en el área ribereña del barrio de Jaura. Además, en el curso superior y medio la pendiente del río es abrupta y tienden a generarse corrientes, provocando el problema de erosión en las riberas.

El estado de daños por inundaciones en el río Mantaro se presenta en la siguiente Tabla 6.3.4.

Tabla 6.3.4 Resumen de los daños por inundaciones del río Mantaro

Municipalidad	Nombre del lugar	Estado de inundaciones
Chupaca	Huamancaca	La frecuencia de generación de inundaciones no es alta, pero se generan daños en caso de inundaciones anormales como El Niño. La profundidad máxima del canal del río en caso de inundaciones llega a unos 10 m. Hasta cierto grado están construidos diques por parte del gobierno regional. Las viviendas ilegales construidas a lo largo del río se han convertido en un problema.
	Huayucachi	Se observan muchos casos de abandono ilegal de lodo y arena para la construcción, lo cual impide que la inundación corra hacia abajo.
Concepcion	Mito	Es un área donde se generan frecuentemente daños por inundaciones y la zona agrícola situada a lo largo del río queda anegada. Las inundaciones representativas se generaron en 1998 y 2010. Se observan muchos casos de abandono ilegal de lodo y arena para la construcción, lo cual impide que la inundación corra hacia abajo. También es un problema la pérdida de campos agrícolas debido a la erosión de las riberas.
Jaura	Huaripampa	Es un área que sufre siempre inundaciones y hasta cierto grado está avanzando la construcción del dique por parte del gobierno regional.
	Parco	Casi todos los años se generan daños por inundaciones y muchas viviendas ubicadas en los alrededores quedan anegadas. Asimismo, la autopista principal que corre cerca, también, queda anegada con frecuencia.

Tabla: Figura elaborada por el Equipo de Estudio

Las siguientes Figuras 6.3.17 a 6.3.20 son las que resumen los daños por inundaciones en el río Mantaro.

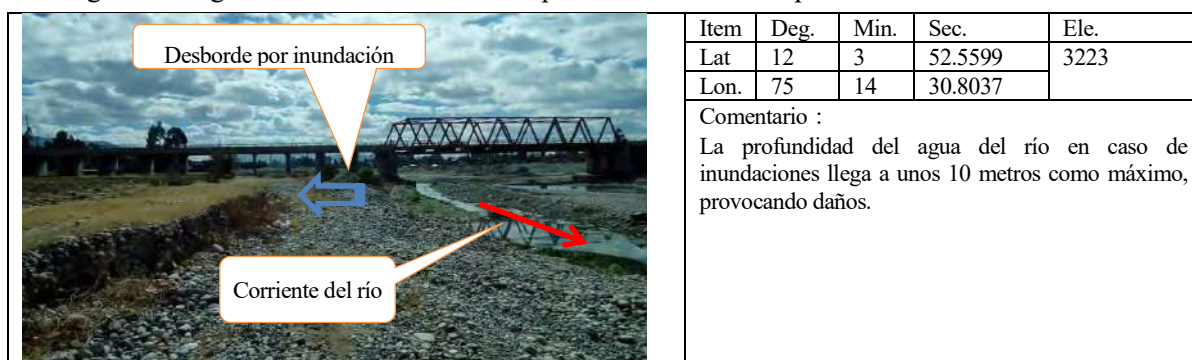


Figura 6.3.17 Estado de Huamancana, río Mantaro



Figura 6.3.18 Estado de Mito, río Mantaro

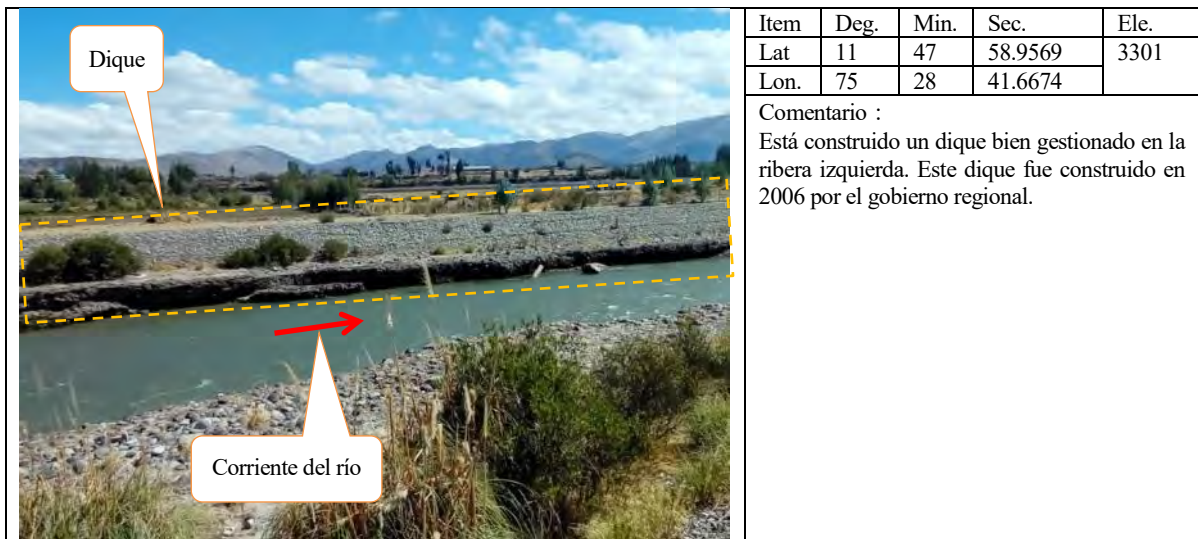


Figura 6.3.19 Estado de Huaripampa, río Mantaro

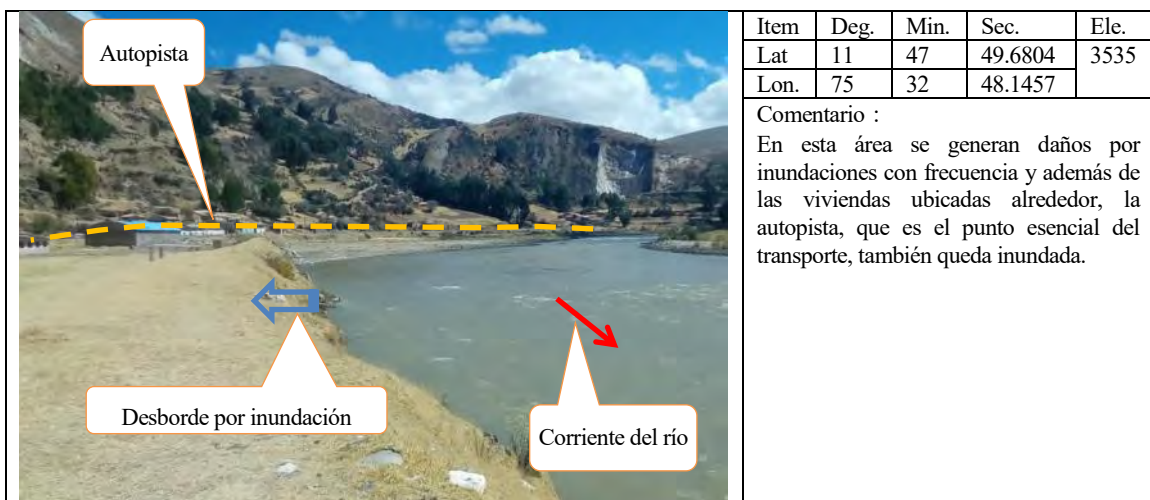


Figura 6.3.20 Estado de Parco, río Mantaro

6.3.6 Cuenca del río Urubamba

En la cuenca del río Urubamba, hubo graves daños por inundaciones en 2010. Tras la inundación, se desarrollaron de manera parcial obras para mitigar las inundaciones por el gobierno local. En la cuenca, los desastres por sedimentos en pequeños afluentes se reconocen como un problema importante.

Se resume la situación de daños por inundaciones en la cuenca del río Urubamba en la Tabla 6.3.5.

Tabla 6.3.5 Resumen de los daños por inundaciones del río Urubamba

Municipalidad	Distrito / Nombre del río	Situación de daños
Quispicanchi	Río Lucre	En 2010, el río Lucre fue afectado por una gran inundación. Después, se instalaron muros de contención de hormigón en secciones importantes del río. Los organismos involucrados no pueden ensanchar el canal del río debido a la oposición de los habitantes que viven en la ribera del canal del río para que sean trasladados.
	Quebrada Huaro	Esta quebrada ha causado a menudo huaycos.
	Río Vilcanota	A lo largo del río Vilcanota, existen áreas de mucho riesgo de inundación, en los puntos que se inundaron en 2010.
Quiquijana	Quebrada Huaraypata	Esta quebrada también ha causado huaycos. El huayco más fuerte ocurrió en 2010. El campo de cultivo a lo largo de la quebrada es una tierra muy propicia para cultivar flores y verduras para fines comerciales.
Canchis	Sicuani	El puente fue dañado por inundaciones en 2010 y 2015. AAA y ALA Sicuani recomendaron dragar el canal del río, pero el ancho del canal no fue diseñado para ello.
	Malangani	En esta sección se ha estrechado el canal. El gobierno municipal ha construido un estudio y un espacio de recreo en un terreno llano inundable.
Calca	Pisac	En Pisac, la inundación de 2010 provocó graves daños por el desborde del agua del río. Después de este evento, entre 2011 y 2014 se construyeron muros de escollera verticales.
Urubamba	Huaullay Bamba	En 2010, en la sección estrecha del río Vilcanota se desbordó por la inundación. Tras la inundación de 2010, los habitantes de la ribera del canal construyeron muros de protección contra inundaciones y llevaron a cabo otras medidas a pequeña escala. AAA y ALA recomendaron obras de canales y protección de taludes en un tramo de 1km en esta zona.

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

Las siguientes Figuras 6.3.21 a 6.3.28 son las que resumen los daños por inundaciones en el río Urubamba.

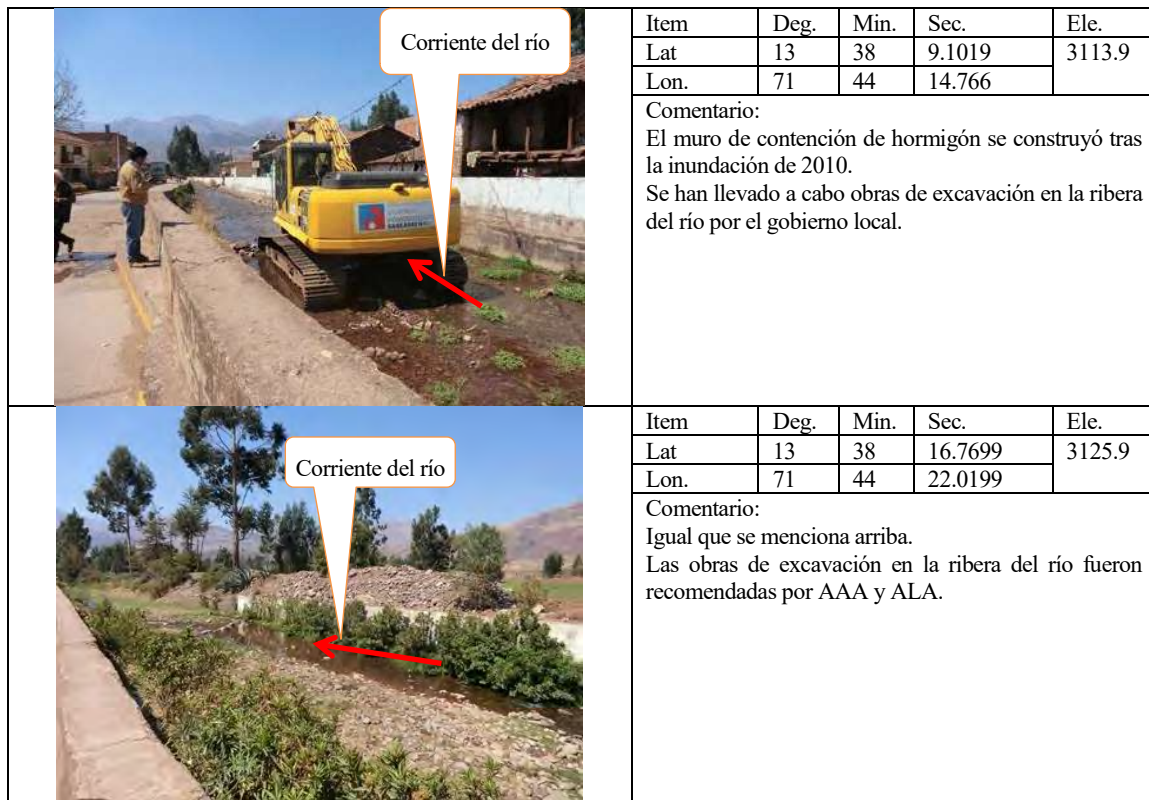


Figura 6.3.21 Situación de daños por inundación en el río Lucre, afluente del río Urubamba

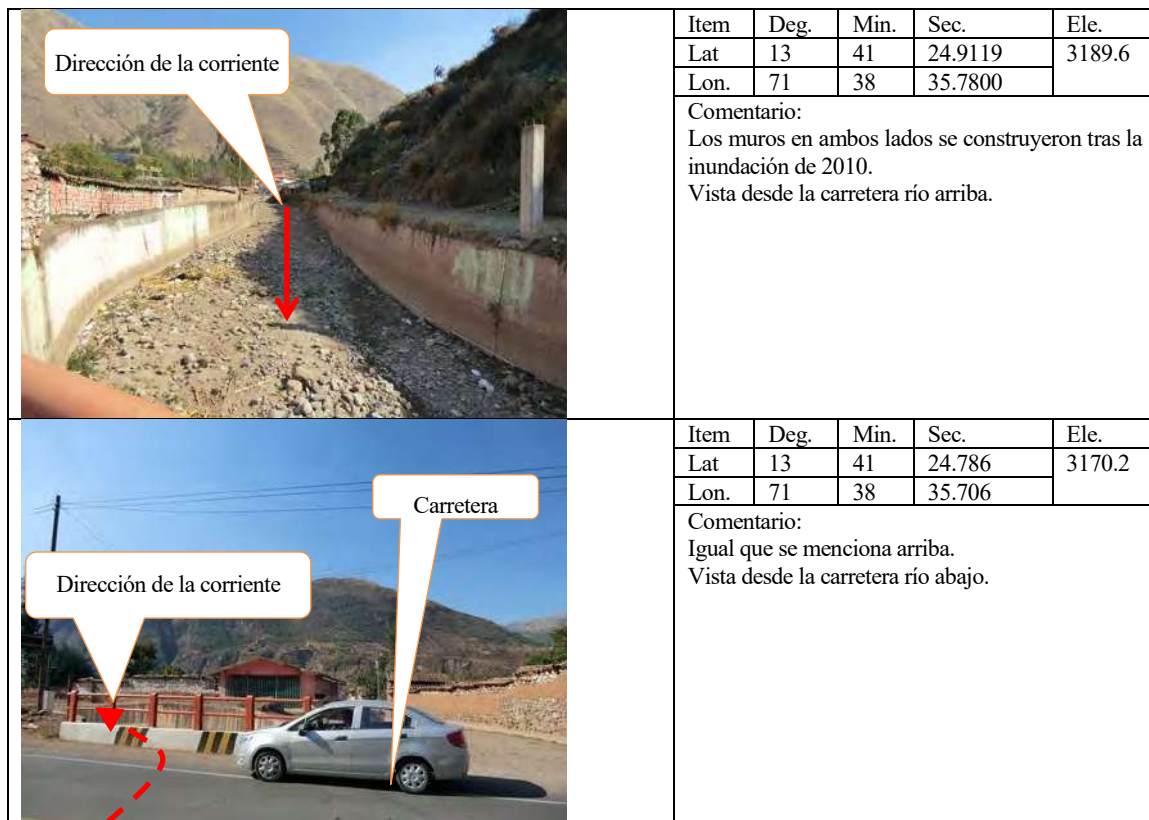


Figura 6.3.22 Situación de daños por inundación en la quebrada Huaro, afluente del río Urubamba

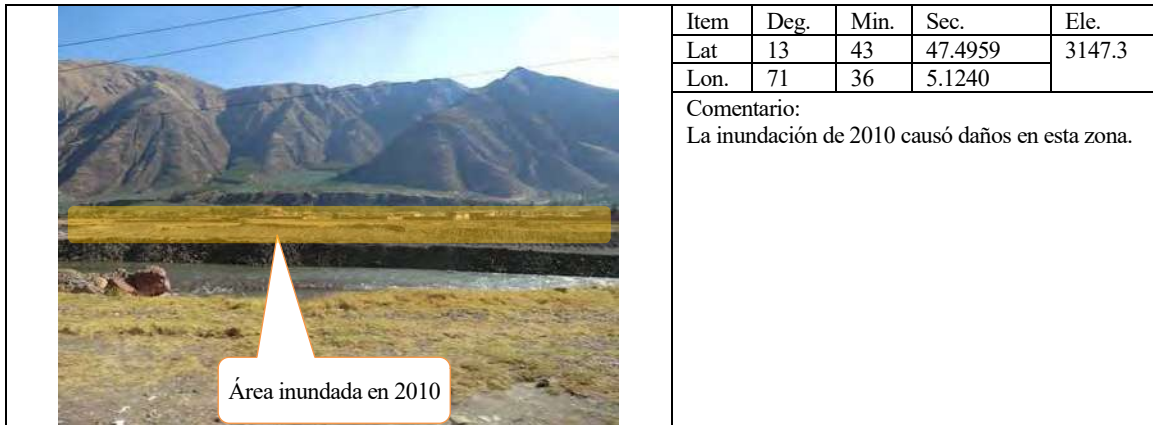


Figura 6.3.23 Situación de daños por inundación en el río Vilcanota, afluente del río Urubamba

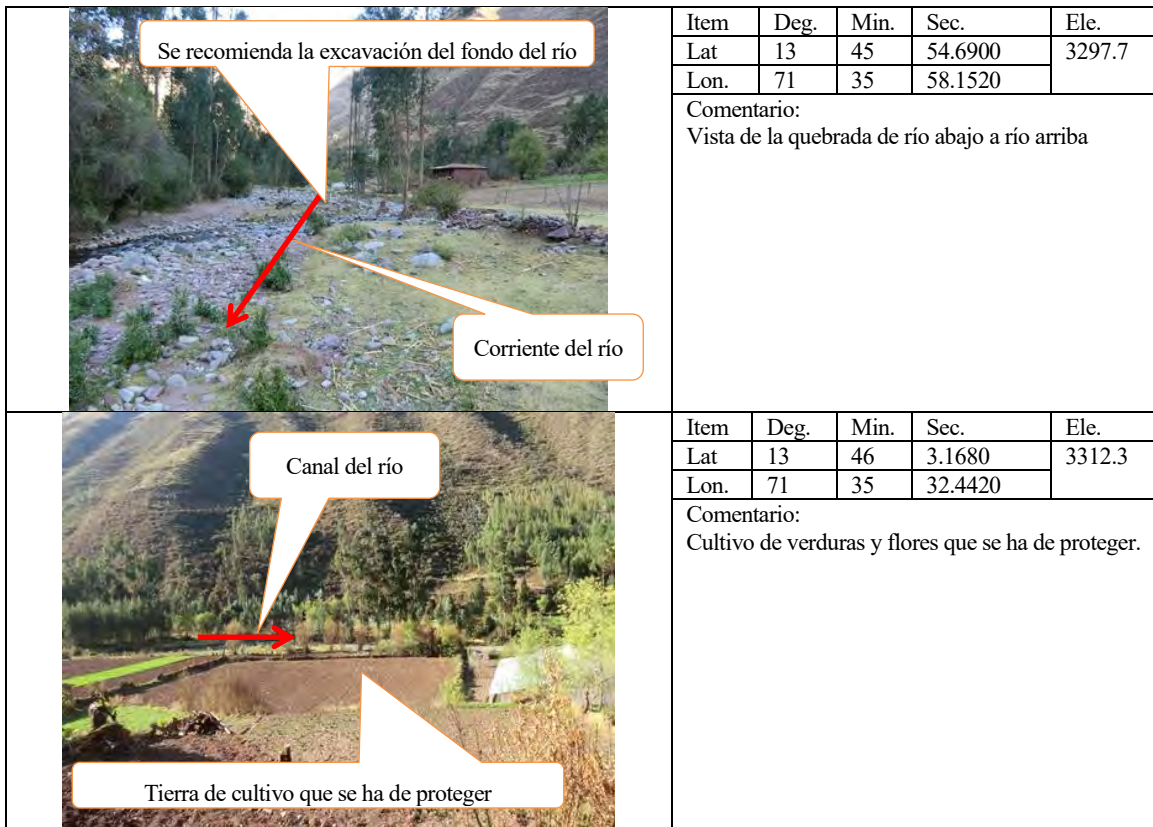


Figura 6.3.24 Situación de daños por inundación en la quebrada Huaraypata, afluente del río Urubamba

	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	14	22	55.8119	3750
	Lon.	71	08	14.2740	
Comentario: En 2010, las zonas agrarias situadas en llanuras aluviales fueron inundadas.					
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	14	22	55.8720	3750
	Lon.	71	08	14.5020	
Comentario: Igual que en la foto anterior. Los agricultores que viven en esta zona dicen que en la temporada de lluvias, los estudiantes no pueden ir a la escuela debido a que el puente está dañado. El puente se construyó en la década de los 80.					

Figura 6.3.25 Situación de daños por inundación en el distrito Sucani en la cuenca del río Urubamba

	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	14	21	18.6959	3687.1
	Lon.	71	10	18.6959	
Comentario: En la inundación de 2010, todas las zonas de cultivo estaban inundadas.					
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	14	21	18.6900	3686.1
	Lon.	71	10	1.7699	
Comentario: Se ha comenzado el desarrollo empezado por el gobierno local en los terrenos llanos inundables					

Figura 6.3.26 Situación de daños por inundación en el distrito Malangani en la cuenca del río Urubamba

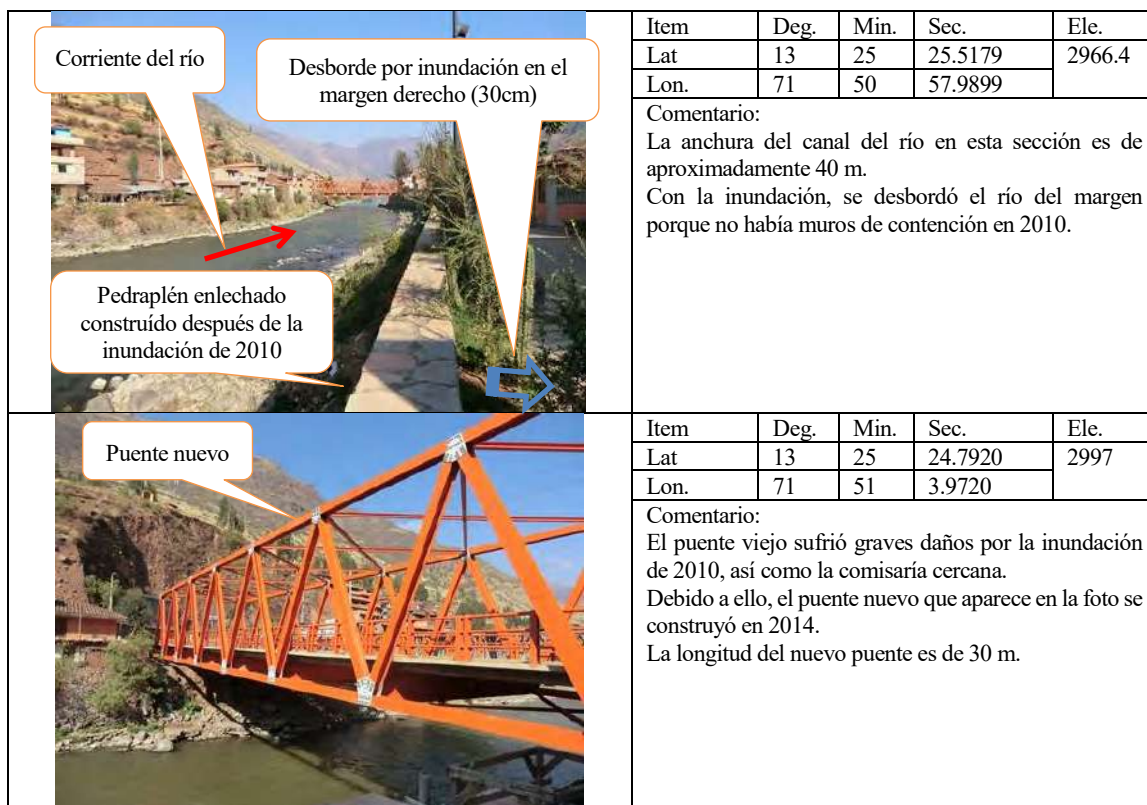


Figura 6.3.27 Situación de daños por inundación en el río Pisac, afluente del río Urubamba

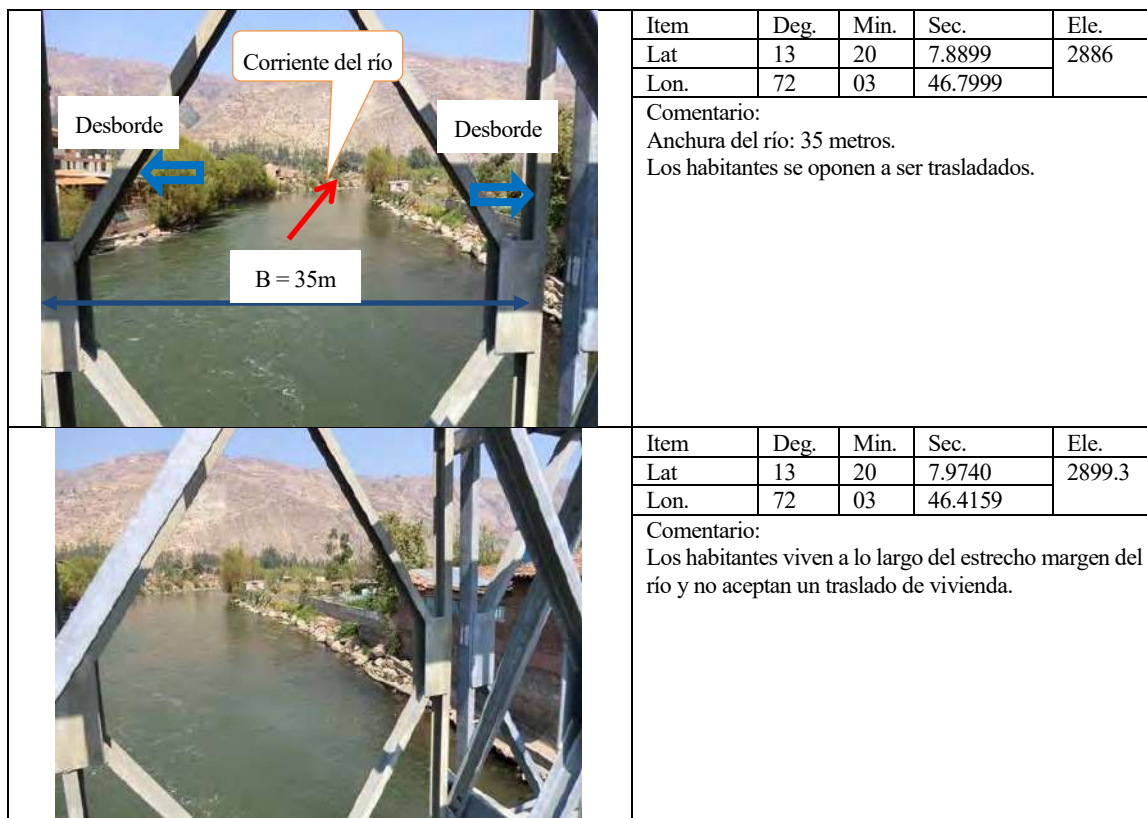


Figura 6.3.28 Situación de daños por inundación en el distrito Huauclay Bamba en la cuenca del río Urubamba

6.3.7 Cuenca del río Nanay

(1) Estado de daños por inundaciones en la cuenca del río Nanay

La elevación del nivel de agua del río Nanay se provoca por descargas desde el curso principal del Amazonas y el estado de alto nivel de agua continúa durante meses. El casco urbano de Iquitos se ubica sobre un terreno alto, y en parte gracias a esto, el riesgo de inundación es bajo, pero los pueblos que se encuentran en sus alrededores sufren daños de inundaciones casi todos los años.

El estado de daños por inundaciones en la cuenca del río Nanay se presenta en la siguiente Tabla 6.3.6.

Tabla 6.3.6 Resumen de los daños por la inundación del río Nanay

Municipalidad	Nombre del lugar	Estado de inundaciones
Iquitos	Calle Putumayo	Las corrientes de inundación desde el río Nanay llegan y la profundidad alcanza unos 5 metros.
	Morona Cocha	En caso de inundaciones el nivel de agua llega hasta justo debajo de la carretera situada en un terreno elevado y muchos pueblos quedan inundados casi todos los años.
	Pampachica	A lo largo del río Nanay se encuentran pueblos y en caso de inundaciones casi todas las viviendas quedan inundadas.

Fuente: Tabla elaborada por el Equipo de Estudio

Las siguientes Figuras 6.3.29 a 6.3.31 son las que resumen los daños por inundaciones en el río Nanay.



Fuente: Figura elaborada por el Equipo de Estudio

Figura 6.3.29 Estado de daños en la calle Putumayo por la inundación del río Nanay

	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	73	15	55.8105	106
	Lon.	3	44	41.9824	
<p>Comentario: Las corrientes de inundación llegan hasta 1 m más bajo que el casco urbano ubicado sobre un terreno elevado, pero el casco urbano no queda inundado.</p>					
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	73	15	55.8105	106
	Lon.	3	44	41.9824	
<p>Comentario : En el área siempre atacada por inundaciones, se encuentran muchas viviendas.</p>					

Fuente: Figura elaborada por el Equipo de Estudio

Figura 6.3.30 Estado de daños en Morona Cocha por inundaciones del río Nanay

	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	73	16	48.1604	101
	Lon.	3	45	04.4819	
<p>Comentario: A lo largo del río Nanay se encuentran pueblos y en caso de inundaciones casi todas las viviendas de los pueblos quedan anegadas. En esta área está planeada la construcción de un dique por parte de la ciudad de Iquitos.</p>					
	Item	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	73	16	47.6660	101
	Lon.	3	45	04.7163	
<p>Comentario: En caso de inundaciones casi todas las viviendas del pueblo y el camino central quedan inundados.</p>					

Fuente: Figura elaborada por el Equipo de Estudio

Figura 6.3.31 Estado de daños en Pampachica por inundaciones del río Nanay

(2) Proyecto de control de inundaciones en la cuenca actual del río Nanay

En Pampachica se promueve el proyecto de control de inundaciones (Título del proyecto: Defensa Riberena Asentamiento Humano Porvenir y Pampachica) por parte de la ciudad de Iquitos y está programado construir un dique de 1864 m. El costo del proyecto es de 1,2 millones de soles aproximadamente.

Capítulo 7 Análisis de la Inundación-Escorrentía

7.1 Políticas básicas para el análisis de la inundación-escorrentía

En el presente Estudio se realizará el análisis de inundaciones para examinar de forma resumida los posibles tipos de medidas de prevención de inundaciones, sus escalas y efectos en las cuencas prioritarias y cuencas modelo. Para tal efecto es necesario prestar atención a los siguientes puntos.

- ✓ Representar adecuadamente la inundación y la escorrentía originadas por las crecidas de los ríos montañosos, debido a que casi todas las cuencas de la vertiente del pacífico se extienden desde una vertiente empinada hacia la llanura plana (abanico aluvial).
- ✓ Representar adecuadamente las características de la inundación y de la escorrentía y del fenómeno de inundaciones en las cuencas de grandes extensiones con importantes remansos naturales como la cuenca del Amazonas.
- ✓ Poder analizar el fenómeno de inundaciones incluso en los ríos sobre los cuales no existen datos de corte transversal.
- ✓ Considerar el aprovechamiento de los datos globales (datos de satélite sobre elevación y datos de cobertura de tierra, etc.) debido a que en algunas cuencas objeto del análisis se carece de datos de observaciones hidrológicas (precipitación, nivel de agua y caudal) e información topográfica.
- ✓ Utilizar un software de fácil uso y excelente operatividad para que los funcionarios de la ANA puedan realizar en el futuro desde su propia perspectiva los análisis que contribuyan a las decisiones de las políticas.

Tomando en cuenta los requisitos arriba mencionados, se plantea como base el uso del Modelo de Lluvia-Escorrentía-Inundación (Modelo RRI) desarrollado y mantenido por el Centro Internacional de Desastres de Agua y Gestión de Riesgos (ICHARM) de Japón.

El Modelo RRI es un modelo distribuido que analiza de manera integrada el proceso desde la escorrentía del río hasta la inundación teniendo como datos de entrada la precipitación. Analizar la escorrentía de aguas pluviales y el fenómeno de inundaciones de manera integrada sobre una misma malla de cálculo en 2D, permite la representación del fenómeno de escorrentía-inundación en las zonas de llanura baja, que resulta difícil reproducir con un modelo distribuido de escorrentía común. También es posible lograr un análisis de alta precisión aún en las zonas montañosas que albergan fondos de valles, determinando adecuadamente el tamaño de la malla de cálculo.

Sin embargo, en virtud de que el Modelo RRI analiza asumiendo una sección transversal rectangular del río, existen algunos casos en que su aplicación resulte difícil para conocer detalladamente el nivel de agua dentro del cauce, o para evaluar el perfil de la sección transversal necesaria del río mejorado. Tomando en cuenta esta desventaja, se revisó la posibilidad de aplicar otro programa de análisis de inundaciones en los

ríos donde ya se ha ejecutado el levantamiento transversal y que requieren de un análisis más detallado de inundaciones. Sin embargo, en vista de que no existían los ríos con datos completos del cauce en la cuenca en su conjunto, se optó finalmente por aplicar el Modelo RRI para todas las cuencas.

7.2 Condiciones de la simulación del análisis de la inundación-escorrentía

A continuación, se presentan las condiciones del análisis de la escorrentía de inundación en la siguiente tabla Tabla 7.2.1 y la lista de casos de cálculo de análisis de la escorrentía de inundación, en la Tabla 7.2.2.

Tabla 7.2.1 Políticas básicas para el análisis de inundación-escorrentía

Ítems	Contenido	Razones para las políticas
Descarga de escorrentía desde la parte alta de la cuenca	Para cuencas de río que están compuestas por sub-cuencas tales como el Huallaga y el Ramis, estas sub cuencas se simulan de manera integral para reproducir procesos de escorrentía más precisos.	Para reproducir procesos de escorrentía e inundación más precisos a lo largo de la cuenca del río.
Nivel del agua en la parte baja al final de la cuenca	En la simulación de los afluentes del río Amazonas, como el río Nanay, el nivel de agua registrado durante el periodo de inundación es dado como condición limite menor.	Considerar el efecto de remanso del río Amazonas.
Resolución espacial del análisis de inundación	Básicamente depende del tamaño del área de captación.	Tamaño apropiado a la cuadrícula es dado considerando la compensación entre la resolución especial y el tiempo de cómputo.
Data de elevación de la planicie inundable	Básicamente se aplica ASTER GDEM, el cual es de data satelital de elevación y es conectado usando otras fuentes de data como el SRTM en caso de que la reproducibilidad del curso del río no sea suficiente.	Es data global la cual es de disponibilidad gratuita y ha sido ya utilizada por la ANA.
Data de corte transversal	Primero es estimado de manera automática por el Modelo RRI. Luego de ello se hacen los ajustes basados en imagines aéreas y resultados de los s de cortes transversales de haberlos. Condiciones actuales del dique también se reflejan en las simulaciones siempre que se puedan confirmar a través de fotografías y reconocimiento de campo.	Se estima basado en la relación entre el área de captación, el ancho del río, la profundidad del río ya que en la mayoría de casos en las cuencas objetivo se carece de data de corte transversal.
Data de corte transversal detallado	Para algunas cuencas priorizadas, se utiliza data satelital de elevación más detallada (AW3D) con resolución de 2m x 2m (mas preciso que el ASTER) se utiliza para considerar condiciones mas precisas del canal del río y de las condiciones del dique.	Para mejorar la precisión de la simulación en algunas áreas objetivo que ANA considere importantes como “Puntos Críticos” al importar información más detallada sobre las condiciones del río.
Cobertura de tierra	Se adopta Data MODIS 2008 : información mundial sobre cobertura de tierra del 2008 con resolución 500m x 500m, la cual es automáticamente condicionada por el Modelo RRI.	Data global, la cual es disponible de manera gratuita y es de fácil uso.
Parámetro de rugosidad del canal del río	Se da de acuerdo a los documentos existentes (ver Tabla 7.2.4) luego de verificar las condiciones del río a través de imagenes aéreas.	Adoptar valores estándar generalmente aplicados en el Japón
Parámetro de rugosidad tierra adentro	Se da de acuerdo al documento existente (ver Tabla 7.2.5) tomando en consideración la variedad de condiciones del uso de tierra en la cuenca	Considerar las características de la rugosidad por el tipo de uso de suelo.

Ítems	Contenido	Razones para las políticas
Parámetro de infiltración	Se da de acuerdo al documento existente (ver Tabla 7.2.6) por tipo de suelo.	Considerar las características de la permeabilidad por tipo de suelo.
Otros parámetros (porosidad del suelo, etc...)	Se adoptan valores estándar empleados por el Modelo RRI	Es difícil poder verificar la validez de estos parámetros, también los parámetros tienen poca influencia en el resultado del análisis.

«Expresión relacional entre el área de captación, el ancho del río y la profundidad del río»

Como indica la tabla de arriba, el Modelo RRI hace la estimación de acuerdo con la expresión basada en experiencias, suponiendo que la forma del corte transversal es rectangular. O sea, la relación entre el área de captación A [km^2], el ancho del río W [m] y la profundidad del río D [m] del sitio objeto se expresará como se muestran en las siguientes expresiones (1) y (2).

$$W = C_w A^{S_w} \dots (1)$$

$$D = C_D A^{S_D} \dots (2)$$

Aquí, C_w , S_w , C_D y S_D son parámetros que se definen según las características del canal del río, y en el presente Estudio, se determinarán confirmando el ancho del río del sitio objeto de acuerdo con los resultados obtenidos en el reconocimiento en campo y con las fotos proporcionadas por la ANA y las fotos aéreas disponibles en Internet (por ejemplo, Google Earth, etc.).

Tabla 7.2.2 Lista de casos de simulación

Nombre del río	Probabilidad de precipitación (periodo de retorno)						Cuencas de río priorizadas	Cuencas de río modelo
	2 años	5 Años	10 años	25 años	50 años	100 años		
(1) Biabo	●	●	●	●	●	●		●
(2) Locumba	●	●	●	●	●	●		●
(3) Chancay-Lambayeque	●	●	●	●	●	●		●
(4) Huallaga	●	●	●	●	●	●	●	●
(5) Nanay	●	●	●	●	●	●		●
(6) Ramis	●	●	●	●	●	●		●
(7) Rímac	●	●	●	●	●	●	●	●
(8) Chira	●	●	●	●	●	●	●	●
(9) Piura	●	●	●	●	●	●	●	●
(10) Urubamba	●	●	●	●	●	●	●	●
(11) Ica	●	●	●	●	●	●	●	●
(12) Mantaro	●	●	●	●	●	●	●	●

Tabla 7.2.3 Resolución espacial del análisis de inundación – escorrentía para cada cuenca de río

Nombre de río	Resolución (m × m)	Cuencas de río priorizadas	Cuencas de río modelo
(1) Biabo			●
(2) Locumba	300m × 300m (10 sec)		●
(3) Chancay-Lambayeque	900m × 900m (30 sec)		●
(4) Huallaga	300m × 300m (10 sec)	●	●
(5) Nanay	200m × 200m (6.6 sec)		●
(6) Ramis	600m × 600m (20 sec)		●
(7) Rímac	180m × 180m (6 sec)	●	●

Nombre de río		Resolución (m × m)	Cuencas de río priorizadas	Cuencas de río modelo
(8)	Chira	180m × 180m (6 sec)	●	●
(9)	Piura	180m × 180m (6 sec)	●	●
(10)	Urubamba	480m × 480m (16 sec)	●	●
(11)	Ica	180m × 180m (6 sec)	●	●
(12)	Mantaro	480m × 480m (16 sec)	●	●

Tabla 7.2.4 Parámetros de rugosidad recomendados por el manual del ingeniero civil en Japón

Tipo de canal	Valor n	Tipo de canal	Valor n
• Tubería		• Canal artificial abierto (sin revestimiento)	
Tubería de latón	0.009 – 0.013	Canal abierto de materiales de tierra (línea recta)	0.017 – 0.025
Tubería de hierro fundido	0.011 – 0.015	Canal abierto de materiales de tierra (línea curva)	0.023 – 0.030
Tubería de concreto	0.012 – 0.016	Canal hecho perforando roca (suave)	0.025 – 0.035
		Canal hecho perforando roca (gruesa)	0.035 – 0.045
• Canal abierto artificial (con revestimiento)		• Río natural	
Madera suave	0.010 – 0.014	Canal de forma uniforme con profundidad de agua	0.025 – 0.033
Concreto	0.012 – 0.018	Canal de forma uniforme con profundidad de agua con grava en el lecho del río y vegetación en la ribera	0.030 – 0.040
Mortero de sillar	0.013 – 0.017	Canal curvo rápidos	0.033 – 0.045
Mortero de escombros	0.017 – 0.030	Canal curvo con agua de poca profundidad	0.040 – 0.055
		Canal con vegetación acuática densa	0.050 – 0.080

Tabla 7.2.5 Parámetros de rugosidad por condiciones en tierra adentro

Condiciones en tierra adentro	Coficiente de Manning(m ^{-1/3} s)
Terreno accidentado con áreas residenciales escalonadas	0.05
Terreno accidentado con 15% de área residencial	0.1 – 0.2
Espacios escalonados de cultivos de arroz y otros cultivos	0.2 – 0.4
Espacios escalonados de cultivos de arroz y otros cultivos con terreno accidentado en la parte alta de la cuenca y área urbana en la parte media y baja de la misma.	0.3 – 0.5
Área de montaña con bosque en buena condición.	0.4 – 0.8
50% de terreno accidentado, 20% de área urbana y 30% campo de arroz	0.6 – 1.1
Campo de arroz con malas condiciones de drenaje	1 – 3

Tabla 7.2.6 Parámetros de infiltración por manual de hidrología

Tabla de referencia: parámetros de infiltración de Grenn-Ampt para texturas de suelo			
Clase de textura de suelo	K_{sv} (m/s)	ϕ	S_f (m)
Arena	6.54E-05	0.437	0.0495
Franco arenoso	1.66E-05	0.437	0.0613
Arenoso limoso	6.06E-06	0.453	0.1101
Limoso	3.67E-06	0.463	0.0889
Franco limoso	1.89E-06	0.501	0.1668
Arenoso arcilloso limoso	8.33E-07	0.398	0.2185
Arcilloso limoso	5.56E-07	0.464	0.2088
Franco arcilloso limoso	5.56E-07	0.471	0.2730
Arenoso arcilloso	3.33E-07	0.430	0.2390
Franco arcilloso	2.78E-07	0.479	0.2922
Arcilloso	1.67E-07	0.475	0.3163

7.3 Calibración de los resultados del análisis de inundación-escorrentía

7.3.1 Validación de los resultados basados en la comparación con resultados de estudios pasados

(1) Análisis de precipitaciones

- Para verificar los resultados del análisis hidrológico e hidráulico realizado en el presente estudio,
- se realizará una comparación con las precipitaciones consideradas en
- el Estudio Preparatorio del Programa de Protección de Valles y Poblaciones Rurales Vulnerables ante Inundaciones en la República del Perú (JICA) y
- el informe “Tratamiento de Cauces para el Control de Inundaciones (ANA), que son los estudios realizados en el pasado.

En cuanto a la comparación, es necesario que las cuencas a comparar tengan la misma duración de precipitación y las características de la precipitación sean similares, por lo que las cuencas objeto de la comparación serán del sistema hidrográfico del Pacífico cuya duración de precipitación es de 24 horas. Concretamente, son las siete cuencas seleccionadas para el presente Estudio indicadas en la En conclusión, aquí se decidió utilizar los valores obtenidos por el análisis de precipitación realizado en el presente Estudio que se aproximan a los caudales reales captados en las estaciones de monitoreo al realizar la calibración de los resultados de análisis de escorrentía utilizando el Modelo RRI, incluyendo los valores del río Chira cuyos valores no coincidían con los resultados del análisis de precipitación realizado en los estudios precedentes.

Tabla 7.3.1 y las siete cuencas seleccionadas en el estudio precedente.

Se puede decir que los resultados del análisis de precipitaciones del presente Estudio y los resultados de los estudios pasados, más o menos, coinciden, pero con respecto a la cuenca de Chira, la precipitación según la escala de probabilidad del estudio pasado de JICA es grande respecto a la del presente Estudio. En caso de la cuenca de Chira, las características de precipitaciones varían mucho por áreas: en el área con la menor precipitación la cantidad de precipitación es inferior a 50 mm aproximadamente y en el área con la mayor precipitación se registran alrededor de 1000 mm de precipitación. Mientras más bajo es el curso, menos precipitación se registra y mientras más alto es el curso y la altura, se registra más cantidad de precipitación. De acuerdo con lo anterior, se estima que la estación cuyos datos se adoptan influye considerablemente sobre los resultados del análisis de precipitaciones.

En conclusión, aquí se decidió utilizar los valores obtenidos por el análisis de precipitación realizado en el presente Estudio que se aproximan a los caudales reales captados en las estaciones de monitoreo al realizar la calibración de los resultados de análisis de escorrentía utilizando el Modelo RRI, incluyendo los valores del río Chira cuyos valores no coincidían con los resultados del análisis de precipitación realizado en los estudios precedentes.

Tabla 7.3.1 Cantidad estimada de precipitación 24-Hr por probabilidad de ocurrencia

Nombre del río	Nombre del estudio*	Cantidad de precipitación 24 Hr (mm)					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Chira	2016JICA	23.2	34.1	41.8	52.3	60.5	69.2
Piura	2016JICA	20.7	36.3	49.5	70.2	89.0	110.9
Rímac	2016JICA	9.2	12.0	14.0	16.7	18.8	20.9
Ica	2016JICA	7.6	11.7	15.4	21.5	27.3	34.4
Qulica-Vitor-Chili	2016JICA	9.4	12.9	15.4	18.8	21.6	24.6
Locumba	2016JICA	8.4	12.0	14.3	17.4	19.6	21.8
Chancay-Lambayeque	2016JICA	37.1	48.3	55.8	65.2	72.2	79.1
Chira**	2013JICA	18.6	81.7	106.5	143.1	174.9	211.2
Cañete**	2013JIC3-+-A	17.7	24.2	28.8	35.6	41.1	47.4
Chincha**	2013JICA	-	21.5	25.2	29.8	33.0	36.4
Pisco**	2013JICA	18.6	25.2	29.2	34.6	38.7	43.8
Yauca**	2013JICA	15.1	21.4	25.6	31.1	35.5	40.1
Majes-Camana**	2013JICA	-	30.0	36.2	44.4	51.1	58.6
Chillón**	ANA	-	-	32.0	38.8	42.8	47.7

* :”2013JICA” indica “Estudio Preparatorio Sobre El Programa De Protección De Valles Y Poblaciones Rurales Vulnerables Ante Inundaciones En La República Del Perú” y “ANA” indica “Tratamiento de Cauces para el Control de Inundaciones”

** : Precipitación Promedio de Cuenca calculada por el Equipo de Estudio de JICA.

(2) Resultados del análisis de inundación- escorrentía

Los resultados del análisis de inundación-escorrentía de la escala de probabilidad de 100 años en las cuencas prioritarias y cuencas modelo (11 cuencas en total) se presentan en las Figuras 7.4.1 a 7.4.12, y los resultados de otras escalas de probabilidad (50 años, 25 años, 10 años, 5 años, 2 años), en los documentos adjuntos 4-1 a-4-12.

Asimismo, en la Tabla 7.3.2 se muestra el caudal por probabilidad de ocurrencia en locaciones representativas calculado a partir de los resultados del análisis de inundación-escorrentía de cada cuenca. Como locaciones representativas están seleccionadas las ciudades o pueblos principales que se ubican a lo largo del curso inferior de los respectivos ríos.

En cuanto al río Nanay, el efecto de remanso del río Amazonas, que es el río principal, es grande en el momento de inundaciones, y en el curso inferior la contracorriente es superior, por lo que los valores del río Nanay corresponden a la contracorriente.

Tabla 7.3.2 Tasa máxima estimada de flujo por probabilidad de ocurrencia en locaciones representativas

No	Nombre del río	Localidad representativa	Tasa de Flujo Máximo (m ³ /s)						Valores referenciados a ser comparados (m ³ /s)
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
1	Biabo	Nuevo Lima	220	800	1,300	1,900	2,200	2,500	
2	Locumba	Locumba	90	200	230	260	350	420	
3	Chancay-Lambayeque	Eten	700	1000	1,300	1,500	1,700	1,900	1,900 (en inundaciones de 1998)
4	Huallaga	Yurimaguas	8000	10 000	11 000	12 000	12 500	13 500	
5	Nanay	Pampachica	800	950	1000	1100	1150	1200	
6	Ramis	Taraco	650	800	850	900	950	1000	

No	Nombre del río	Localidad representativa	Tasa de Flujo Máximo (m ³ /s)					Valores referenciados a ser comparados (m ³ /s)	
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años		100 años
7	Rímac	Chosica	128	225	225	327	470	487	425 ^{※1} (En inundaciones con período de retomo 100 años)
8	Chira	Poechos	1100	1900	2500	2980	3570	4830	5,500
9	Piura	Sanchez Cerro	1200	1900	2400	2900	3400	3800	3,700 (en inundaciones de 1998) 3,500 (en inundaciones de 2017)
10	Urubamba	Quillabamba	180	180	520	965	1,260	1,730	—
11	Ica	Achirana	40	130	165	360	410	600	561 ^{※2} (En inundaciones con período de retomo 100 años)
12	Mantaro	Concepcion	200	350	375	423	500	525	—

※1 El valor proviene del estudio “Transmient del Cauce del Río Rímac” provisto por ANA.

※2 El valor proviene del estudio previo “ESTUDIO DEFINITIVO Y EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO “CONTROL DE DESBORDES E INUNDACIONES EN EL RÍO ICA Y QUEBRADA CANSAS/CHANCAJALLA” provisto por AAA.

7.3.2 Validación de los resultados basada en la comparación con los estudios de reconocimiento de campo

De acuerdo con los resultados del análisis de inundación-escorrentía en las cuencas de ríos prioritarias y cuencas modelo, se llevó a cabo el reconocimiento de campo en las cuencas indicadas en la Tabla 7.3.3.

Respecto a la pertinencia de los resultados del análisis, se realizó la verificación y recolección de información en el Perú sobre los siguientes puntos dentro de la posibilidad.

«Puntos de verificación de la pertinencia del modelo de inundación-escorrentía»

- ✓ Captación de las áreas siempre azotadas por inundaciones (áreas donde cada año se generan daños por inundaciones)
- ✓ Captación de las áreas inundadas en caso de inundaciones de gran escala (El Niño)
- ✓ Captación del caudal del río en caso de inundaciones

Tabla 7.3.3 Comparación entre estudio de campo y resultados del análisis de modelo de inundación y escorrentía

Nombre de la cuenca	Análisis de los resultados, simulación de inundación real e información de riesgo de inundación obtenida de aaa/ala
Chira -Piura	<ul style="list-style-type: none"> • Durante la inundación del El Niño de 1998, el nivel de descarga máximo del río en Sullana fue de 3,700 m³/s, aunque esta información viene no de data que fue medida sino que proviene de entrevistas. Las aguas de inundación nace de Sullana y fluye en dirección sur, entra al lago y posteriormente cambia su dirección hacia el oeste hasta desembocarse en el Océano Pacífico. Parte de las avenidas entra a la región colindante de Lambayeque. • Para las cuencas de los ríos Chira y Piura se han construido diques de manera extensa y de acuerdo a las entrevistas no ha ocurrido daño de inundaciones en las últimas décadas. (De acuerdo al “Estudio preparatorio sobre el programa de protección de valles y poblaciones rurales vulnerable ante inundaciones” de JICA, algunas secciones del río Piura-Chira vienen ya desarrollando protección con un periodo de retorno de 50 años contra inundación). Sin embargo, cuando ocurrió el exceso de lluvias provocado por El Niño en 2017, se produjeron las inundaciones en la ciudad de Piura y sus alrededores causando grandes daños. Según el “Proyecto Especial Chira Piura” que ejecuta el gobierno de la provincia de Piura, el caudal de avenidas que llegó a la ciudad de Piura durante el exceso de lluvias de 2017 alcanzó el orden

Nombre de la cuenca	Análisis de los resultados, simulación de inundación real e información de riesgo de inundación obtenida de aaa/ala
	<p>de 3,500 m³/s.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Antes de 1998, cuando el sistema de diques aún no se encontraba bien desarrollado, las partes bajas de la ciudad de Piura se vieron dañadas por inundaciones. • En el "Proyecto Especial Chira Piura" arriba mencionado, se tiene planificada la construcción de una cuenca de retardo en áreas bajas cercana a Chulucanas, localizada en la parte media de la cuenca del Piura. Ya empiezan deliberaciones sobre un lugar para la construcción. Se detalla al respecto en el Capítulo 13. • Existen puntos críticos señalados por ANA en la parte baja de la ciudad de Piura. De acuerdo al análisis de Inundación-Escorrentía bajo condición de un periodo de retorno de 100 años, las áreas en y alrededor de estos puntos críticos son inundadas.
Rímac	<ul style="list-style-type: none"> • Durante una inundación de gran escala, casas, sembríos y caminos localizados a lo largo del canal principal son inundados en la parte alta y media de la cuenca. • En la sección de aguas abajo del río Rímac, desde la confluencia con río Santa Eulalia, la erosión del canal del río en la sección curva es más grave que la misma inundación. • Dentro de los 6 km desde la desembocadura del río, no ha ocurrido ningún daño por inundación después de que el Gobierno Regional construyera un sistema de diques. • De acuerdo al análisis de Inundación – Escorrentía, el área del río en la sección media y alta de la cuenca se inunda, pero la inundación es limitada a la orilla del río. Además se inunda poca porción de tierra agrícola, caminos y vías férreas.
Ica	<ul style="list-style-type: none"> • El área de inundación estimada por el análisis de Inundación-Escorrentía es consistente con lo manejado por el personal de AAA/ALA. • En la parte media de la cuenca del río Ica, se encuentra bajo construcción la cuenca de retardo llamado Proyecto Casa Blanca. • El distrito de Ocucaje, el cual está ubicado en la parte media de la cuenca, los sembríos a lo largo del río es inundado durante un evento de gran escala. Este tipo de situación es consistente con el análisis de Inundación-Escorrentía.
Huallaga	<ul style="list-style-type: none"> • El área de riesgo de inundación va de Picota a Bellavista, la cual está localizada en la parte media de la cuenca. Los resultados del análisis de Inundación – Escorrentía hecho por el modelo RRI muestran los mismos resultados para la características de la inundación comparado a los resultados de entrevistas. • Sembríos en Uracyacu, la parte alta del río Mayo, así como Naranjillo y Tonchima, que son afluentes del río Mayo, se inundan con frecuencia. Los resultados del análisis de Inundación – Escorrentía hecho por el Modelo RRI muestran los mismos resultados para la características de la inundación. También la erosión del canal del río es seria en estas áreas. • Socavación y depósitos en el canal del río son problemas frecuentes a lo largo de la cuenca del Huallaga, incluyendo el río Mayo y por ende la cuenca del Huallaga, el manejo integral de sedimentos es un problema en esta area.
Mantaro	<ul style="list-style-type: none"> • Las áreas con más alto riesgo de inundación están localizadas en las zonas ribereñas desde Tres de Diciembre hasta Huaripama en la provincia de Junín. Los resultados del análisis de Inundación – Escorrentía muestran los mismos resultados de la situación. • En algunas partes de la sección arriba mencionada, ALA ha construido un sistema de diques. • Debido a que la pendiente del terreno es muy pronunciada, la velocidad del flujo tiende a ser alta por lo que causa un problema de erosión. • En algunos lugares a lo largo del canal del río, mayormente en los cruces de puentes, el canal se angosta, lo cual incrementa el riesgo de inundación al aumentar el nivel de superficie del agua.
Urubamba	<ul style="list-style-type: none"> • Durante la gran inundación del 2010, ocurrieron desbordamientos de algunos afluentes como Lucre y Vilcanota. La misma situación de inundación se ve reproducida con el análisis realizado utilizando el Modelo RRI. • Personal del AAA y ALA están preocupados no solo por eventos de gran escala como el del 2010 sino también por pequeños eventos de inundación y huaycos. • Después de la inundación del 2010, algunas obras de construcción de diques se han implementado o en curso.
Nanay	<ul style="list-style-type: none"> • El incremento en el nivel de aguas del río Nanay es causado por el efecto remanso del río Amazonas y esta condición de aguas altas dura entre 2 y 3 meses. • La ciudad de Iquitos, como está localizada en una terraza alta, no se inundó durante el evento del 2012, el cual fue el evento de inundación más grande registrado en el área. Por el contrario, un gran número de viviendas se inundan en los alrededores de la ciudad de Iquitos casi cada

Nombre de la cuenca	Análisis de los resultados, simulación de inundación real e información de riesgo de inundación obtenida de aaa/ala
	año, y la profundidad del agua de inundación puede alcanzar cerca de 4m.
Chancay-Lambayeque	<ul style="list-style-type: none"> El área más susceptible a los daños de inundaciones es el distrito de Etén. Sin embargo, se está llevando a cabo la obra de encauzamiento en los últimos años, y de acuerdo con las entrevistas con el personal responsable, el caudal de diseño adoptado es de 1,200 m³/s. Cuando ocurrió El Niño en 1998, se produjeron las avenidas del orden de 1,900 m³/s en Eten, causando daños de inundaciones. Aun cuando se desborda el agua de los ríos Chancay-Lambayeque, el flujo no llega a Chiclayo localizada en el oeste, que es la ciudad principal de esta región. Durante las inundaciones de 2017, se produjo el flujo de avenidas de aprox. 600 m³/s en Tinajones, en la cuenca media, pero sin causar daños por inundaciones.

7.4 Resumen de los resultados del análisis

El análisis de los resultados de las 11 cuencas se resume en la siguiente Tabla 7.4.1.

Tabla 7.4.1 Análisis de los resultados para las cuencas de río priorizadas/modelo

Priorizada o modelo	No.	Nombre de río	Resultado del análisis de inundación- escorrentía	Figuras
Modelo	1	Biabo	<ul style="list-style-type: none"> Inundación ocurre frecuentemente en los afluentes. Para el canal principal, la inundación ocurre en secciones curvas y cerca de las secciones bajas localizadas en la confluencia con el río Huallaga. Numero de Población en la totalidad de la cuenca es baja y la mayoría de hogares están localizadas en el área de aguas abajo de la cuenca. Se espera la protección puntual inteligente de estas áreas residenciales así como otros lugares económicamente importantes. 	Figura 7.4.1 adjunto 4-1
Modelo	2	Locumba	<ul style="list-style-type: none"> El agua de inundación esta confinada a la orilla del río debido a las escarpadas condiciones topográficas y la extensión del área inundable es pequeña. Numero de habitantes en la totalidad de la cuenca es bajo y la mayoría de hogares están localizados aguas abajo. Se espera la protección puntual inteligente de estas áreas residenciales, así como otros lugares de económicante importantes 	Figura 7.4.2 adjunto 4-2
Modelo	3	Chancay-Lambayeque	<ul style="list-style-type: none"> En la parte alta de la cuenca, el agua de la inundación esta limitada a la orilla el río debido a las empinadas condiciones topográficas y el tamaño del área inundable es pequeño. Contrariamente, en la parte baja de la cuenca, hay zonas planas en donde el agua de la inundación se esparce fácilmente. De acuerdo al resultado de los análisis, algunas áreas pobladas se inundan. Por lo tanto, para estas zonas se esperan medidas de protección como ser la construcción de diques. 	Figura 7.4.3 adjunto 4-3
Priorizada/ Modelo	4	Huallaga	<ul style="list-style-type: none"> El área con mayor riesgo de inundación es la parte central de la cuenca y alrededor del río Mayo. Se esperan medidas de protección como ser la construcción de diques para el área poblada localizada en una zona de riesgo máximo de inundación. También, otras importantes infraestructuras de manufactura y transporte deberían de ser protegidas. 	Figura 7.4.4 adjunto 4-4
Modelo	5	Nanay	<ul style="list-style-type: none"> Inundación del río Nanay causada principalmente por el remanso de las aguas del río Amazonas. Para la construcción de diques, se espera un alto costo de construcción. Por lo tanto, se espera la protección puntual inteligente del área poblada en los alrededores de la ciudad de Iquitos así como otros lugares de importancia económica. 	Figura 7.4.5 adjunto 4-5
Modelo	6	Ramis	<ul style="list-style-type: none"> - En la parte alta de la cuenca, el agua de la inundación esta limitada a la orilla del río debido a las empinadas condiciones topográficas y el tamaño del área inundable es pequeño. En la parte media de la cuenca, existen áreas planas con población donde la inundación se esparce fácilmente. En la parte baja de la cuenca el riesgo de inundación no es alto. - Se espera la protección puntual inteligente del área poblada 	Figura 7.4.6 adjunto 4-6

Priorizada o modelo	No.	Nombre de río	Resultado del análisis de inundación- escorrentía	Figuras
			de la ciudad así como otros lugares de importancia económica.	
Priorizada/ Modelo	7	Rímac	<ul style="list-style-type: none"> • La inundación esta limitada a la orilla del río debido a lo pronunciado de las condiciones topográficas. • Aunque la extensión del área inundable es pequeña, hay algunas vías principales y la vía férrea, importantes para el transporte de alimentos y otros bienes que podrían ser afectados. Se espera la protección puntual inteligente de estos lugares económicamente muy importantes. 	Figura 7.4.7 adjunto 4-7
Priorizada/ Modelo	8	Chira	<ul style="list-style-type: none"> • La inundación es notable en la parte media y baja de la cuenca. • En el área poblada del distrito de Sullana y su parte baja, la inundación se esparce en las áreas planas contiguas al canal principal. • Se esperan medidas de protección para algunas de las áreas pobladas mencionadas. 	Figura 7.4.8 adjunto 4-8
Priorizada/ Modelo	9	Piura	<ul style="list-style-type: none"> • En la parte alta de la cuenca, la inundación se desvía a los lados del río debido al relieve topográfico inclinado y que el área inundable es pequeña. Contrariamente, en la parte baja de la cuenca hay zonas planas donde la inundación fácilmente puede esparcirse. • Se esperan medidas de protección en algunas de las áreas pobladas. 	Figura 7.4.9 adjunto 4-9
Priorizada/ Modelo	10	Urubamba	<ul style="list-style-type: none"> • La inundación esta limitada a la orilla del río debido a lo inclinado de las condiciones topográficas. • Se esperan medidas de protección para algunas de las áreas pobladas. 	Figura 7.4.10 adjunto 4-10
Priorizada/ Modelo	11	Ica	<ul style="list-style-type: none"> • En la parte media y baja de la cuenca, el rango de inundación es pequeño y limitado a lo largo del río. • Se esperan medidas de protección en algunos centros poblados así como para Ica. • No solo hay áreas residenciales, sino que también hay zonas agrícolas a lo largo del río. • Se espera la construcción de diques extensos, ya que el riesgo de dispersión del agua de inundación es relativamente grande. 	Figura 7.4.11 adjunto 4-11
Priorizada/ Modelo	12	Mantaro	<ul style="list-style-type: none"> • La inundación es notable en la parte media de la cuenca y en el afluente Cunas. En la parte baja de la cuenca, el agua de inundación esta limitada a la orilla del río y el área de inundación es pequeña. • Se esperan las medidas de protección en algunas áreas pobladas de la parte media de la cuenca inclusive dentro del distrito de Huancayo. 	Figura 7.4.12 adjunto 4-12

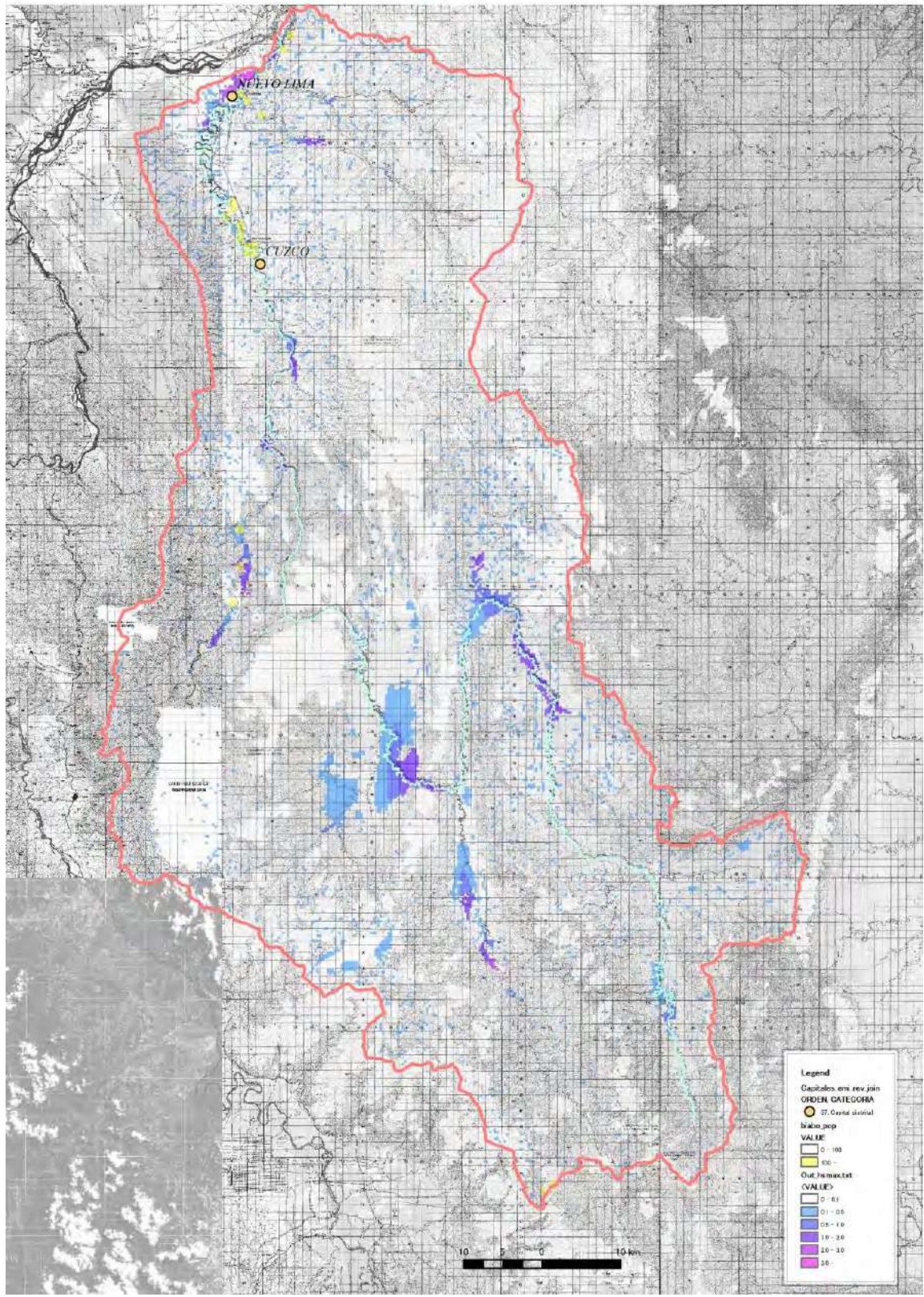


Figura 7.4.1 Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Biabo (inundación con período de retorno de 100 años)

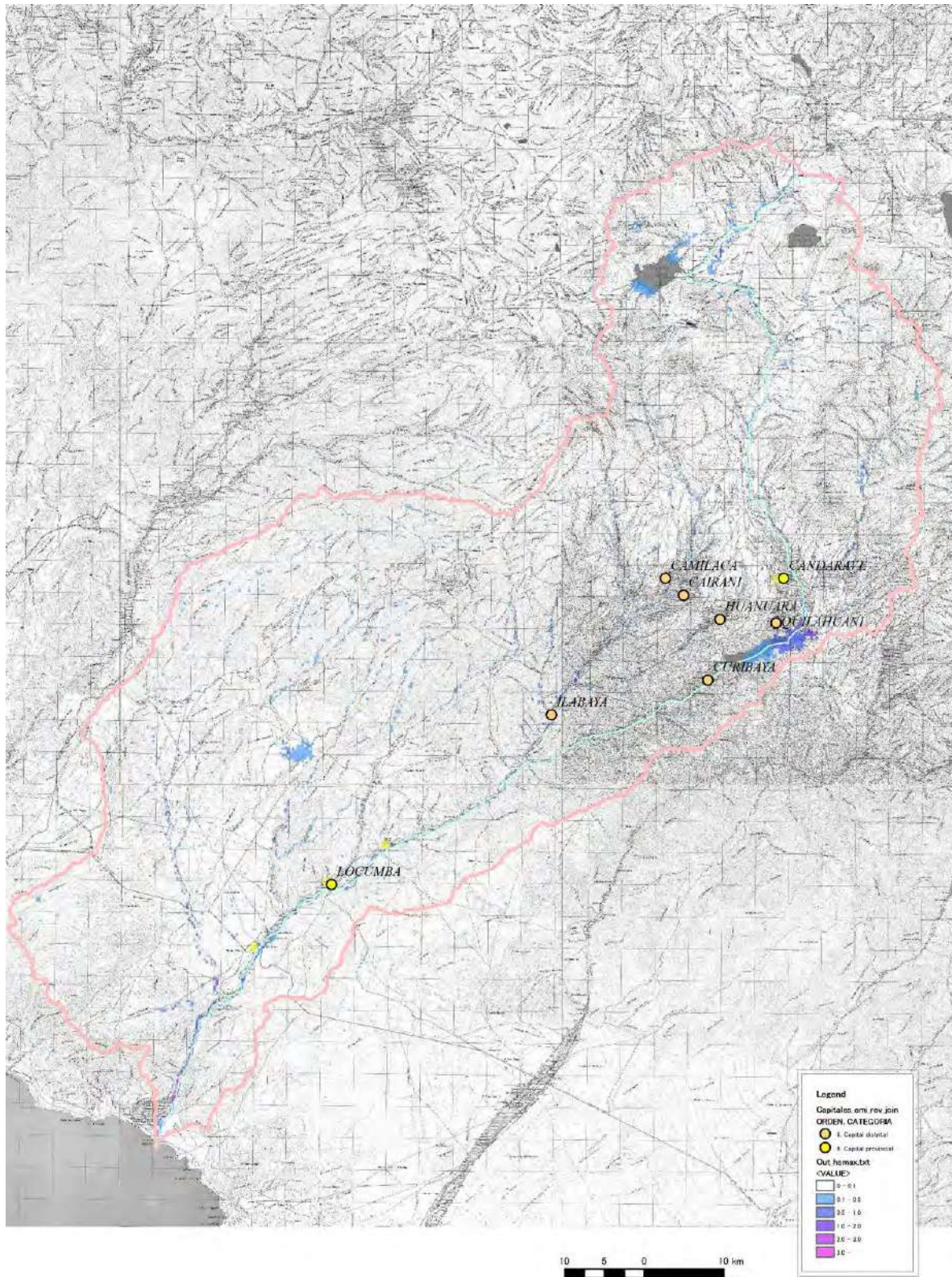


Figura 7.4.2 Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Locumba (inundación con periodo de retorno de 100 años)

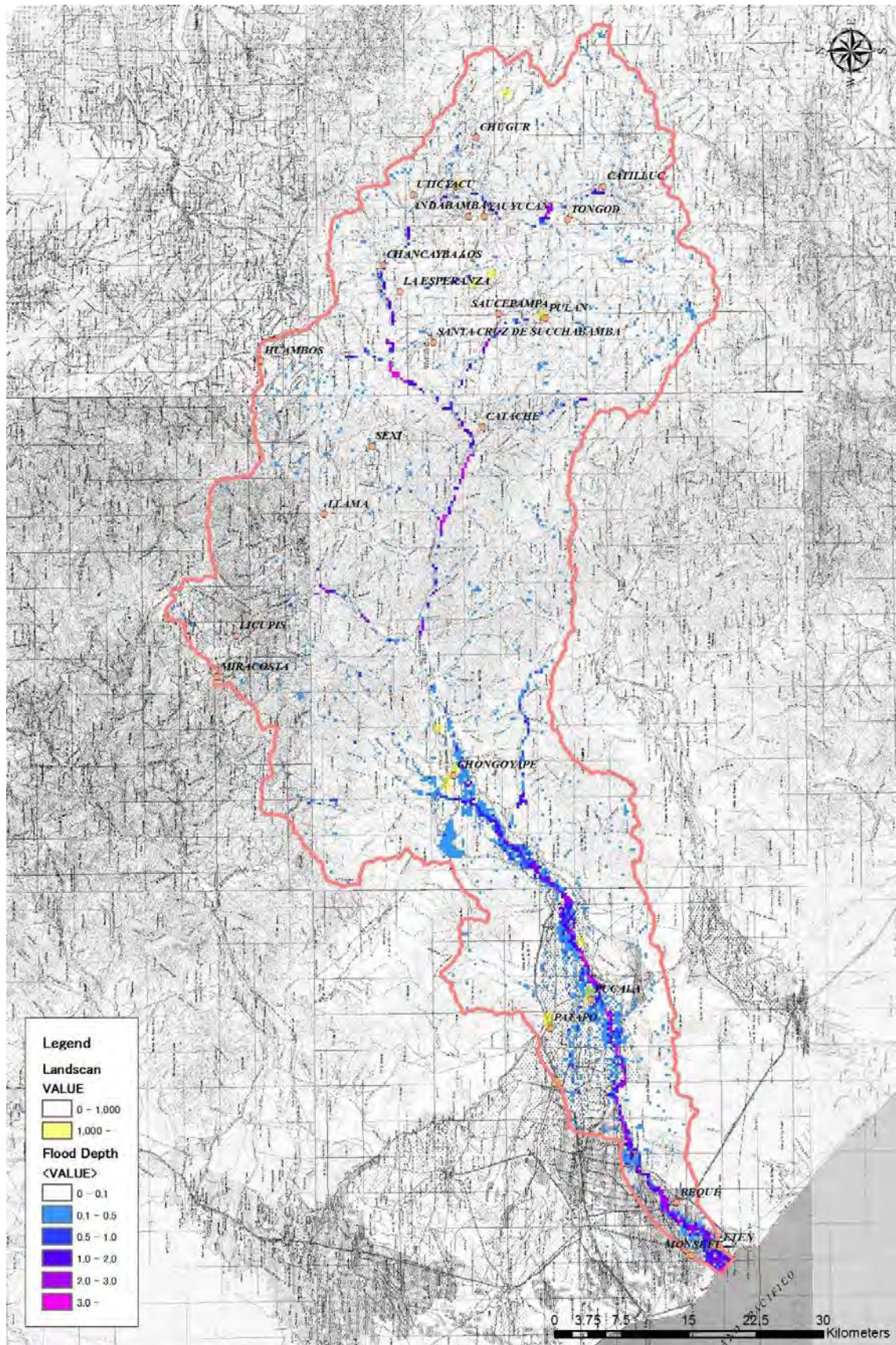


Figura 7.4.3 Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque (inundación con período de retorno de 100 años)

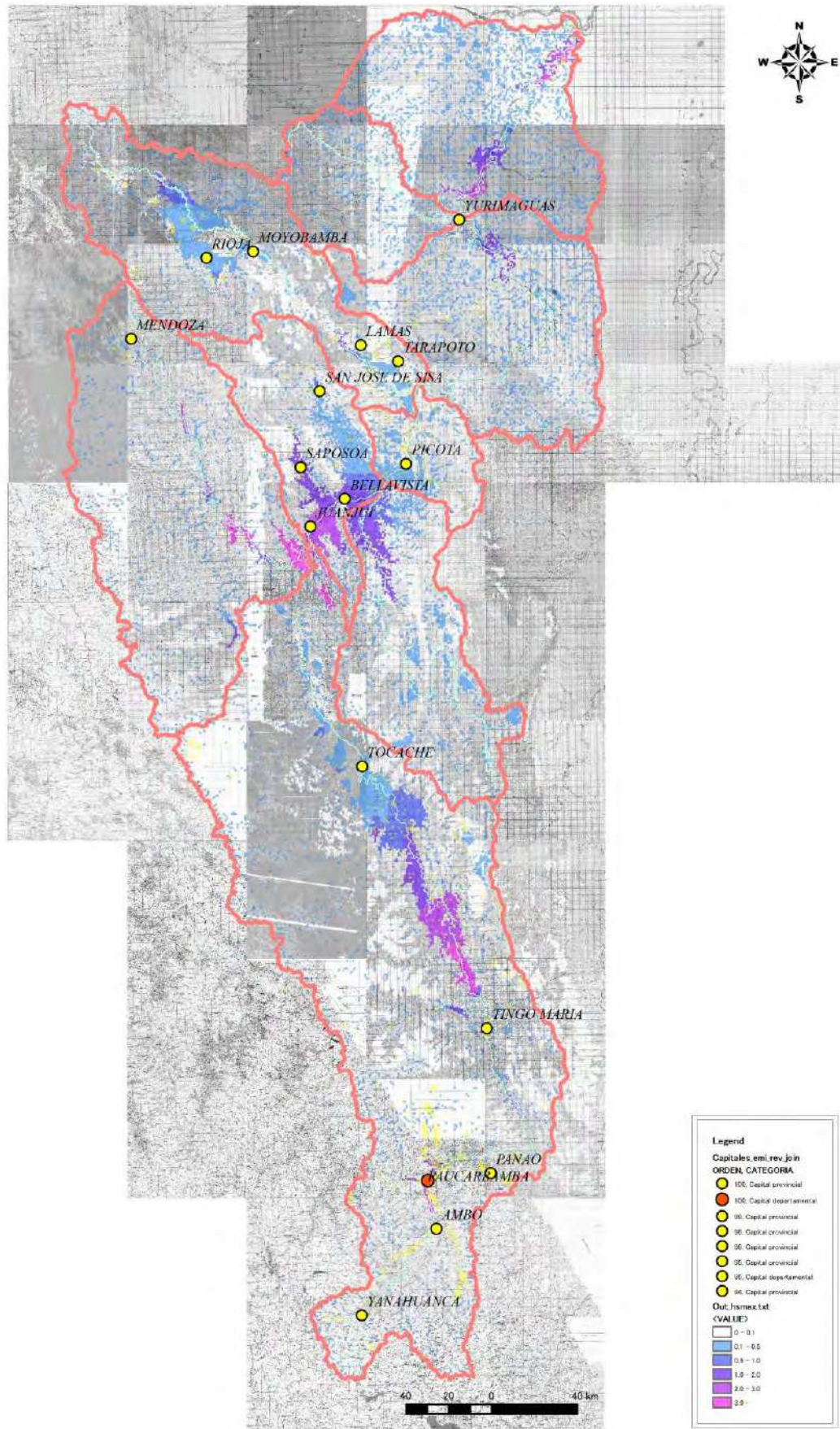


Figura 7.4.4 Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Huallaga (inundación con período de retorno de 100 años)

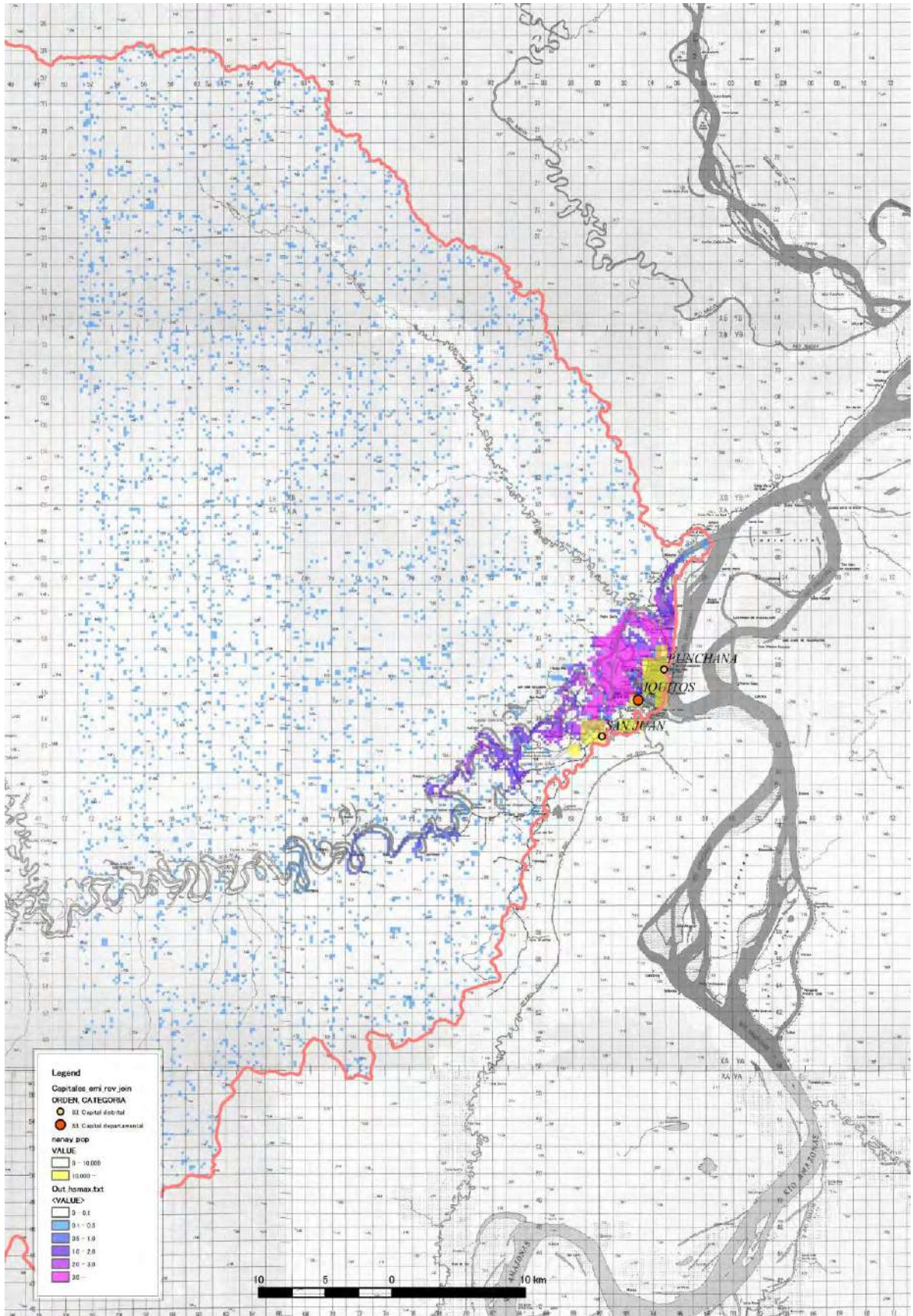


Figura 7.4.5 Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Nanay (inundación con período de retorno de 100 años)

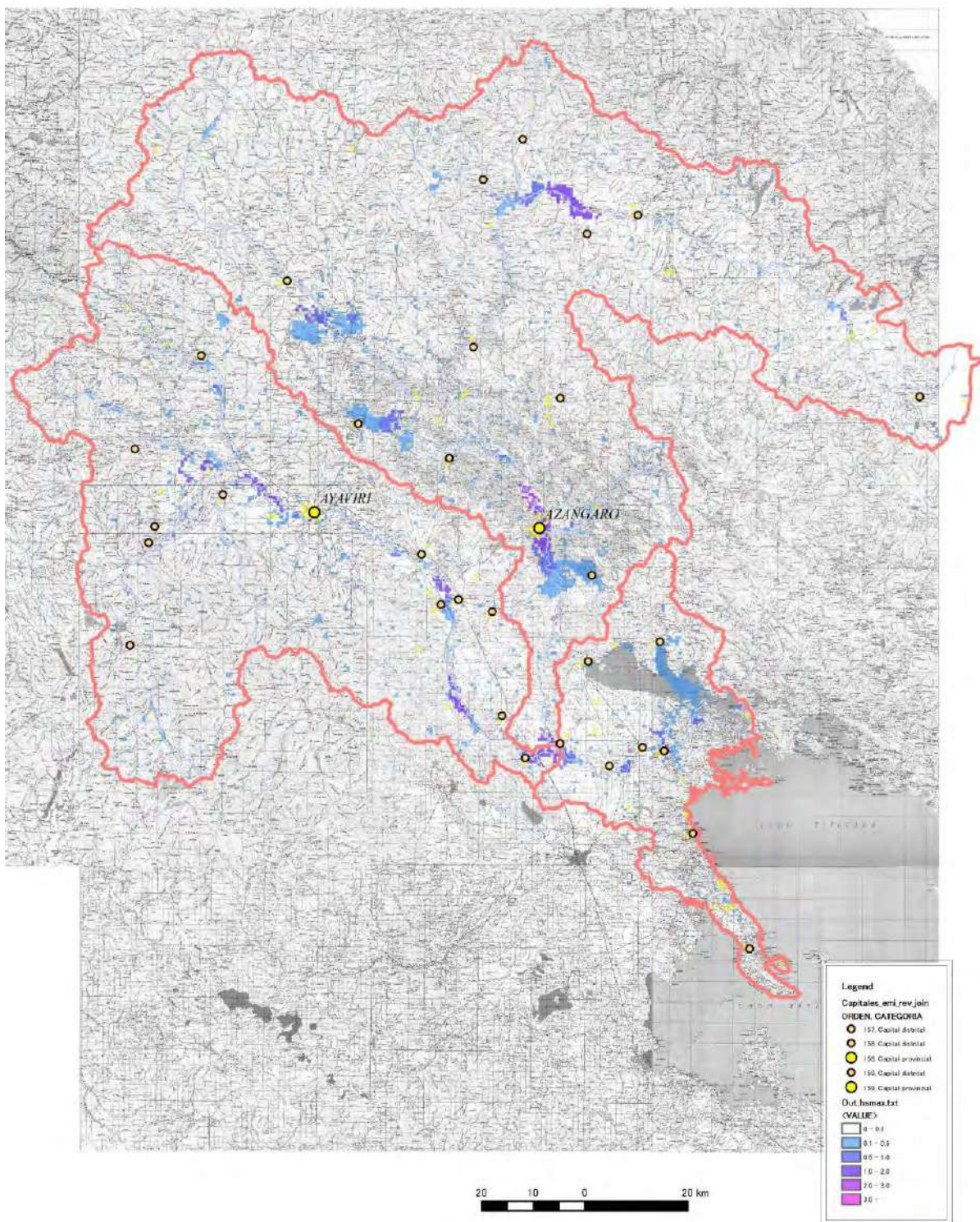


Figura 7.4.6 Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Ramis (inundación con período de retorno de 100 años)

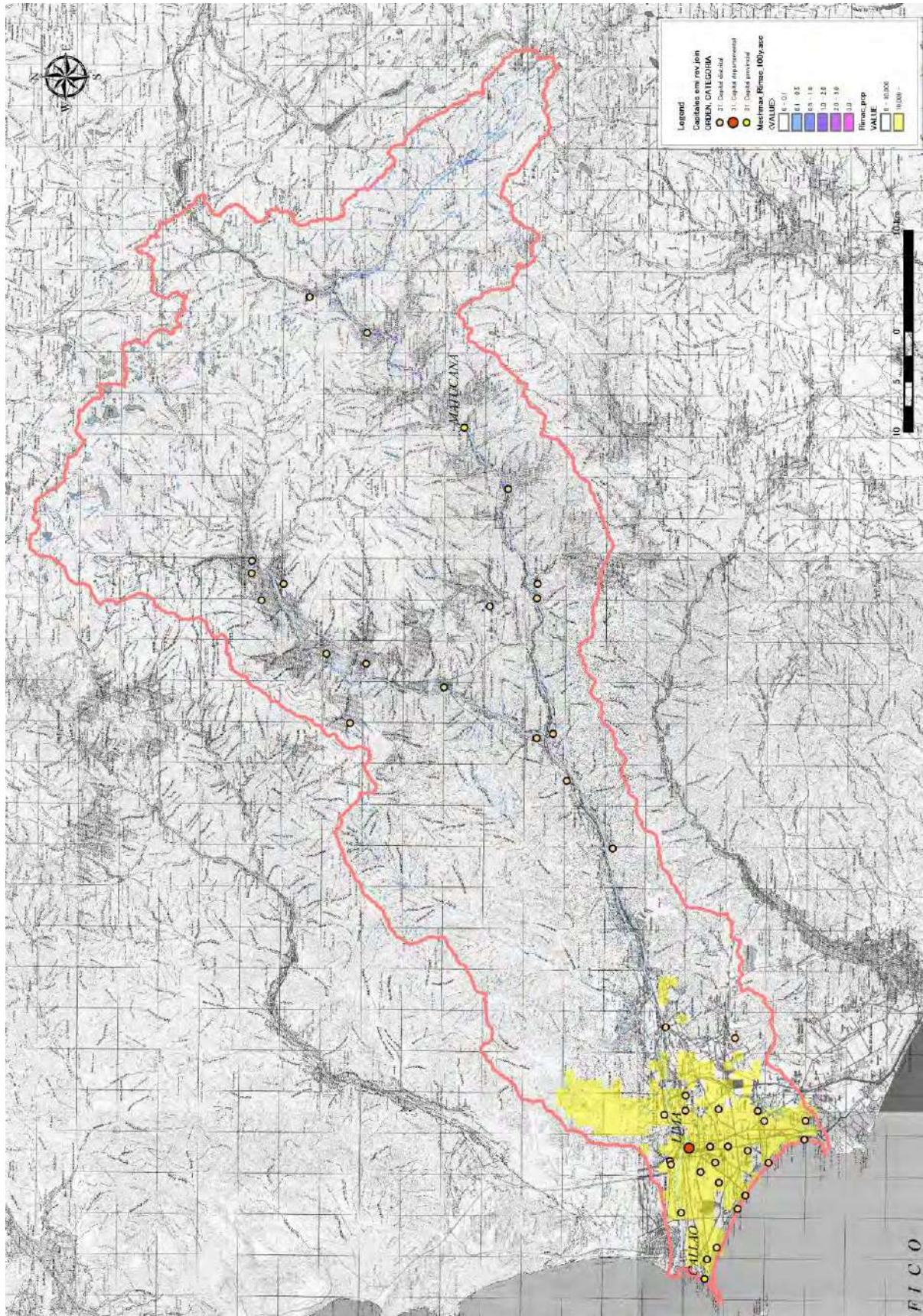


Figura 7.4.7 Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Rímac (inundación con período de retorno de 100 años)

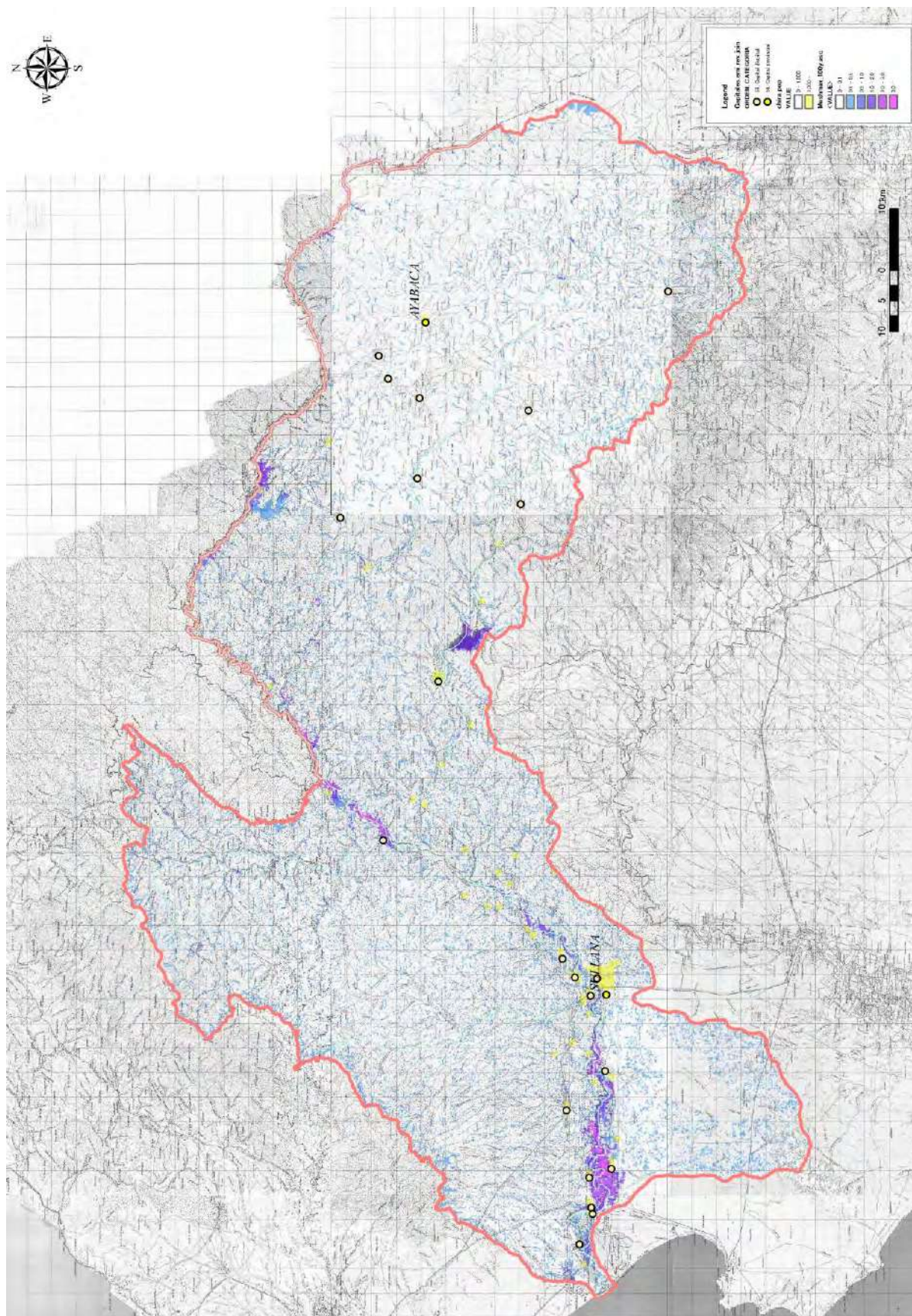


Figura 7.4.8 Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Chira (inundación con período de retorno de 100 años)

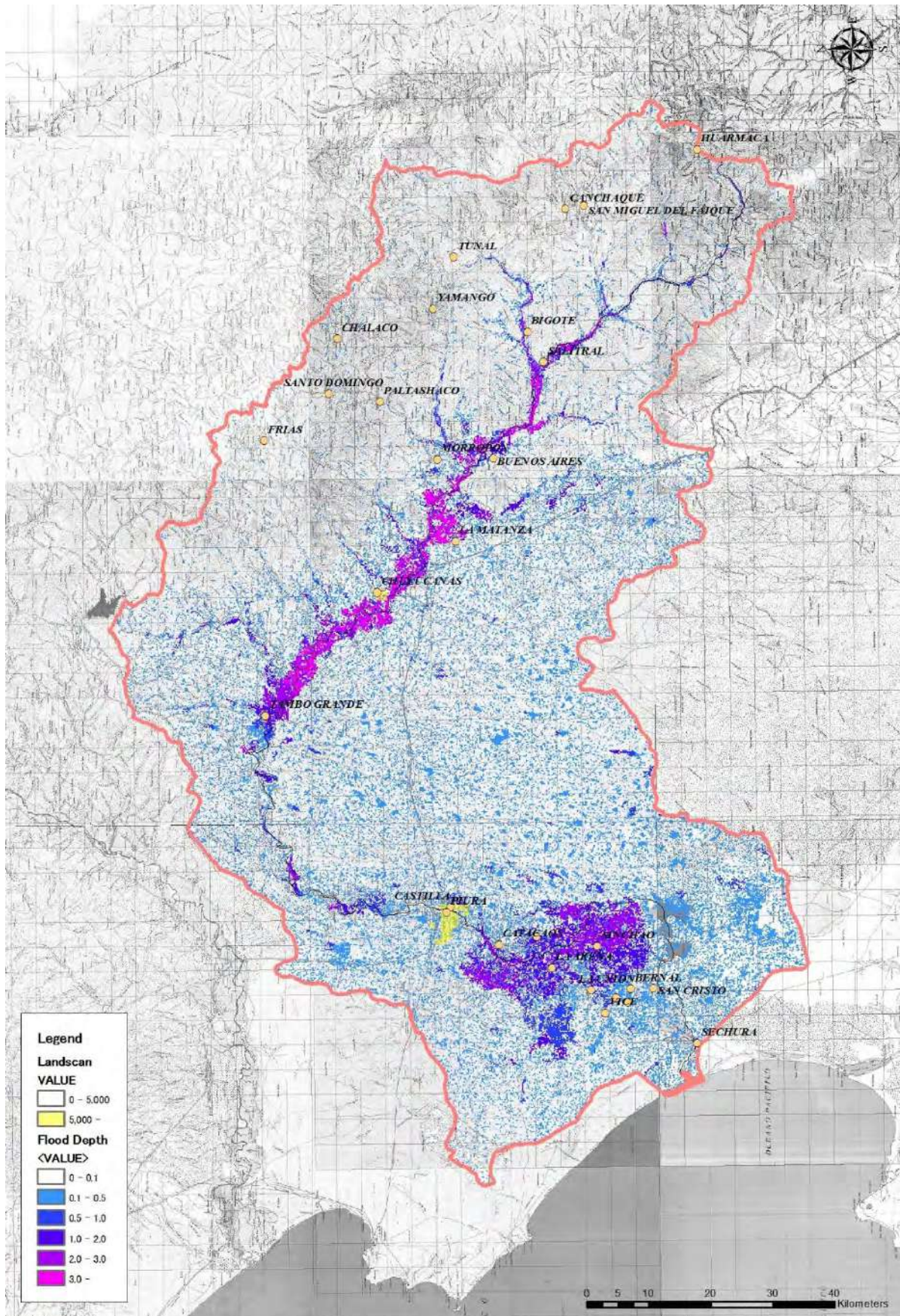


Figura 7.4.9 Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Piura (inundación con período de retorno de 100 años)

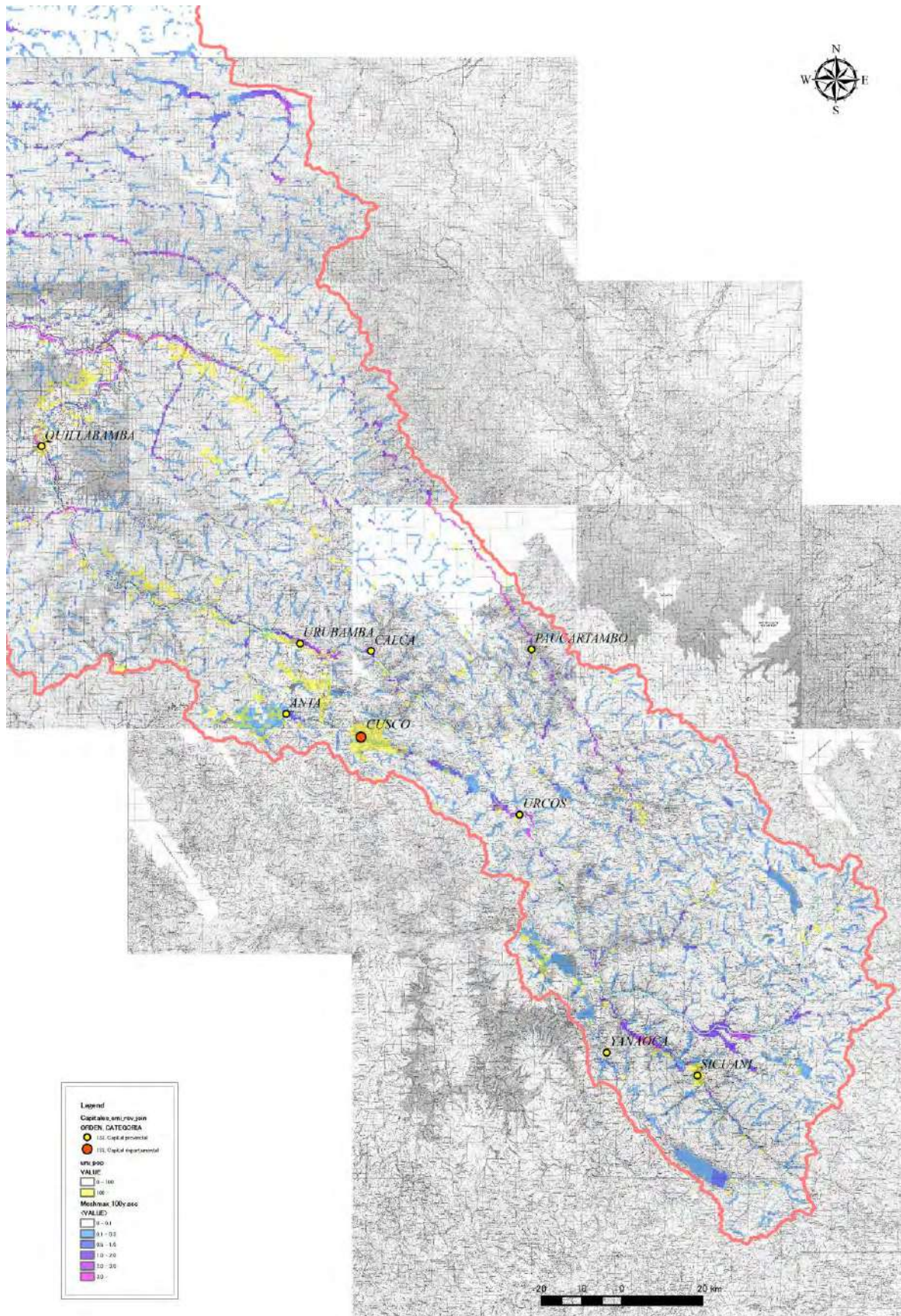


Figura 7.4.10 Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Urubamba (inundación con período de retorno de 100 años)

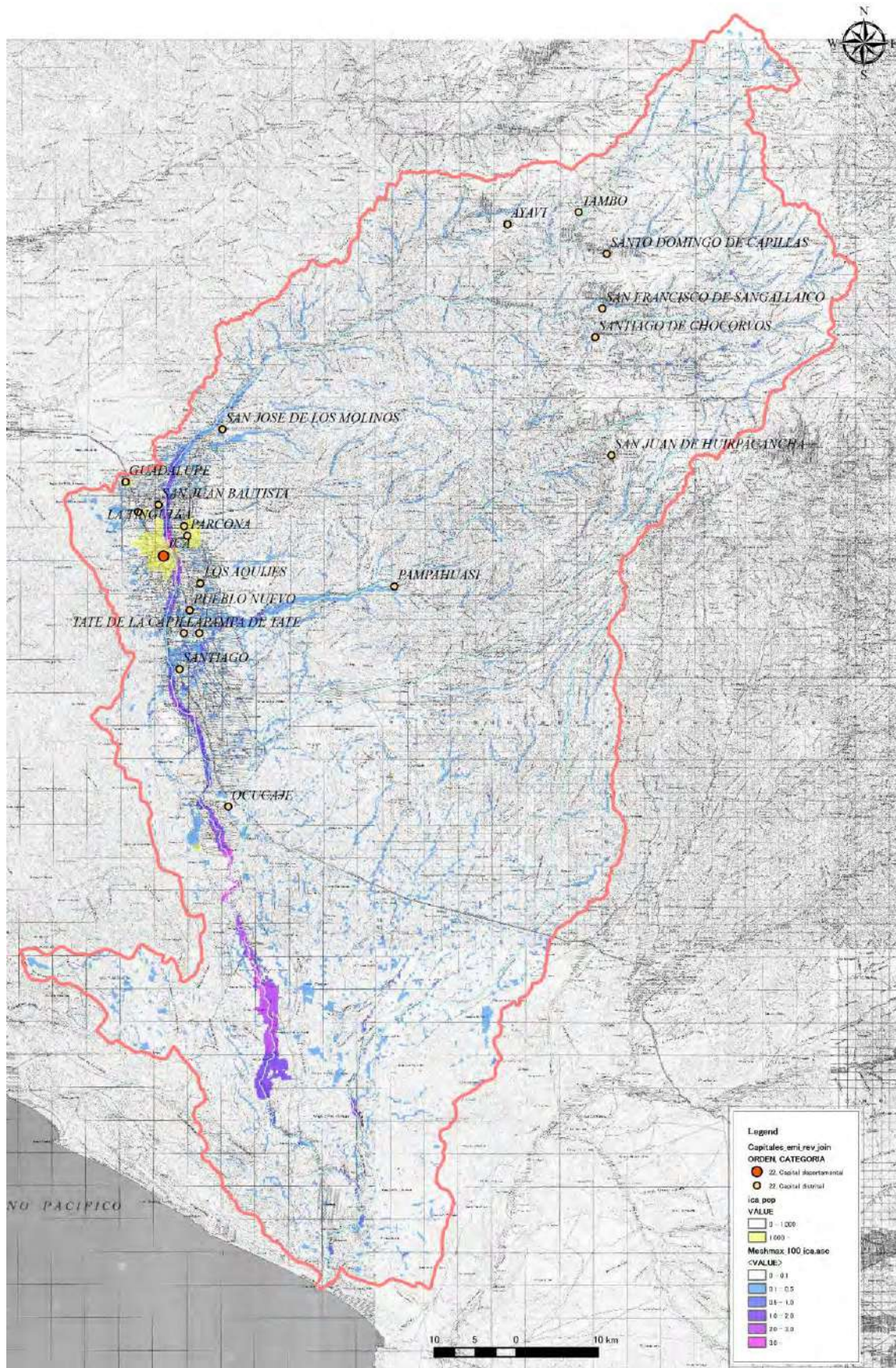


Figura 7.4.11 Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca del río Ica (inundación con período de retorno de 100 años)

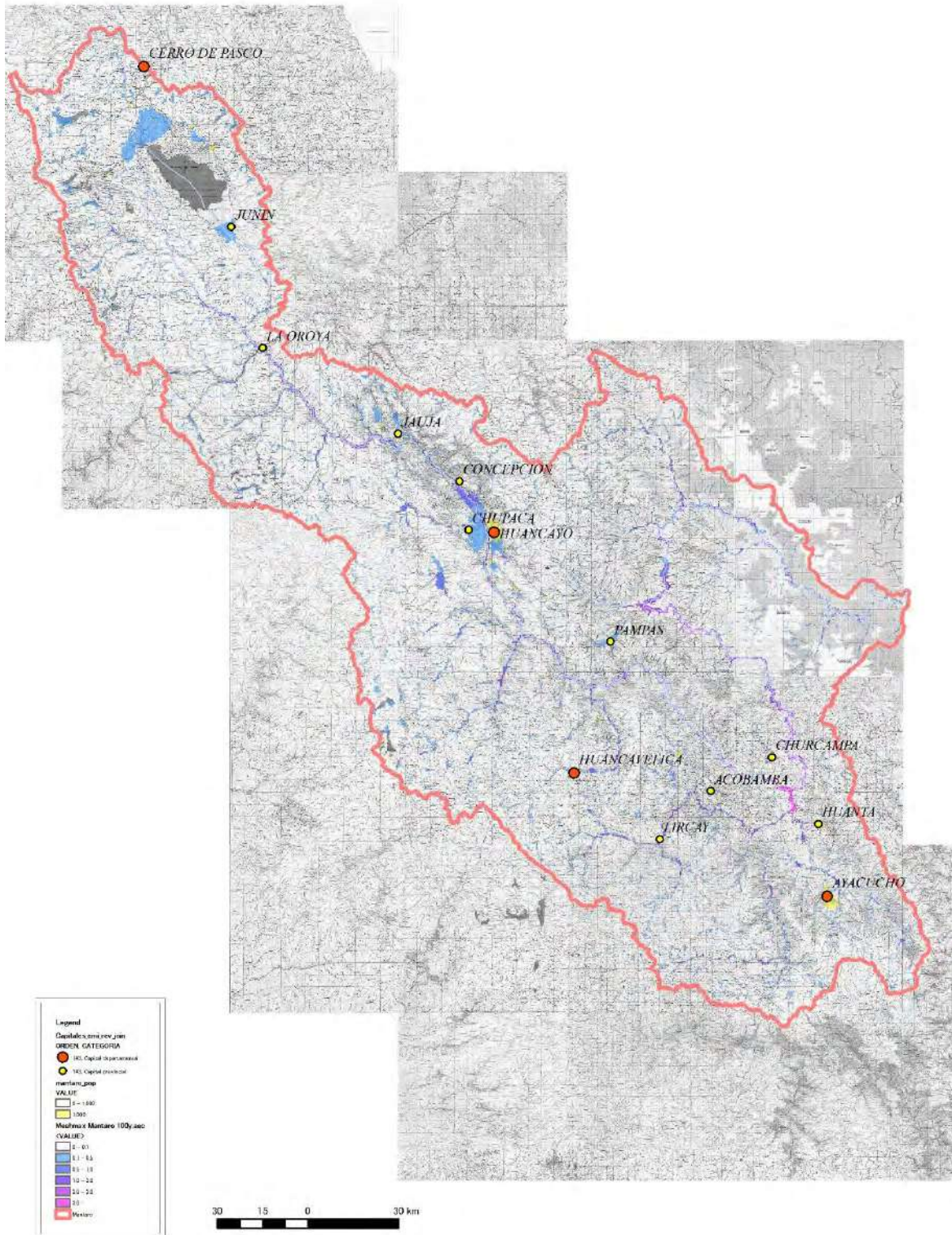


Figura 7.4.12 Distribución de la profundidad máxima de inundación en la cuenca río Mantaro (inundación con período de retorno de 100 años)

Capítulo 8 Preparación de Normas Técnicas para Proyectos de Prevención de Inundaciones (Borrador)

8.1 Antecedentes de la preparación de normas técnicas para proyectos de prevención de inundaciones

Como se indicó al inicio del presente Informe, el Perú es un país con gran diversidad natural que se desarrolla en las regiones de la Costa, Sierra y la Selva. Sin embargo, esto se traduce también en el alto riesgo de diversos desastres naturales, como son sismos, tsunamis, inundaciones, deslizamientos y huaycos, etc., y la respuesta a estos riesgos constituye una tarea urgente para el país.

Para abordar esta tarea, el gobierno del Perú ha venido ejecutando varios proyectos de control de inundaciones, como es el caso del PERPEC (1999-2009, con una inversión de US\$ 126 millones; Véase el Capítulo 1 para más detalles). Sin embargo, los gobiernos regionales y locales se ven dificultados a menudo a atender los proyectos de control de inundaciones en forma individual y aislada, en términos tanto financieros como técnicos. Adicionalmente, no es fácil formular y ejecutar los proyectos de control de inundaciones que considerando todas las cuencas del país en su conjunto.

Dentro de este contexto, la ANA, a través de las 14 AAAs que son sus delegaciones descentralizadas, ha tomado la iniciativa de materializar la gestión de los recursos hídricos de las 159 cuencas del país, en colaboración con los CRHCs que son las entidades a cargo de definir las directrices, políticas y planes de gestión de cada cuenca. Actualmente, en la ANA ya se ha iniciado la recolección y almacenamiento de datos básicos relacionados con las medidas de prevención de inundaciones y en algunos ríos se ha emprendido la verificación del riesgo de inundaciones y de las áreas peligrosas. De ahora en adelante se requiere formular y realizar lo antes posible el plan contra inundaciones sobre los ríos y áreas con alto riesgo de inundaciones.

Sin embargo, la ANA no cuenta con directrices para la planificación de canales del río ni manual del plan de instalaciones fluviales que puedan aplicarse a nivel nacional como estándares y en la actualidad los define de acuerdo con cada proyecto.

8.2 Propósitos de la elaboración de las “Normas Técnicas para Proyectos de Prevención de Inundaciones (Borrador)”

Las Normas Técnicas para Proyectos de Prevención de Inundaciones se han elaborado como uno de los trabajos que se efectúan bajo el estudio de JICA titulado “Estudio Básico de la Demanda de Control de Inundaciones en la República del Perú” (en adelante, se llamará “presente Estudio”). En el presente Estudio, se propondrán medidas urgentes de control de inundaciones de las 6 cuencas de río prioritarias mencionadas en el Capítulo 3 de las cuales se ha confirmado la necesidad de mejora del río. Asimismo, se tipificarán las 159 cuencas del Perú según la topografía, las condiciones naturales y las características locales, etc. y se estimarán el contenido, el costo y el período del proyecto de control de inundaciones

necesario para cada grupo de cuencas tipificadas (véase los Capítulos 9-11).

Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, en el Perú no existen directrices estandarizadas para la formulación de planes de construcciones fluviales destinadas al control de inundaciones, por lo que es difícil definir el contenido del proyecto con facilidad y determinar la especificación general de cada construcción y calcular el costo estimado del proyecto.

Como un desafío fundamental, actualmente el Perú no cuenta con los criterios normalizados e integrados de formulación de planes y de diseño de las estructuras fluviales necesarios para analizar las medidas de control de inundaciones. Debido a ello, se hace necesario elaborar la propuesta de normas técnicas para el control de inundación sistematizando las bases de la metodología de planificación de las obras de control de inundaciones, instrumento que actualmente no cuenta el Perú, con el fin de ejecutar oportuna y apropiadamente los futuros proyectos.

Por lo tanto, en el presente Estudio se elaboraron la propuesta de las "Normas Técnicas de Control de Inundaciones" (en lo sucesivo referido como "estas Normas Técnicas (borrador)". Estas Normas Técnicas reúnen principalmente las normas técnicas propuestas para la planificación y diseño de las estructuras fluviales representativas necesarias para controlar las inundaciones.

8.3 Contenido de las Normas Técnicas (Borrador)

8.3.1 Contenido de las Normas Técnicas (Borrador)

El contenido incluido en el borrador de las presentes normas es como se describe a continuación.

- Desastres que se deben prevenir por la gestión de las cuencas de río y su política básica de medidas
- Base de la gestión del riesgo de desastres en las cuencas de río
- Base del método de reducción del riesgo de inundaciones
- Base del diseño de construcciones destinadas a la prevención de inundaciones
- Evaluación del proyecto para la prevención de desastres

Las presentes normas técnicas (borrador) señalan principalmente las ideas básicas necesarias para las medidas de reducción y mitigación de inundaciones, que son el objetivo principal del presente Estudio, designando un capítulo a cada uno de los puntos arriba citados. Asimismo, en el Perú, igual que las inundaciones, los desastres por lodo y piedras se generan con frecuencia en el curso superior de cada cuenca de río. Las medidas contra dichos desastres se relacionan estrechamente con la reducción del riesgo de inundaciones y en Japón se toman las medidas contra inundaciones y desastres por lodo y piedra conjuntamente en el marco de gestión integral de desastres en cuencas de río, por lo que especialmente en el “Capítulo 3: Base de la gestión del riesgo de desastres en las cuencas de río” y en el “Capítulo 4: Base del método de reducción del riesgo de inundaciones” de las presentes normas se describen las ideas básicas de las medidas contra desastres por lodo y piedras detalladamente igual que las medidas contra inundaciones.

8.3.2 Método de elaboración

Las Normas Técnicas (Borrador) se han elaborado de acuerdo con el siguiente material.

- Japón : Ministerio de Tierra, Infraestructura, Transporte y Turismo (MLIT) : Criterios Técnicos para Obras Fluviales: Guías Prácticas para la Planificación

Asimismo, se han aprovechado los siguientes materiales como referencia.

- Perú : ANA : documentos sobre la planificación y diseño de construcciones fluviales
- Perú : ANA : datos sobre precios unitarios estándares de las obras fluviales
- Perú : MEF : Guía Metodológica para Proyectos de Protección y/o Control de Inundaciones en Áreas Agrícolas o Urbanas
- Perú : MEF : Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Protección de Unidades Productoras de Bienes y Servicios Públicos Frente a Inundaciones, a Nivel de Perfil
- Perú : MEF : Anexo CME 25: Contenidos Mínimos Específicos De Estudios de Preinversión A Nivel De Perfil de Proyectos de Inversión Pública de Servicios de Protección Frente A Inundaciones
- Japón : orden sobre estándares de estructuras para instalaciones de gestión del río
- JICA : Estudio preparatorio del Programa de Protección de Valles y Poblaciones Rurales Vulnerables ante Inundaciones En La República Del Perú
- Estudio del Plan de Medidas de Prevención de Desastres del Río Rimac

8.4 Normas Técnicas para Proyectos de Prevención de Inundaciones (Borrador) elaboradas

Las Normas Técnicas para Proyectos de Prevención de Inundaciones (Borrador) elaboradas por el presente Estudio están presentadas integralmente al final del presente informe como documento adjunto 5-1.

8.5 Deliberación con la ANA sobre las Normas Técnicas para Proyectos de Prevención de Inundaciones (Borrador) elaboradas, comentarios de la ANA y respuesta del Equipo de Estudio

La ANA ha entregado durante el proceso de la elaboración del borrador de las Normas Técnicas de Control de Inundaciones elaboradas, las observaciones referentes principalmente al diseño de las obras de defensa ribereña y de espigones, que pueden resumirse en los siguientes cinco aspectos.

- Diferencia entre las normas y los valores adoptados en las obras: Por ejemplo, las normas establecen la pendiente de las obras de defensa ribereña y de los diques en 1:2.0 o más. Sin embargo, en realidad muchas de las obras ejecutadas en el Perú adoptan una pendiente de 1:1.5 aprox. lo que plantea la necesidad de reforzar las estructuras fluviales más del valor especificado en las normas.
- Sin embargo, en realidad las obras son construidas manteniendo el mismo espesor de los miembros, etc., lo que ocasiona el arrastre de estos miembros.
- Dentro de este contexto, es importante emitir a ALA y a otros actores involucrados instrucciones

necesarias para que se respeten el diseño en la ejecución de las obras.

- Otro tema preocupante, al igual que la defensa ribereña para prevenir la socavación de las riberas, es el diseño y construcción de los espigones. No pocas veces los espigones recién construidos son destruidos por las inundaciones.
- Además de las obras de control de inundaciones propiamente dicha, es necesario también realizar las investigaciones y estudios y establecer las normas de planificación y diseño de las obras de control de sedimentos (presas de sedimentos) en los afluentes. Básicamente, las medidas contra los deslizamientos y huaycos en los afluentes son responsabilidad de los gobiernos regionales y éste tema también constituye un desafío hacia el futuro.

Con el fin de responder a estas observaciones planteadas por la ANA, el Equipo de Estudio organizó el seminario taller donde se les dio a conocer a los participantes la relación entre la defensa ribereña y la pendiente, incluyendo la metodología del cálculo, en base a las normas de diseño de las obras de defensa ribereña en Japón. En cuanto a las medidas contra los deslizamientos y huaycos, que en realidad no es un tema cubierto por el presente Estudio, se realizó un estudio junto con la evaluación de los daños de inundaciones de 2017 y el estudio de identificación de necesidades. En el Capítulo 13, Sección 13.3.3 se resumen los desafíos identificados y las recomendaciones para las futuras medidas.

Capítulo 9 Análisis de la Propuesta de Medidas de Mitigación de Inundaciones para la Estimación del Costo de los Proyectos en las Cuencas Prioritarias y de Modelo

9.1 Políticas de análisis

9.1.1 Políticas de estimación de costos de los proyectos

(1) Políticas básicas

En este Capítulo se analiza la propuesta de las medidas de mitigación para conocer el costo estimado de los proyectos necesario para prevenir los daños de las inundaciones causadas por la escorrentía, utilizando el análisis de inundación-escorrentía efectuado en el Capítulo 7 para las 10 cuencas modelo (de 12 ríos, de las cuales seis son cuencas prioritarias), seleccionadas para el presente Estudio.

En la estimación del costo de los proyectos, se asume que se ejecutarán la siguiente medida.

- Control de desbordamiento de las avenidas mediante la construcción de diques de las obras de defensa ribereña

Adicionalmente, se estimará el costo del proyecto para las siguientes dos opciones que consisten en la reducción del caudal de avenidas en la cuenca alta.

- Medidas de reducción del caudal de inundación hacia el curso inferior mediante cuenca de retardo
- Medidas de reducción del caudal de inundación hacia el curso inferior mediante el cambio de reglas operacionales de las presas existentes

En consideración a cada cuenca, se planteará una de las dos alternativas arriba mencionadas que se supone adecuada en este momento.

(2) Cuencas donde no es posible adoptar la opción que incluya la construcción de las instalaciones de almacenamiento de agua

Existen algunas cuencas donde no es posible adoptar la opción de reducir el caudal de avenidas en su curso superior. Estas son:

- ✓ cuencas donde no hay presa existente que pueda reducir el caudal efectivamente en el curso superior o cuencas que ya se ha verificado que no cuentan con un lugar adecuado como cuenca de retardo, que permita almacenar una gran cantidad de agua de inundación; o
- ✓ cuencas cuyo tramo de inundación indicado en el Capítulo 7 es corto y ya se ha verificado que es conveniente construir un dique/revestimiento ribereño.

Sobre estas cuencas, básicamente no se considerarán las medidas incluso instalaciones de almacenamiento del caudal. Las dos (2) cuencas objeto del presente Estudio donde no se considerarán las medidas arriba mencionadas son las siguientes.

Tabla 9.1.1 Cuencas de río donde la alternativa por instalaciones de almacenamiento no es considerada

Tipo No.	Nombre de la cuenca	Razones para no considerar la Alternativa-2	Notas
2	Locumba	<ul style="list-style-type: none"> ● No hay lugar preferible para el almacenaje de agua debido a la pronunciada topografía. ● Descarga del río es muy pequeña, y la extensión de la inundación es muy limitada. 	
5	Rímac		Cuenca prioritaria

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(3) Alternativas de mitigación de inundaciones para cada cuenca de río

De acuerdo con la política básica de selección de las alternativas arriba mencionadas, a continuación se presentan las alternativas para comprender el costo estimado del presente Estudio.

Tabla 9.1.2 Alternativas de mitigacion de inundaciones para cada cuenca de río objetivo

Tipo	Características	Puntos a ser Considerados	No. de ríos	Modelo de río por Tipo	Alternativa	Measures of Flood Control *3				Benefit *4			
						R.I	R.B.	C.D.O	H.R	E.C	Agri.	Res.	Otros
Tipo 1	Población pequeña y PBI per cápita pequeño	Área Protegida Limitada.	57	Biabo	Alt-1	✓				TBC		✓	✓
					Alt-2	✓	✓			TBC	✓	✓	✓
Tipo 2	Pequeña población Alto PBI per Cápita. Sector económico secundario es actividad económica típica	Se espera la protección inteligente de importantes locaciones agrícolas y carreteras	30	Locumba	Alt-1	✓				TBC		✓	✓
Tipo 3	Cuencas del Pacífico. Población alta pequeño PBI per cápita. Poca lluvia y pendiente de río pronunciada.	No solo Mitigación de Inundación, el manejo de sedimentos también debería de ser considerado debido a las características topográficas..	7	Chancay-Lambayeque	Alt-1	✓				TBC		✓	✓
					Alt-2	✓		✓		TBC		✓	✓
Tipo 4	Cuencas del Pacífico. Población alta pequeño PBI per cápita. Poca lluvia y pendiente de río media. Sector económico terciario es la actividad económica típica	Medidas de Mitigación de Inundaciones típicas en Japón son aplicables debido a características similares de los Ríos.	3	Piura*1	Alt-1	✓				TBC	✓	✓	✓
					Alt-2	✓	✓			TBC	✓	✓	✓
				Chira*1	Alt-1	✓				TBC	✓	✓	✓
					Alt-2	✓		✓		TBC	✓	✓	✓
Tipo 5	Cuencas del Pacífico. Población alta alto PBI per cápita. Poca lluvia y pendiente de río pronunciada.	Se debe de considerar la reubicación de un gran número de hogares en el caso de la construcción de una presa de gran escala.	24	Rímac*1	Alt-1	✓				TBC	✓	✓	✓
				Ica*1	Alt-1	✓				TBC	✓	✓	✓
					Alt-2	✓	✓			TBC	✓	✓	✓
Tipo 6	Cuencas Amazónicas. Población alta pequeño PBI per cápita. Poca lluvia y pendiente de río pronunciada	No solo Mitigación de Inundación, el manejo de sedimentos también debería de ser considerado debido a las características topográficas.	9	Mantaro*1	Alt-1	✓				TBC	✓	✓	✓
					Alt-2	✓		✓		TBC	✓	✓	✓
Tipo 7	Cuencas Amazónicas. Población alta pequeño PBI per cápita. Mucha lluvia y pendiente de río pronunciada	No solo Mitigación de Inundación, el manejo de sedimentos también debería de ser considerado debido a las características topográficas..	8	Huallaga*1	Alt-1	✓				TBC	✓	✓	✓
					Alt-2	✓	✓			TBC	✓	✓	✓
Tipo 8	Cuencas Amazónicas. Población alta pequeño PBI per cápita. Mucha lluvia y pendiente de río media.	Se espera la protección inteligente de importantes locaciones agrícolas y carreteras.	7	Nanay	Alt-1	✓				TBC	✓	✓	✓
					Alt-2				✓	TBC	✓	✓	✓
Tipo 9	Cuencas Amazónicas. Población alta alto PBI per cápita. Pendiente de río pronunciada. Sector económico secundario es actividad económica típica.	No solo Mitigación de Inundación, el manejo de sedimentos también debería de ser considerado debido a las características topográficas.. Se debería de Proteger la Red de Transporte y Manufactura.	4	Urubamba*1	Alt-1	✓				TBC	✓	✓	✓
					Alt-2	✓	✓			TBC	✓	✓	✓
Tipo 10	Cuencas del Titicaca cuencas. Población alta pequeño PBI per cápita. Poca lluvia y pendiente de río pronunciada.. Sector económico primario es actividad económica típica.	Se espera la protección inteligente de importantes locaciones agrícolas y carreteras.	6	Ramis*2	Alt-1	✓				TBC	✓	✓	✓
					Alt-2	✓	✓			TBC	✓	✓	✓

*1 : Cuencas de Río Prioritarias *2 :Cuencas de Río Recomendadas por la ANA como Cuencas de Ríos Prioritarias

*3: R.I.: Mejoramiento de Río (Ensanchamiento, Dique, Durmientes y Revestimientos) / R.B.: Cuenca de Retardo / C.D.O.: Cambio de Operacion de Presa / H.R : Re Ubicación de casa / Re asentamiento
E.C.: Control de Erosion (Revestimiento, Proteccion de Pendientes, Proteccion de Bases, etc.) TBC: A ser Considerado

*4: Agri.: Tierra agricola es un Beneficiosa para del Control de Inundacion. / Res.: Area Residencial es un Beneficio del Control de Inundacion. / Otros: Otros Beneficios a sr Considerados.

9.1.2 Consideración para el control de erosión

Respecto a las medidas de prevención de la erosión que no es posible verificar con el análisis de inundación-escorrentía indicado en el Capítulo 7 del presente Estudio, cada ALA tiene citados como “puntos críticos” sus ubicaciones/puntos. Por consiguiente, en el presente Estudio se considerarán también estos puntos que requieren medidas contra erosión junto con las 3 medidas de prevención de inundaciones anteriormente mencionadas, dependiendo de la cuenca objeto. Sobre medidas contra erosión se considerarán separadamente en el Capítulo 10 una por una, calculando el precio unitario de las obras, considerando el concepto de beneficios y calculando y evaluando económicamente el costo estimado del proyecto de cada cuenca objeto del estudio.

9.1.3 Selección de la ubicación de las medidas

(1) Selección del área de mitigación de inundación : “área objetivo”

Para la interpretación de los resultados del análisis de inundación-escorrentía referido en el Capítulo 7, se establece como una de las políticas no tomar las medidas de prevención de inundaciones en el siguiente caso:

- las áreas y sitios donde no existen o solo existen pocos bienes que deben ser protegidos en caso de que se generen las inundaciones

Por consiguiente, medidas que se propondrán en el presente Estudio se enfocarán al control de inundaciones para proteger solo las áreas anegables identificadas por el análisis donde existen las tierras de cultivo, áreas urbanas o poblados de determinado tamaño. Así, se seleccionarán primero las áreas objetivo que deben ser protegidas de las inundaciones de cada una de las cuencas seleccionadas. Asimismo, las medidas a ser analizadas en el plan de control de inundaciones serán: la construcción de los diques y la regulación de las avenidas (cambio de reglas operacionales de los reservorios y de las presas existentes, o construcción de nuevas presas de control de inundación).

(2) Formulación de un plan de medidas de mitigación de inundación para el canal principal y los principales afluentes

Asimismo, en el presente Estudio se considerarán de manera resumida medidas de mitigación de inundación para el canal principal y los afluentes. Por consiguiente, no se incluirán

- Medidas contra inundaciones de pequeños ríos cuyo ancho es pequeño
- Consideración de la mejora de canales de drenaje (inundación por aguas interiores)
- Desastres por lodo y piedras que provocan el flujo de grandes cantidades de lodo y piedras provenientes de áreas con topografía empinada (Huayco)

En caso de considerar los desastres arriba mencionados es necesario formular un modelo para una determinada área, utilizando datos más detallados y realizar el análisis de acuerdo con el modelo formulado.

9.1.4 Cálculo de la cantidad de construcción

Se calculará la cantidad de construcción necesaria para cada proyecto según los niveles de prevención de inundaciones de las cuencas objeto.

La cantidades a calcular son:

- La cantidad de terraplenes y revestimientos ribereños para construir diques
- El área necesaria para construir una cuenca de retardo, supuesta cantidad de excavación y cantidad de terraplenes
- La cantidad de agua almacenada necesaria para aprovechar la presa existente y/o construir una cuenca de retardo

9.2 Procedimientos de análisis y detalles

9.2.1 Procedimientos de análisis

En la siguiente Figura se muestra el flujo de procedimientos para el análisis de la propuesta de medidas de control de inundaciones que se utilizarán en la estimación de los costos de los proyectos para las cuencas seleccionadas especificadas en la Sección 9.1.

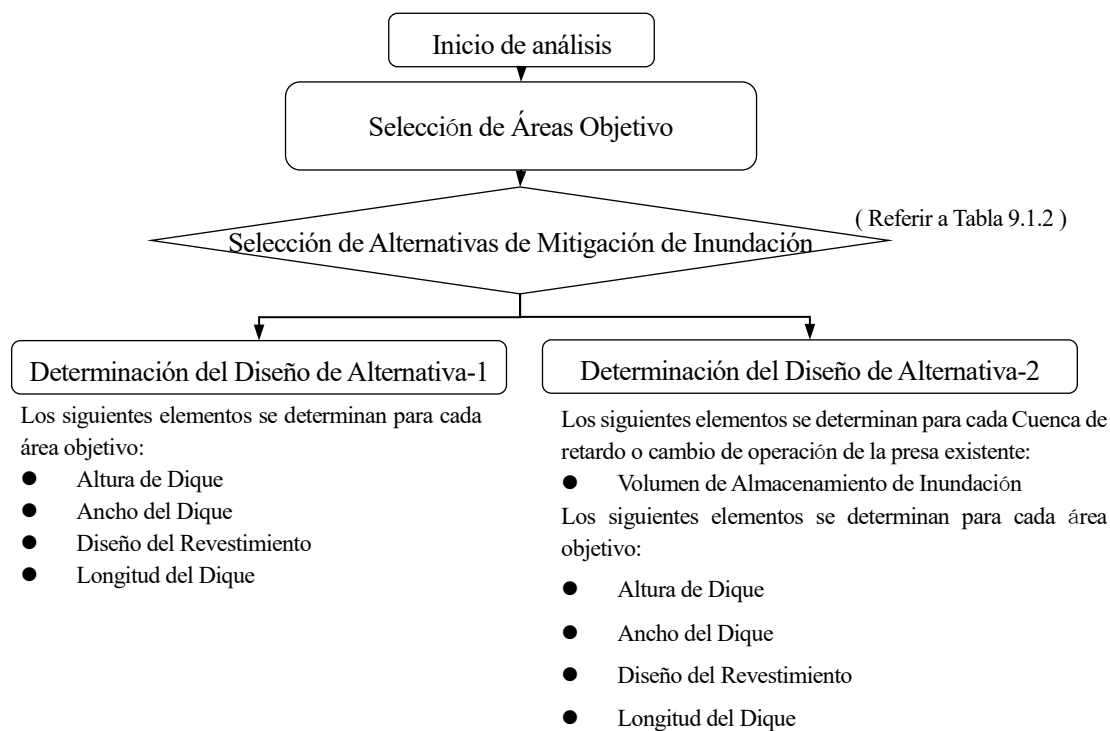


Figura 9.2.1 Procedimiento para la Formulación de Medidas de Mitigación de las Inundaciones

9.2.2 Políticas para la estimación cuantitativa de cada obra de mitigación de inundación

La cantidad de obras de dique y revestimiento ribereño se calculará determinando la altura y la forma de la sección del dique y la especificación del revestimiento ribereño necesario del área objetivo de cada cuenca.

(1) Dique y revestimiento

En cuanto a la Altura del dique, se supondrán el claro y el ancho de corona indicados en la siguiente tabla, de acuerdo con el nivel de agua, el caudal y la velocidad de flujo utilizados para el cálculo de inundación-escorrentía analizado en el Capítulo 7.

Tabla 9.2.1 Borde libre necesario, ancho de la corona y la pendiente de los diques

Descarga de Flujo de Diseño (m ³ /s)	Borde libre (m)	Ancho de Corona (m)	Gradiente de Pendiente de Dique
Menos de 200	0.6	3	Velocidad de Flujo es menor que 3.0m/s ; V: H = 1:2.0 Velocidad de Flujo es 3.0m/s y más ; V: H = 1:3.0
200 a 500	0.8	3	
500 a 1,000	1.0	4	V : H = 1:3.0
1,000 a 2,000			
2,000 a 5,000	1.2	5	
5,000 a 10,000	1.5	6	
10,000 a Mas	2.0	7	

En cuanto al revestimiento ribereño, se establecerá el diámetro de la piedra que se utiliza para el revestimiento ribereño necesario, etc. mediante la siguiente expresión, de acuerdo con la velocidad de flujo en el área objetivo.

$$D_m = \frac{1}{E_1^2 \cdot 2g \left[\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right]} V_0^2 K \quad (\text{Unidad: m})$$

$$K = \frac{1}{\cos \theta \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \varphi}}}$$

Aquí,

D_m: Diámetro medio de la piedra (m)

ρ_s: Densidad de la piedra

E₁: Coeficiente que representa el grado de turbulencia del flujo.

Normalmente se utiliza 1,2.

En caso de flujo con mayor turbulencia, se utiliza 0,86.

g: Aceleración gravitatoria

K: Coeficiente de pendiente en caso de colocar revestimiento en el talud

θ: Ángulo del talud

φ: Ángulo de rozamiento interno del revestimiento en el agua (en caso de piedra natural: 38°, en caso de roca triturada: 41°)

(2) Cuenca de retardo

(a) Locación y número de cuencas de retardo a ser instaladas

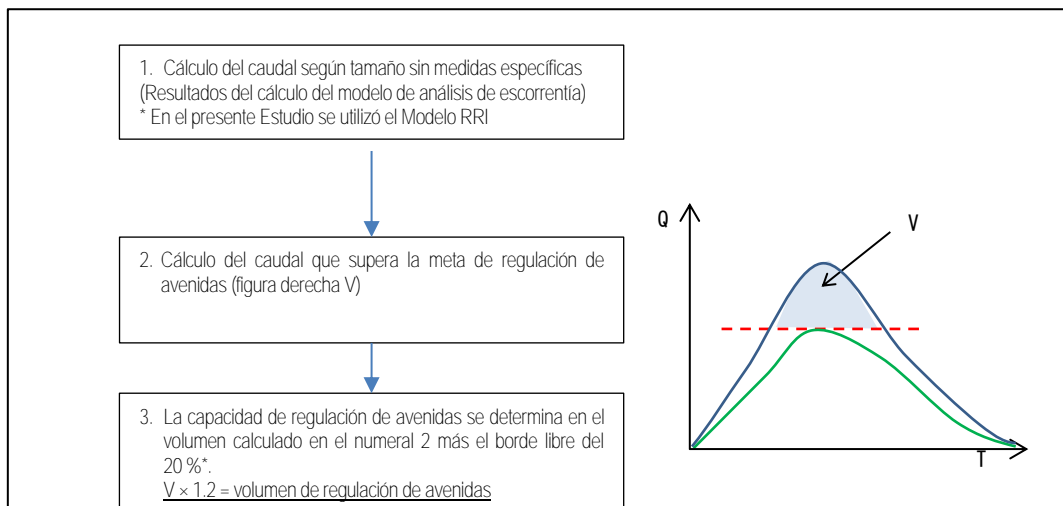
Las cuencas de retardo se instalarán, prestando atención a los siguientes puntos respecto a su ubicación y número en cada cuenca:

- Las cuencas de retardo deben ser instaladas en sitios más arriba del curso que el área objeto de protección.
- Las cuencas de retardo deben ser instaladas en sitios donde se pueda esperar la reducción de una gran cantidad del caudal (curso inmediatamente inferior a la confluencia del río afluente, etc.)
- Las cuencas de retardo deben ser instaladas en sitios donde se pueda asegurar un terreno llano.
- Las cuencas de retardo deben ser instaladas en sitios donde la densidad demográfica es baja.

(b) Volumen de almacenamiento y extensión de cuencas de retardo

El área de la cuenca de retardo se define en función de la capacidad adecuada en el sitio seleccionado para la regulación de las avenidas de cada cuenca.

Los procedimientos del cálculo del volumen se presentan en la Figura 9.2.2.



Fuente: Normas Técnicas para las Obras Fluviales - Aclaratorias Vol. Planificación Ministerio de Tierras, Infraestructura, Transporte y Turismo 3.1.3

Figura 9.2.2 Procedimientos del cálculo del volumen de regulación de avenidas

La capacidad necesaria de la cuenca de retardo se determinará en función del caudal que debe ser reducido según tamaño, tal como se indica en la siguiente Tabla.

Tabla 9.2.2 Método de cálculo del volumen de regulación de avenidas mediante la cuenca de retardo

Condiciones de cálculo de la capacidad mínima	Capacidad mínima requerida
Para reducir las avenidas con período de retorno de 10 años a las del 5 años en los principales puntos de control de avenidas	Se define como la capacidad mínima requerida de la cuenca de retardo en la cuenca correspondiente, al valor máximo del respectivo volumen requerido en las condiciones indicadas en las celdas izquierdas.
Para reducir las avenidas con período de retorno de 25 años a las del 10 años en los principales puntos de control de avenidas	
Para reducir las avenidas con período de retorno de 50 años a las del 25 años en los principales puntos de control de avenidas	
Para reducir las avenidas con período de retorno de 100 años a las del 50 años en los principales puntos de control de avenidas	

Fuente: Equipo de Estudio

La profundidad de la cuenca de retardo y su profundidad efectiva serán definidas aplicando los siguientes criterios.

- Más allá de la profundidad asumida del cauce que confina al punto de instalación será considerada como capacidad inefectiva, y por lo tanto no será incluida en la capacidad requerida.
- La Altura del dique perimetral de la cuenca de retardo se definirá asumiendo que el nivel de agua almacenada en la cuenca no excederá más de 3 metros la altura actual del suelo.

Luego, se calculará el área requerida de la cuenca de retardo para satisfacer el la capacidad requerida.

A modo de referencia, en el Anexo 4-14 se presentan las especificaciones básicas de las cuencas de retardo, así como las cuencas representativas del Japón donde se controlan las inundaciones mediante este método.

(3) Cambio de las reglas de operación de las presas existentes

La capacidad de regulación que se tomará en cuenta en el análisis del cambio de las reglas de operación de las presas existentes será definida como la capacidad mínima requerida definida para las cuencas de retardo indicada en la Tabla 9.2.2.

9.3 Propuesta de medidas de inundaciones que se tomarán en cuenta en la estimación del costo de los proyectos

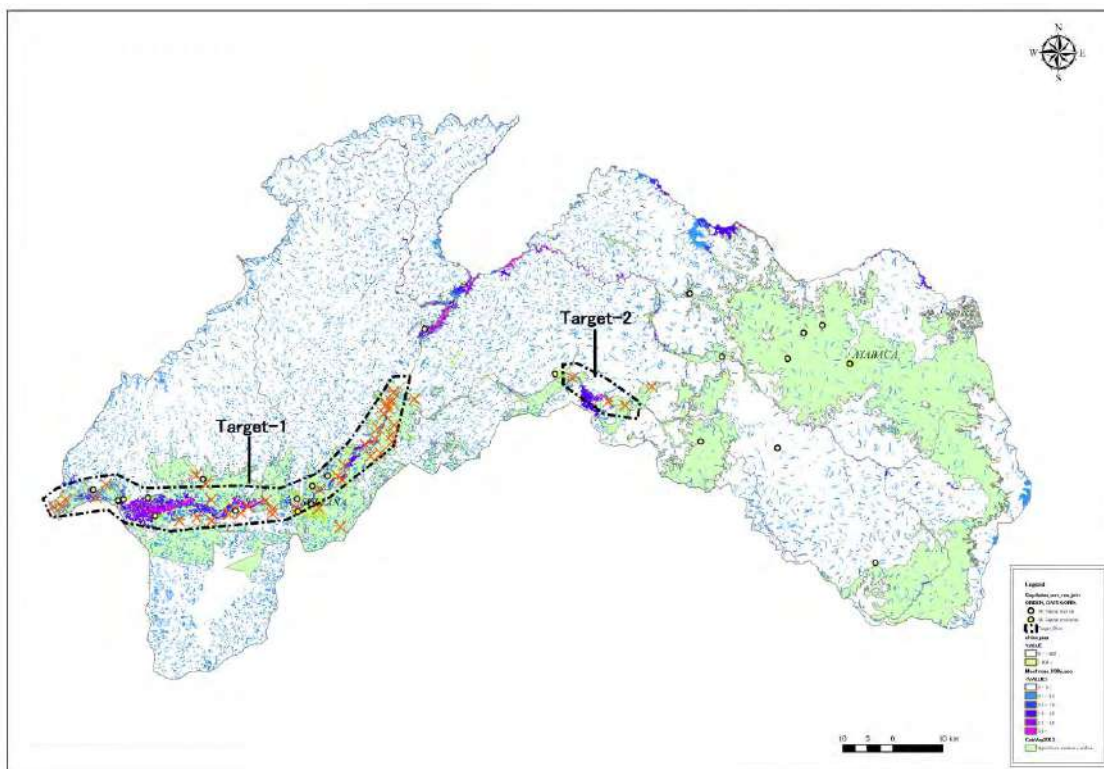
9.3.1 Cuenca de los ríos Piura-Chira

En la Figura 9.3.1 se presenta el resumen de las medidas de control de inundaciones propuestas y sus áreas protegidas de la cuenca de los ríos Piura-Chira.

Asimismo se presentan las especificaciones de los diques propuestos para el control de inundaciones (incluyendo el recrecimiento de los diques existentes), para cada una de las alternativas presentadas en la Sección 9.1, así como la sección normal etc. de los diques a ser construidos.

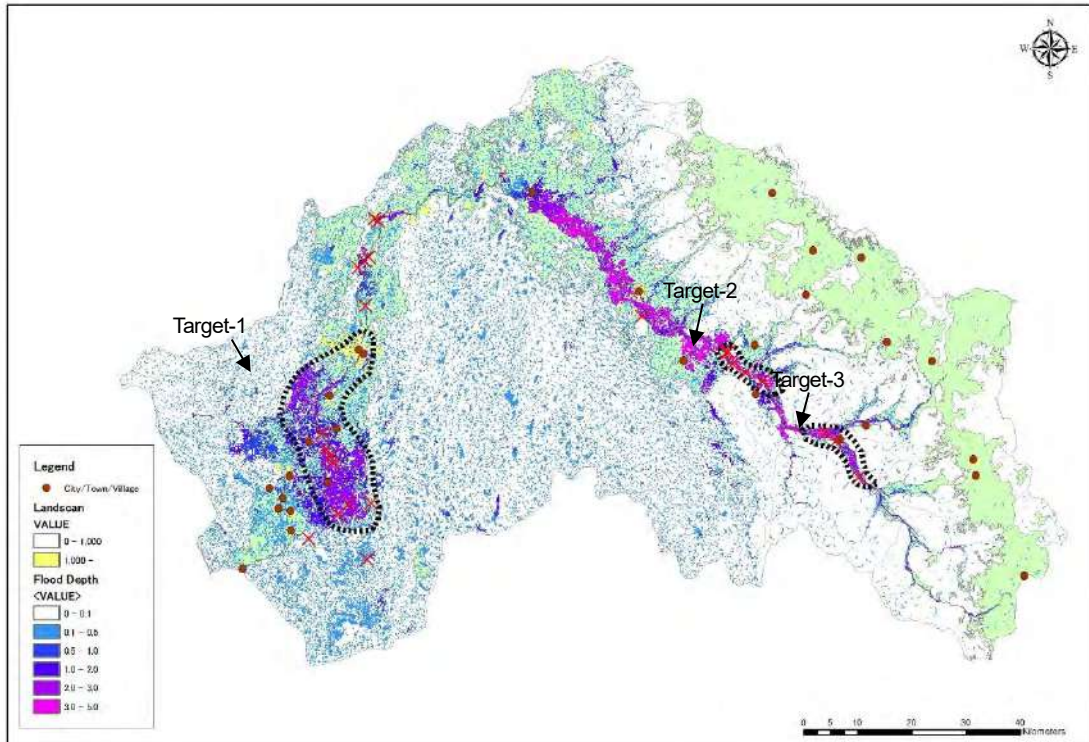
(1) Área protegida contra las inundaciones de los ríos Piura-Chira

En la Figura 9.3.1 y en la Figura 9.3.2 se presentan los resultados del análisis de escorrentía de los ríos Chira y Piura aplicando el modelo RRI, así como las áreas a ser protegidas contra las inundaciones basándose en dichos resultados (tramos objetivo de control).



* La probabilidad de ocurrencia de inundación asumida en el mapa de inundación de arriba es de 100 años de periodo de retorno.

Figura 9.3.1 Selección de áreas objetivo en la cuenca de los ríos Piura-Chira (cuenca del río Piura)



* La probabilidad de ocurrencia de inundación asumida en el mapa de inundacion de arriba es de 100 años de periodo de retorno.

Figura 9.3.2 Selección de áreas objetivo en la cuenca de los ríos Piura-Chira (cuenca del río Piura)

(2) Alternativa-1: Resumen

En la Tabla 9.3.1 a la Tabla 9.3.5 se presentan el caudal de control, la longitud requerida y las especificaciones de los diques de las áreas objeto de protección indicadas en la Figura 9.3.1 y Figura 9.3.2, así como la longitud y las especificaciones de los diques y de las obras de defensa ribereña de la Alternativa-1.

Tabla 9.3.1 Río Piura Objetivo -1 (Parte alta: Piura Parte baja: Cristo Nos Valga)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)	1,200	1,900	2,400	2,900	3,400	3,800
Ancho del río (m)	150 → 150 (±0)					
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)
	Prom	0 (0.2+1.0)	1.2 (0.4+1.2)	1.6 (0.7+1.2)	1.9 (0.9+1.2)	2.1 (1.1+1.2)
	Max	0 (0.4+1.0)	1.4 (1.0+1.2)	2.2 (1.7+1.2)	2.9 (2.2+1.2)	3.4 (2.7+1.2)
Longitud del dique (km)	0	4.5	18.5	28.5	34.0	38.5
Velocidad promedio de flujo (m/s)	2.00	2.31	2.46	2.62	2.71	2.83
Ancho de corona de dique (m)	-	4	5	5	5	5
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.2 Río Piura Objetivo -2 (Parte alta: Buenos Aires Parte baja: La Matanza)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	1,400	2,100	2,500	3,000	3,300	3,700	
Ancho del río (m)	100 → 100 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.4 (0.2+1.2)
	Prom	1.1 (0.1+1.0)	1.4 (0.2+1.2)	1.5 (0.3+1.2)	1.9 (0.7+1.2)	2.3 (1.1+1.2)	2.8 (1.6+1.2)
	Max	1.1 (0.1+1.0)	1.9 (0.7+1.2)	2.4 (1.2+1.2)	3.0 (1.8+1.2)	3.5 (2.3+1.2)	4.1 (2.9+1.2)
Longitud del dique (km)	0.5	3.5	6.0	8.5	9.0	9.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	3.55	4.04	4.34	4.70	4.97	5.31	
Ancho de corona de dique (m)	4	5	5	5	5	5	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.7	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.3 Río Piura Objetivo -3 (Parte alta: Salitral Parte baja: Salitral)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	1,000	1,700	2,100	2,600	3,100	3,600	
Ancho del río(m)	80 → 80 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.4 (0.2+1.2)
	Prom	1.1 (0.1+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	1.6 (0.4+1.2)	1.9 (0.7+1.2)	2.4 (1.2+1.2)	2.8 (1.6+1.2)
	Max	1.2 (0.2+1.0)	1.7 (0.7+1.0)	2.3 (1.1+1.2)	3.0 (1.8+1.2)	3.5 (2.3+1.2)	4.1 (2.9+1.2)
Longitud del dique (km)	0.5	2.0	4.5	6.0	7.0	7.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	3.43	4.01	4.39	4.79	5.12	5.52	
Ancho de corona de dique (m)	4	4	5	5	5	5	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.7	0.9	1.1	1.2	1.4	1.6	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.4 Río Chira Objetivo -1 (Parte alta: Querecotillo Parte baja: Vichayal)

Descripción	Probabilidad de inundación (Periodo de Retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	1,108	1,904	2,510	2,977	3,571	4,834	
Ancho del río (m)	112 → 112 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	1.0	
	Prom	0	0.9	1.0	1.2	1.5	3.0
	Max	0	1.0	1.4	2.2	3.0	6.0
Longitud del dique (km)	0	6.0	10.0	14.0	20.0	30.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	2.4	2.5	2.7	2.9	3.2	4.5	
Ancho de corona de dique (m)	-	4	5	5	5	5	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	1.1	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.5 Río Chira Objetivo -2 (ALREdedor de San Lorenzo)

Descripción	Probabilidad de inundación (Periodo de Retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)						
Ancho del río (m)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	Como el área de inundación está limitada, se efectuará solamente el revestimiento ribereño como medida de prevención de erosión.				
	Prom					
	Max					
Longitud del dique (km)						
Velocidad promedio de flujo (m/s)						
Ancho de corona de dique (m)						
Gradiente de pendiente de dique (V:H)						
Diámetro requerido del revestimiento (m)						

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(3) Alternativa-1: Sección estándar

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para afrontar una inundación en un período de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-1 es como se muestra en la siguiente figura. Para otras ilustraciones correspondientes a otra escala de inundación, se muestran en el anexo 6-1.

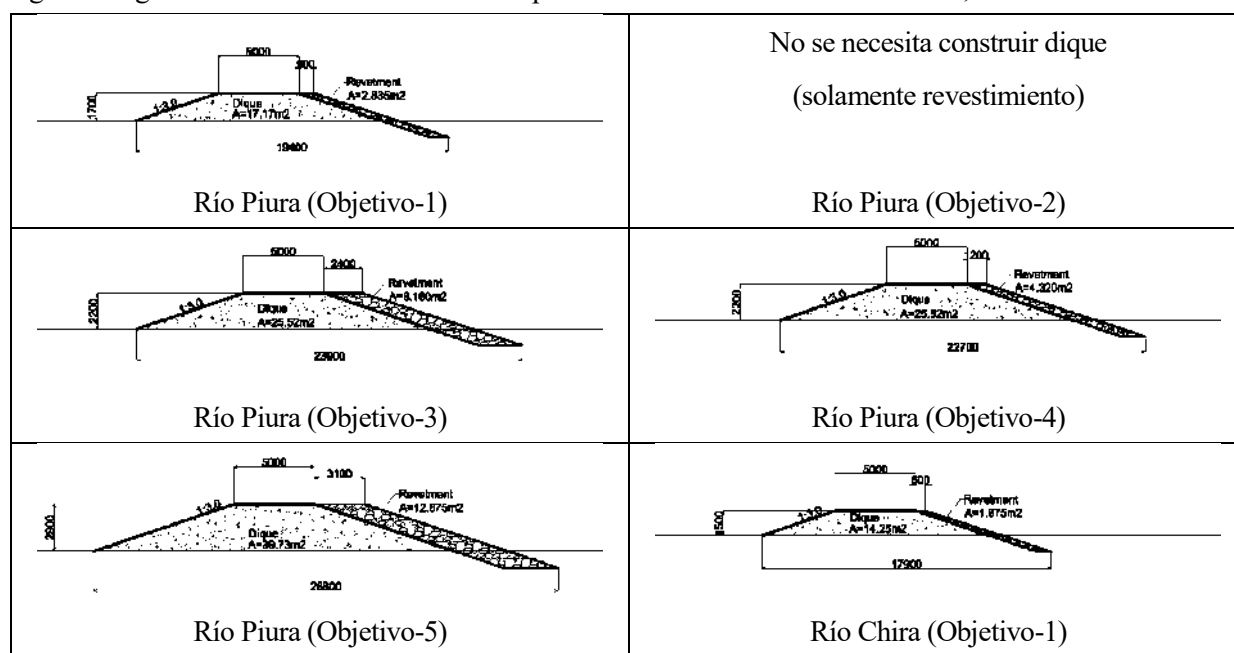


Figura 9.3.3 Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de los ríos Piura-Chira (Alt-1: 50-años periodo de retorno)

(4) Alternativa-2: resumen

En las Tabla 9.3.10~Tabla 9.3.12 se presentan las especificaciones de la cuenca de retardo para la Alternativa-2, así como el caudal de control, longitud del tramo a ser protegido, las especificaciones de los diques y de las obras de defensa ribereña.

Tabla 9.3.6 Especificaciones de la cuenca de retardo del río Piura para la Alternativa-2

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Volumen requerido por dique o cuenca de retardo (millón m ³)	0.0	50				
Área requerida (has)	0.0	1,000				
Profundidad requerida (m)	5.0m					

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.7 Río Piura Objetivo -1 (Parte alta: Piura Parte baja: Cristo Nos Valga)

Descripción	Probabilidad de inundación (Periodo de Retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	1,200	1,200	1,900	2,400	2,900	3,400	
Periodo de retorno para mejora del río	2- años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del río (m)	150 → 150 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)
	Prom	0	0	1.2 (0.2+1.0)	1.6 (0.4+1.2)	1.9 (0.7+1.2)	2.1 (0.9+1.2)
	Max	0	0	1.4 (0.4+1.0)	2.2 (1.0+1.2)	2.9 (1.7+1.2)	3.4 (2.2+1.2)
Longitud del dique (km)	0	0	4.5	18.5	28.5	34.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	2.00	2.00	2.31	2.46	2.62	2.71	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	4	5	5	5	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.8 Río Piura objetivo -2 (Parte alta: Buenos Aires Parte baja: La Matanza)

Descripción	Probabilidad de Inundación (Periodo de Retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	1,400	2,100	2,500	3,000	3,300	3,700	
Ancho del río (m)	100 → 100 (±0)						
Altura del diquedique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.4 (0.2+1.2)
	Prom	1.1 (0.1+1.0)	1.4 (0.2+1.2)	1.5 (0.3+1.2)	1.9 (0.7+1.2)	2.3 (1.1+1.2)	2.8 (1.6+1.2)
	Max	1.1 (0.1+1.0)	1.9 (0.7+1.2)	2.4 (1.2+1.2)	3.0 (1.8+1.2)	3.5 (2.3+1.2)	4.1 (2.9+1.2)
Longitud del dique (km)	0.5	3.5	6.0	8.5	9.0	9.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	3.55	4.04	4.34	4.70	4.97	5.31	
Ancho de corona de dique (m)	4	5	5	5	5	5	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.7	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.9 Río Piura objetivo -3 (Parte alta: Salitral Parte baja: Salitral)

Descripción	Probabilidad de Inundación (Periodo de Retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	1,000	1,700	2,100	2,600	3,100	3,600	
Ancho del río (m)	80 → 80 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.4 (0.2+1.2)

Descripción		Probabilidad de Inundación (Periodo de Retorno)					
		2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
	Prom	1.1 (0.1+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	1.6 (0.4+1.2)	1.9 (0.7+1.2)	2.4 (1.2+1.2)	2.8 (1.6+1.2)
	Max	1.2 (0.2+1.0)	1.7 (0.7+1.0)	2.3 (1.1+1.2)	3.0 (1.8+1.2)	3.5 (2.3+1.2)	4.1 (2.9+1.2)
Longitud del dique (km)		0.5	2.0	4.5	6.0	7.0	7.0
Velocidad promedio de flujo (m/s)		3.43	4.01	4.39	4.79	5.12	5.52
Ancho de corona de dique (m)		4	4	5	5	5	5
Gradiente de pendiente de dique (V:H)		1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)		0.7	0.9	1.1	1.2	1.4	1.6

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.10 Capacidad requerida de la presa del río Chira para la alternativa-2

Descripción	Probabilidad de Inundación (Periodo de Retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Volumen requerido por dique o cuenca de retardo (millón m ³)	0.0	30				
Área requerida (has)						
Profundidad requerida (m)						

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.11 Río Chira Objetivo -1 (Parte alta: Querecotillo Parte baja: Vichayal)

Description		Probabilidad de Inundación (Periodo de Retorno)					
		2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)		1,109	1,109	2,365	3,116	3,685	4,293
Periodo de retorno para mejora del río		2-años	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años
Ancho del Río (m)		112 → 112 (±0)					
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0	0
	Prom	0	0	0.9	1.0	1.2	1.5
	Max	0	0	1.0	1.4	2.2	3.0
Longitud del dique (km)		0	0	6.0	10.0	14.0	20.0
Velocidad promedio de flujo (m/s)		2.4	2.4	2.6	2.7	2.9	3.2
Ancho de corona de dique (m)		4	4	5	5	5	5
Gradiente de pendiente de dique (v:h)		1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)		0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.12 Área objeto 2 del Río Chira (Alrededor de San Lorenzo)

Description		Probabilidad de Inundación (Periodo de Retorno)					
		2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)							
Ancho del río (m)							
Altura del dique (m) (w.l + borde libre)	Min	Como el área de inundación está limitada, se efectuará solamente el revestimiento ribereño (3 sitios) como medida de prevención de erosión. Asimismo, el efecto de prevención de erosión por el					
	Prom						
	Max						
Longitud del dique (km)							
velocidad promedio de flujo (m/s)							

Description	Probabilidad de Inundación (Periodo de Retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
ancho de corona de dique (m)						
gradiente de pendiente de dique (v:h)						
diámetro requerido del revestimiento (m)						

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(5) Alternativa-2: Sección estándar

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para afrontar una inundación en un período de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-2 es como se muestra en la siguiente figura. Para otras ilustraciones correspondientes a otra escala de inundación, se muestran en el anexo 6-2.

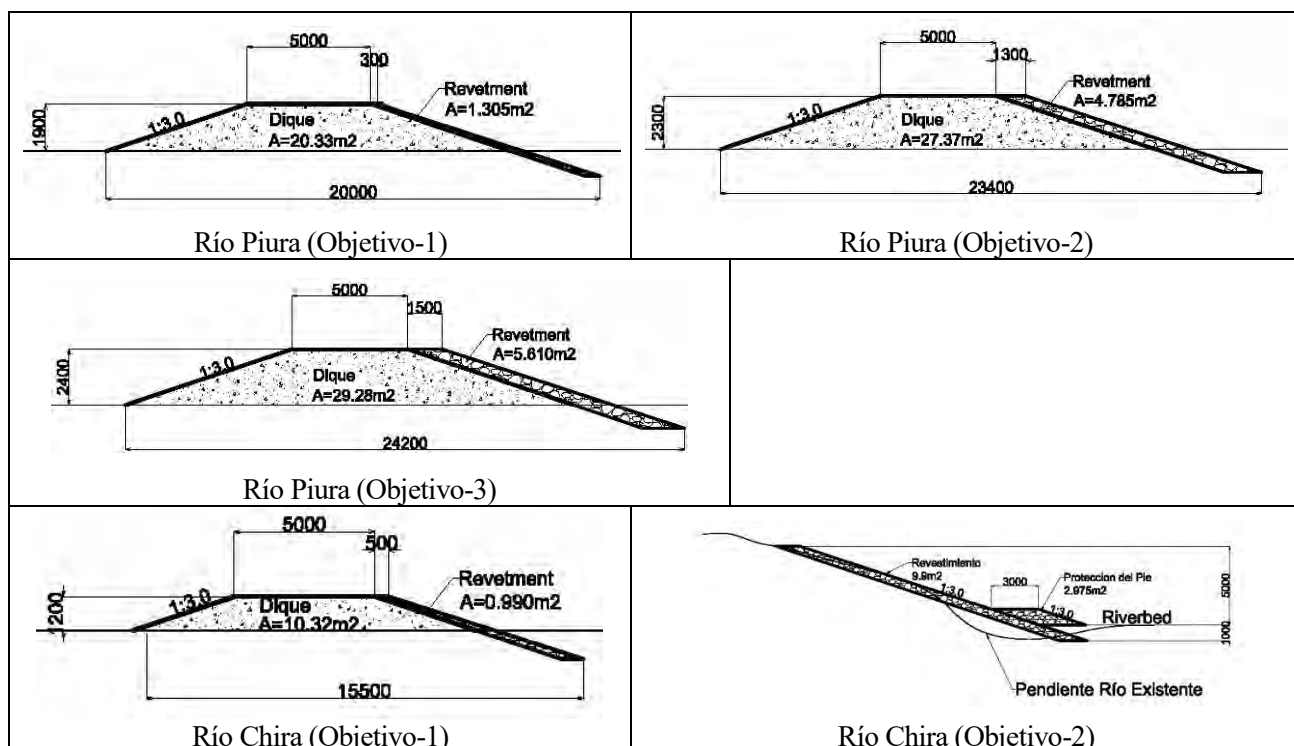


Figura 9.3.4 Corte Transversal Estándar para Plan de Mejoramiento de los ríos Piura-Chira (Alt-2: 50-años Periodo de Retorno)

(6) Sobre el impacto de prevención de socavación mediante la defensa ribereña en los tramos objeto de protección

Tanto la Alternativa 1 como la Alternativa 2 requieren de medidas puntuales para los puntos críticos especificados por la ALA en los tramos indicados arriba. La construcción de los diques y de las obras de defensa ribereña no solo es efectiva para controlar las inundaciones, sino también para prevenir la socavación de las riberas.

Existen en total 69 puntos críticos en los ríos Chira y Piura, según el estudio ejecutado en 2014, de los cuales el número de los puntos críticos incluidos en los tramos objetivo donde se propuso ejecutar el encauzamiento en el presente Estudio es de 12 puntos en el río Piura y 29 en el río Chira. Estos 41 puntos requieren de las medidas contra la socavación, debiendo considerar aparte el costo y beneficio de la obra (adicional) de defensa ribereña.

Tabla 9.3.13 Río Rímac Objetivo-1 (Parte alta: San Mateo Parte baja: San Mateo)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	26	45	45	59	87	87	
Ancho del río (m)	25.4 → 25.4 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0.8	1.0	1.0	1.2	1.5	1.6
	Prom	1.4	1.6	1.6	1.8	2.1	2.1
	Max	2.0	2.2	2.2	2.5	2.7	2.8
Longitud del dique (km)	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	2.9	3.7	3.7	4.1	4.8	4.8	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	3	3	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.6	0.8	0.8	0.9	1.2	1.2	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.14 Río Rímac Objetivo-2 (Parte alta:Matucana Parte baja: Matucana)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	12	34	34	66	122	140	
Ancho del río (m)	31 → 31 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.6	1.9	1.9	2.2	2.5	2.5
	Prom	1.6	1.9	1.9	2.2	2.5	2.5
	Max	1.6	1.9	1.9	2.2	2.5	2.5
Longitud del dique (km)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.9	3.0	3.0	3.9	5.0	5.3	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	3	3	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.5	0.5	0.8	1.3	1.5	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.15 Río Rímac Objetivo-3 (Parte alta: Sucro Parte baja: Sucro)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	16	35	35	69	132	153	
Ancho del río (m)	32 → 32 (±0)						
Altura del dique (m) (w.l + borde libre)	min	0.7	0.9	0.9	1.1	1.3	1.4
	prom	0.7	0.9	0.9	1.1	1.3	1.4
	max	0.7	0.9	0.9	1.1	1.3	1.4
Longitud del dique (km)	0.18	0.18	0.18	0.36	0.36	0.36	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	2.3	3.1	3.1	4.1	5.3	5.6	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	3	3	
Gradiente de pendiente de dique (v:h)	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.4	0.5	0.5	0.9	1.5	1.7	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.16 Río Rímac Objetivo-4 (Parte alta: Richard Palma Parte baja: Richard Palma)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)	30	50	50	87	167	197
Ancho del río (m)	36 → 36 (±0)					
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0
	Prom	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	0	0
Velocidad promedio de flujo (m/s)	2.8	3.4	3.4	4.3	5.5	5.9
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	-	-
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Diámetro requerido del Revestimiento (m)	0.6	0.6	0.6	1.0	1.6	1.9

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.17 Río Rímac Objetivo-5 (Parte alta: Lurigancho Parte baja: Lurigancho)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)	132	230	230	324	474	491
Ancho del río (m)	45 → 45 (±0)					
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0
	Prom	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	0	0
Velocidad promedio de flujo (m/s)	4.0	5.0	5.0	5.7	5.8	5.8
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	-	-
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.9	1.3	1.3	1.7	2.4	2.4

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.18 Río Rímac Objetivo-6 (Parte alta: Chaclacayo Parte baja: Chaclacayo)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)	136	233	233	329	470	509
Ancho del río (m)	45.61 → 45.61 (±0)					
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.6	2.0	2.0	2.2	2.4
	Prom	1.6	2.0	2.0	2.2	2.4
	Max	1.6	2.0	2.0	2.2	2.4
Longitud del dique (km)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Velocidad promedio de flujo (m/s)	3.5	4.3	4.3	4.9	5.6	5.9
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	3	4
Gradiente de pendiente de dique (v:h)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.7	1.0	1.0	1.3	1.7	1.9

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.19 Río Rímac Objetivo-7 (Parte alta: Ate Parte baja: Chaclacayo)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)	139	235	235	343	498	533
Ancho del río (m)	125.63 → 125.63 (±0)					
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0
	Prom	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	0	0
Velocidad promedio de flujo (m/s)	2.6	3.2	3.2	3.7	4.3	4.4
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	-	-
Gradiente de pendiente de dique (v:h)	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.5	0.6	0.6	0.8	1.0	1.1

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(3) Alternativa-1: Sección estándar

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para afrontar una inundación en un período de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-1 es como se muestra en la siguiente figura. Para otras ilustraciones correspondientes a otra escala de inundación, se muestran en el anexo 6-1.

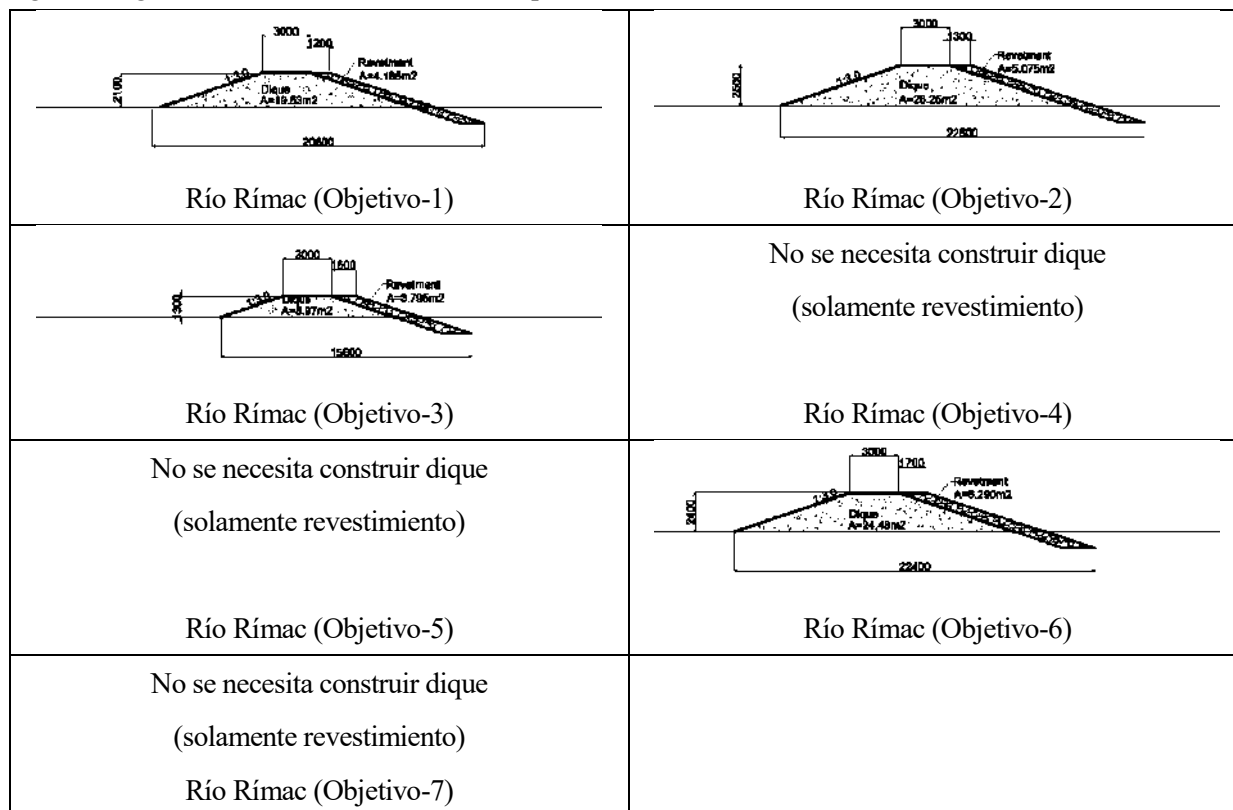


Figura 9.3.6 Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de río rímac (alt-1: 50-años periodo de retorno)

(4) Respuesta a los tramos a ser protegidos 4, 5 y 7

De los tramos a ser protegidos especificados arriba, los tramos objetivo de 4, 5 y 7 requieren de las medidas de prevención de socavación de las riberas, no así de la construcción de grandes diques. Por lo tanto en el presente

Estudio se tomó en cuenta la construcción de las obras de defensa ribereña para estos tres tramos.

Existen en total 29 puntos críticos en el río Rímac, según el estudio ejecutado en 2014, de los cuales los puntos críticos incluidos en los tramos 4, 5 y 7 identificados en el presente Estudio suman en total 18 puntos. Estos 18 puntos requieren de las medidas contra la socavación, debiendo considerar aparte el costo y beneficio de la obra de defensa ribereña.

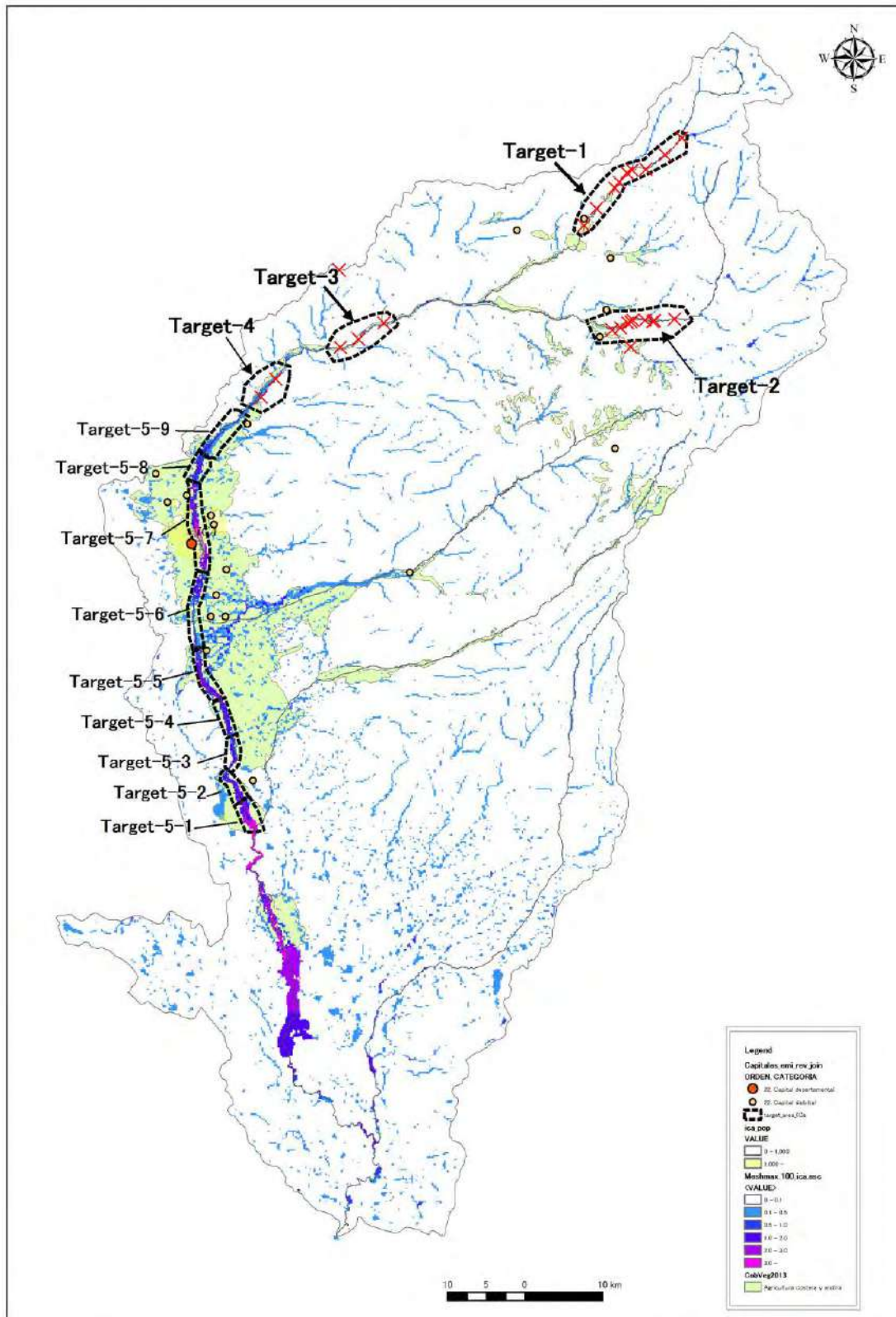
9.3.3 Cuenca del río Ica

En la Figura 9.3.1 se presenta el esquema del plan de la medida de mitigación de inundaciones en la Cuenca del Río Ica y sus áreas objetivo.

Asimismo, se presentan en la Tabla las especificaciones de los diques propuestos como medidas de control de inundaciones (incluyendo el recrecimiento de los diques actuales) para cada alternativa planteada en la Sección 9.1, así como la sección estándar de los diques a ser construidos.

(1) Designación de áreas objetivo para la cuenca del río Ica

En la Figura 9.3.7 se presentan los resultados del análisis de escorrentía del río Ica aplicando el Modelo RRI, así como las áreas a ser protegidas contra las inundaciones basándose en dichos resultados (tramos objetivo de control).



* La probabilidad de ocurrencia de inundación asumida en el mapa de inundación de arriba es de 100 años de periodo de retorno

Figura 9.3.7 Selección de áreas objetivo en la cuenca del río Ica

(2) Alternativa-1: Resumen

En la Tabla 9.3.20~Tabla 9.3.28 se presentan el caudal de control, la longitud requerida y las especificaciones de los diques y de las obras de defensa ribereña de cada una de las áreas objeto de protección del río Ica de la alternativa-1.

Tabla 9.3.20 Río Ica Objetivo-5-1 (Parte alta: Ocucaje Parte baja: Ocucaje)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	65.01	182.49	223.38	444.14	514.41	729.03	
Ancho del río (m)	27.93→27.93 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	2.1	2.7	4.0
	Prom	0	0	0	2.5	3.2	4.4
	Max	0	0	0	3.5	4.2	5.6
Longitud del dique (km)	0	0	0	2	3	4	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.5	1.9	2.0	2.3	2.4	2.7	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	3	4	4	
Gradiente de pendiente de dique (v:h)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.21 Río Ica Objetivo-5-2 (Parte alta: Ocucaje Parte baja: Ocucaje)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	64.82	188.70	232.17	477.26	555.67	795.56	
Ancho del Río (m)	60.33→60.33 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0.9	1.2	1.0
	Prom	0	0	0	2.2	2.8	3.2
	Max	0	0	0	3.6	4.3	5.7
Longitud del dique (km)	0	0	0	1	2	4	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.2	1.7	1.8	2.4	2.5	3.1	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	3	4	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.22 Río Ica Objetivo-5-3 (Parte alta: Ocucaje Parte baja: Ocucaje)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	64.55	188.49	231.95	480.00	560.49	804.17	
Ancho del río (m)	97.35→97.35 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0	1.0
	Prom	0	0	0	0	0	1.2
	Max	0	0	0	0	0	1.4
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	0	2	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	0.9	1.3	1.4	1.9	2.1	2.5	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	-	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.23 Río Ica Objetivo-5-4 (Parte alta: Santiago Parte baja: Santiago)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	59.94	174.04	214.00	443.18	513.78	731.23	
Ancho del río (m)	72.39→72.39 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0.8	1.0	1.0
	Prom	0	0	0	1.0	1.3	1.6
	Max	0	0	0	1.1	1.6	2.4
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	1	4	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.0	1.4	1.6	2.1	2.2	2.6	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	3	3	4	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.24 Río Ica Objetivo-5-5 (Parte alta: Santiago Parte baja: Santiago)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	51.21	154.35	191.63	414.67	487.25	721.37	
Ancho del río (m)	65.73→65.73 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0.9	0.9	1.6
	Prom	0	0	0	1.3	1.4	2.5
	Max	0	0	0	2.1	2.4	3.6
Longitud del dique (km)	0	0	0	2	4	8	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	0.9	1.4	1.5	2.0	2.1	2.5	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	3	3	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.25 Río Ica Objetivo-5-6 (Parte alta: Ica Parte baja: Santiago)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	43.17	135.63	170.07	386.64	459.51	704.41	
Ancho del río (m)	65.73→65.73 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0.8	1.1
	Prom	0	0	0	0	1.1	1.6
	Max	0	0	0	0	1.4	2.4
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	1	4	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	0.7	1.0	1.1	1.6	1.7	2.1	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	3	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.26 Río Ica Objetivo-5-7 (Parte alta: La Tingüia Parte baja: Ica)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	42.28	133.51	167.98	388.39	463.32	716.95	
Ancho del río (m)	49.53→49.53 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0.6	0.8	0.8	1.1
	Prom	0	0	0.8	1.7	2.0	3.1
	Max	0	0	1.0	3.0	3.4	5.0
Longitud del dique (km)	0	0	1	7	9	12	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	0.9	1.4	1.6	2.1	2.3	2.7	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	3	3	3	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.27 Río Ica Objetivo-5-8 (Parte alta: San Juan Bautista Parte baja: San Juan Bautista)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	40.87	130.53	165.20	385.97	463.65	729.20	
Ancho del río (m)	71.14→71.14 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0.8	1.0
	Prom	0	0	0	0	1.0	1.6
	Max	0	0	0	0	1.2	2.2
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	1	3	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	0.9	1.5	1.7	2.3	2.4	2.8	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	3	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Tabla 9.3.28 Río Ica Objetivo-5-9
(Parte alta: San Jose De Los Molinos Parte baja: San De Los Molinos)**

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	40.87	129.29	162.84	381.43	455.56	708.05	
Ancho del río (m)	70.44→70.44 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0	1.2
	Prom	0	0	0	0	0	1.4
	Max	0	0	0	0	0	1.7
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	0	1	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.3	2.1	2.3	3.2	3.4	4.1	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	-	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.4	0.6	0.6	0.9	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(3) Alternativa-1: Sección estándar

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para

afrontar una inundación en un período de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-1 es como se muestra en la siguiente figura. Para otras ilustraciones correspondientes a otra escala de inundación, se muestran en el anexo 6-1.

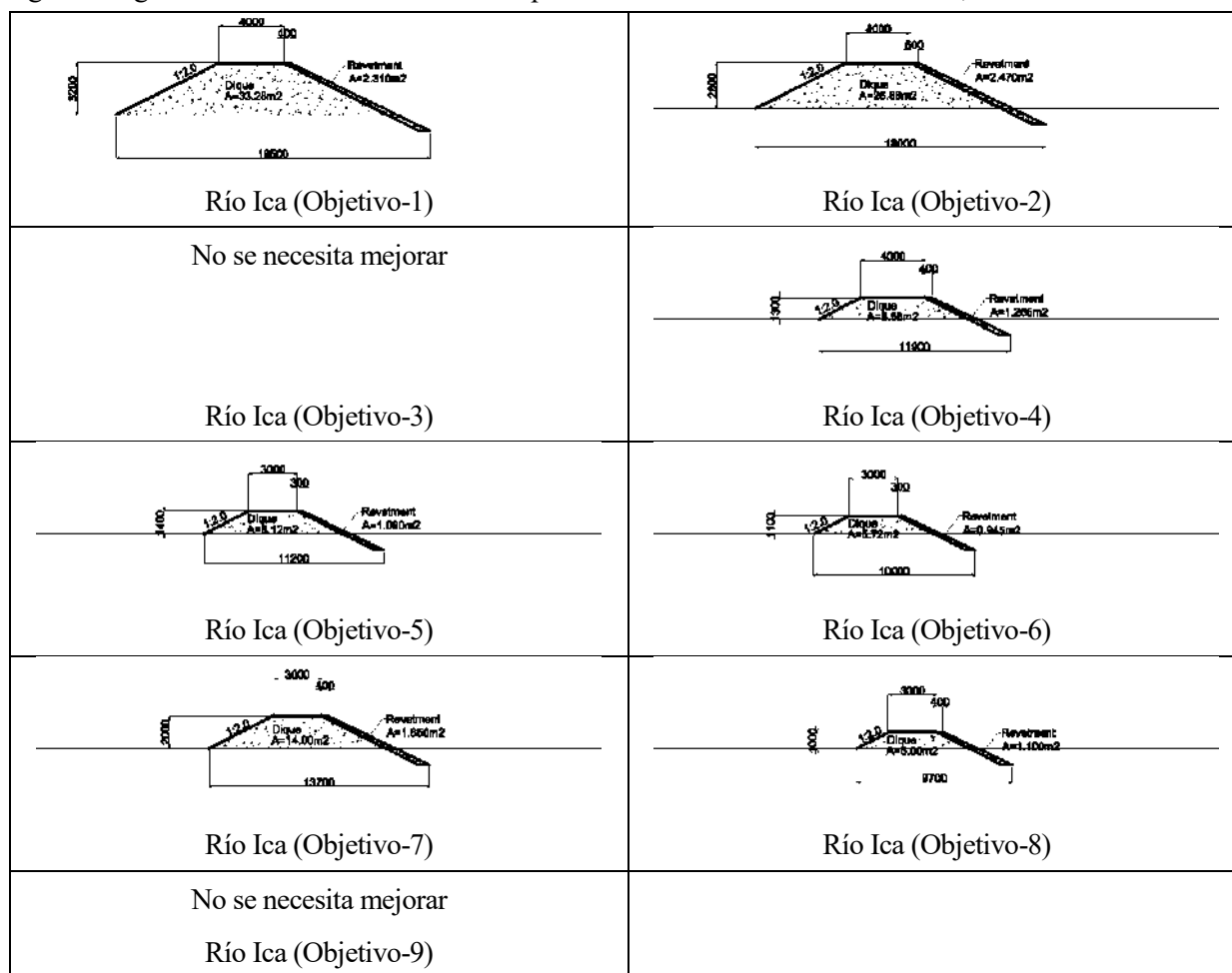


Figura 9.3.8 Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de río Ica (alt-1: 50-años periodo de retorno)

(4) Alternativa-2: Resumen

En las Tabla 9.3.29~Tabla 9.3.38 se presentan la capacidad requerida de la cuenca de retardo, el caudal de control, la longitud requerida y las especificaciones de los diques y de las obras de defensa ribereña de cada una de las áreas objeto de protección del río Ica de la Alternativa-2.

Tabla 9.3.29 Especificaciones de la cuenca de retardo del río Ica en la Alternativa-2

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Volumen requerido por dique o cuenca de retardo (millón m ³)	0.0	12.1				
Área requerida (has)	Se plantea una cuenca de retardo de 600 m de ancho y 7 km de largo, duplicando el ancho de la cuenca de retardo de 300 m de ancho y 7 km de largo que actualmente el departamento de Ica planea.					
Profundidad requerida (m)	3.0 (1.5m para excavación, 1.5m para dique)					

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.30 Río Ica Objetivo5-1 (Parte alta: Ocucaje Parte baja: Ocucaje)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	65.01	65.01	182.49	223.38	444.14	514.41	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del río (m)	27.93→27.93 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	2.1	2.7
	Prom	0	0	0	0	2.5	3.2
	Max	0	0	0	0	3.5	4.2
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	2	3	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.5	1.5	1.9	2.0	2.3	2.4	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	3	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.31 Río Ica Objetivo-5-2 (Parte alta: Ocucaje Parte baja: Ocucaje)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	64.82	64.82	188.70	232.17	477.26	555.67	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del río (m)	60.33→60.33 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0.9	1.2
	Prom	0	0	0	0	2.2	2.8
	Max	0	0	0	0	3.6	4.3
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	1	2	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.2	1.2	1.7	1.8	2.4	2.5	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	3	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.32 Río Ica Objetivo-5-3 (Parte alta: Ocucaje Parte baja: Ocucaje)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	64.55	64.55	188.49	231.95	480.00	560.49	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del río (m)	97.35→97.35 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0	0
	Prom	0	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0	0
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	0	0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	0.9	0.9	1.3	1.4	1.9	2.1	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	-	-	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.33 Río Ica Objetivo-5-4 (Parte alta: Santiago Parte baja: Santiago)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	59.94	59.94	174.04	214.00	443.18	513.78	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del río (m)	72.39→72.39 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0.8	1.0
	Prom	0	0	0	0	1.0	1.3
	Max	0	0	0	0	1.1	1.6
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	0	1	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.0	1.0	1.4	1.6	2.1	2.2	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	3	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.34 Río Ica Objetivo-5-5 (Parte alta: Santiago Parte baja: Santiago)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	51.21	51.21	154.35	191.63	414.67	487.25	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del río (m)	65.73→65.73 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0.9	0.9
	Prom	0	0	0	0	1.3	1.4
	Max	0	0	0	0	2.1	2.4
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	2	4	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	0.9	0.9	1.4	1.5	2.0	2.1	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	3	3	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.35 Río Ica Objetivo-5-6 (Parte alta: Ica Parte baja: Santiago)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	43.17	43.17	135.63	170.07	386.64	459.51	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del río (m)	65.73→65.73 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0	0.8
	Prom	0	0	0	0	0	1.1
	Max	0	0	0	0	0	1.4
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	0	1	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	0.7	0.7	1.0	1.1	1.6	1.7	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	-	3	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.36 Río Ica Objetivo-5-7 (Parte alta: La Tingua Parte baja: Ica)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	42.28	42.28	133.51	167.98	388.39	463.32	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del río (m)	49.53→49.53 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0.6	0.8	0.8
	Prom	0	0	0	0.8	1.7	2.0
	Max	0	0	0	1.0	3.0	3.4
Longitud del dique (km)	0	0	0	1	7	9	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	0.9	0.9	1.4	1.6	2.1	2.3	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	3	3	3	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.37 Río Ica Objetivo-5-8 (Parte alta: San Juan Bautista Parte baja: San Juan Bautista)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	40.87	40.87	130.53	165.20	385.97	463.65	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del río (m)	71.14→71.14 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0	0.8
	Prom	0	0	0	0	0	1.0
	Max	0	0	0	0	0	1.2
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	0	1	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	0.9	0.9	1.5	1.7	2.3	2.4	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	-	3	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.38 Río Ica Objetivo-5-1 (Parte alta: San Jose De Los Molinos Parte baja: San De Los Molinos)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	40.87	40.87	129.29	162.84	381.43	455.56	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del río (m)	70.44→70.44 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0	0
	Prom	0	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0	0
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	0	0	

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.3	1.3	2.1	2.3	3.2	3.4
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	-	-
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.6

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(5) Alternativa-2: Sección estándar

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para afrontar una inundación en un período de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-2 es como se muestra en la siguiente figura.

Para otras ilustraciones correspondientes a otra escala de inundación, se muestran en el anexo 6-2.

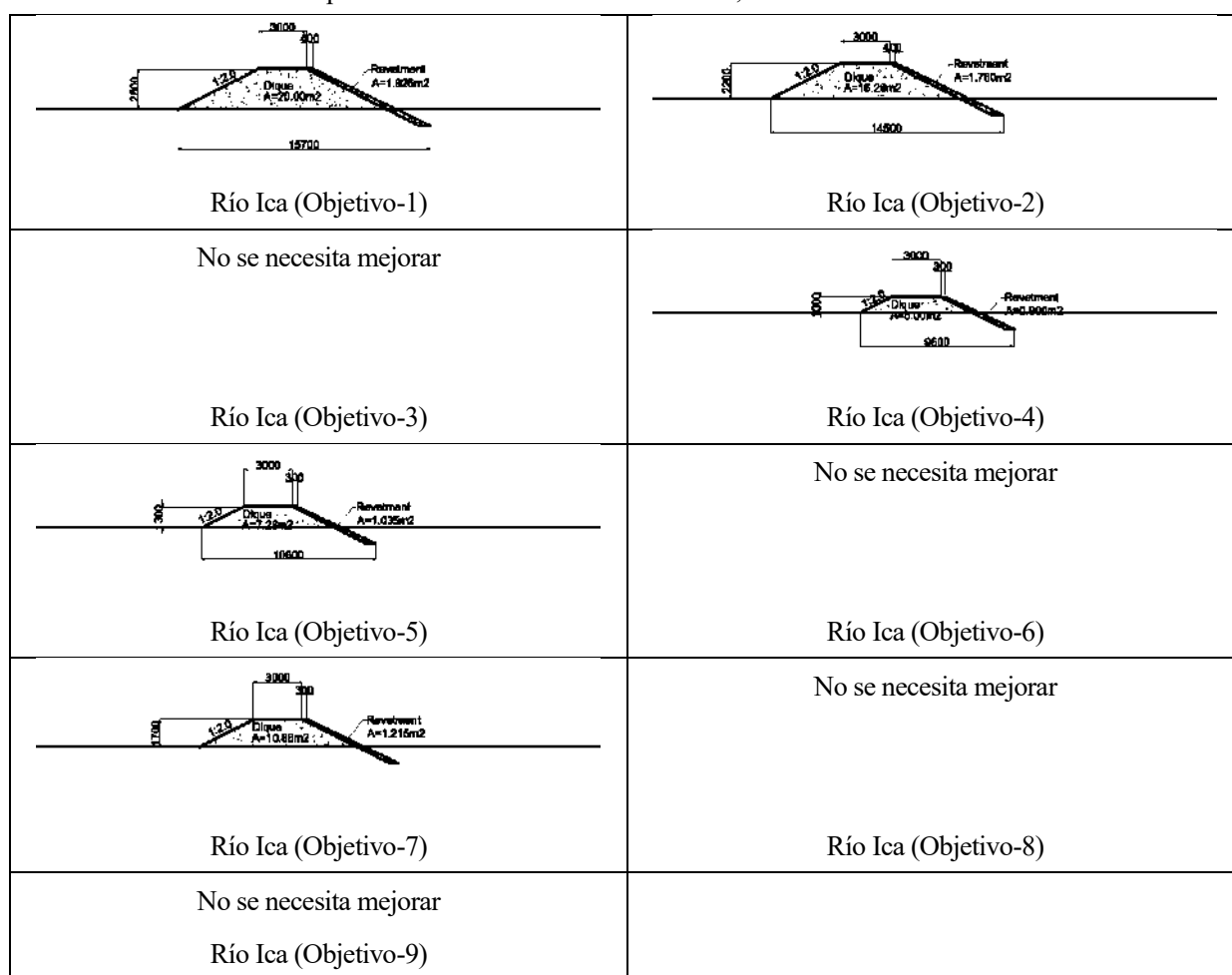


Figura 9.3.9 Corte Transversal Estándar para Plan de Mejoramiento de los ríos Piura-Chira (Alt-2: 50-años Periodo de Retorno)

(6) Respuesta a los tramos a ser protegidos del 1 al 4

Tanto en la Alternativa 1 como en la Alternativa 2, los tramos seleccionados para la construcción de los diques para el encauzamiento, son los tramos 5-1 al 5-9. Los tramos del 1 al 4 son los puntos críticos especificados por la ALA que requieren de medidas puntuales.

Existen en total 25 puntos críticos en el río Ica, según el estudio ejecutado en 2014, de los cuales la mayoría, es decir 23

puntos están entre los tramos 1 al 4. Estos 23 puntos requieren de las medidas contra la socavación, debiendo considerar aparte el costo y beneficio de la obra de defensa ribereña.

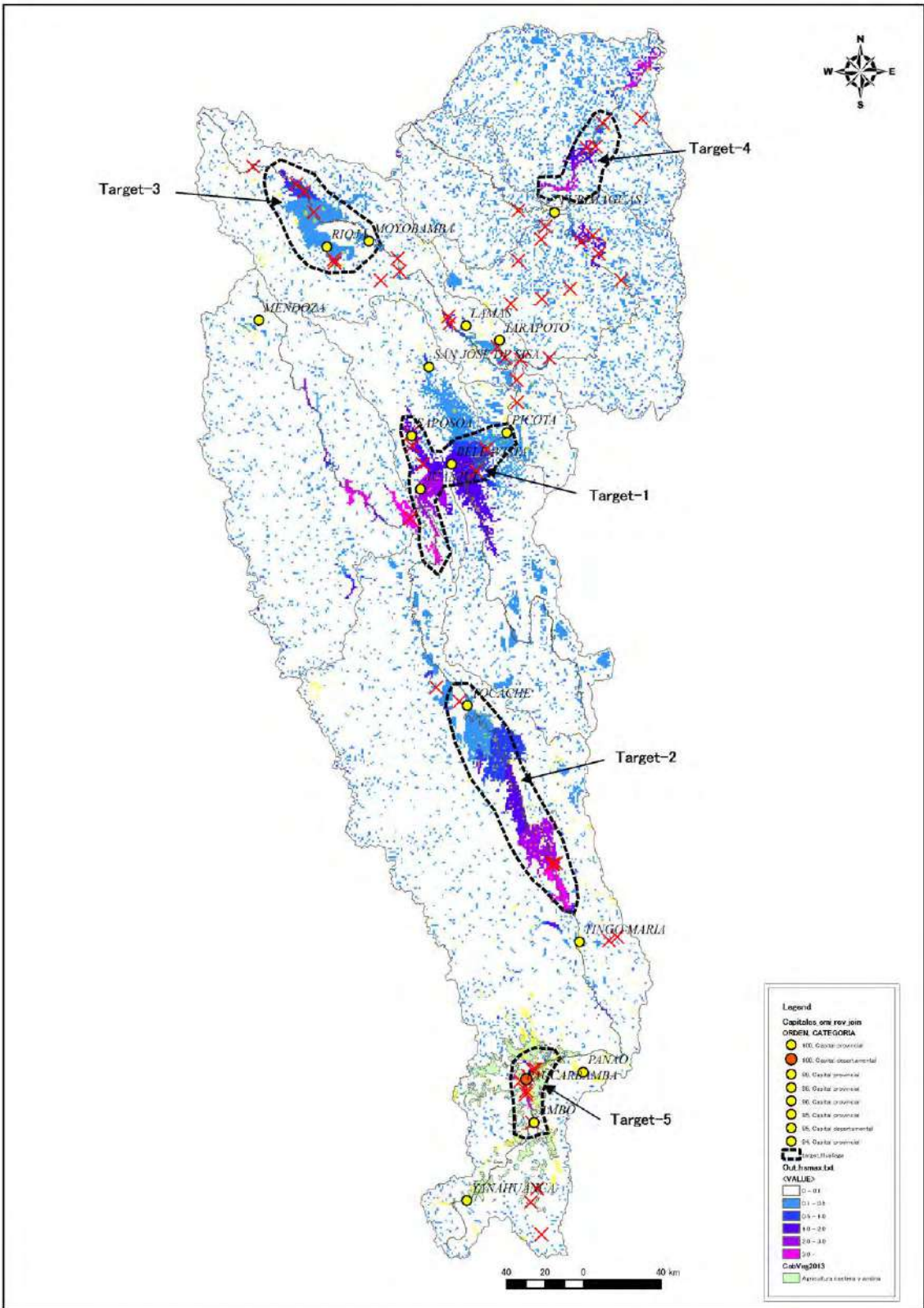
9.3.4 Cuenca del Río Huallaga

En la Figura 9.3.5 se presenta el esquema del plan de medidas de mitigación de inundaciones en la Cuenca del río Huallaga y sus áreas objetivo.

Asimismo, se presentan en la Tabla las especificaciones de los diques propuestos como medidas de control de inundaciones (incluyendo el recrecimiento de los diques actuales) para cada alternativa planteada en la Sección 9.1, así como la sección estándar de los diques a ser construidos.

(1) Designación de Áreas Objetivo para la Cuenca del Río Huallaga

En la Figura 9.3.10 se presentan los resultados del análisis de escorrentía del río Huallaga aplicando el Modelo RRI, así como las áreas a ser protegidas contra las inundaciones basándose en dichos resultados (tramos objetivo de control).



* La probabilidad de ocurrencia de inundación asumida en el mapa de inundación de arriba es de 100 años de periodo de retorno

Figura 9.3.10 Selección de áreas objetivo en la cuenca del río Huallaga

(2) Alternativa-1: Resumen

En las Tabla 9.3.39~Tabla 9.3.43 se presentan el caudal de control, la longitud requerida y las especificaciones de los diques y de las obras de defensa ribereña de cada una de las áreas objeto de protección del río Huallaga de la Alternativa-1.

Tabla 9.3.39 Río Hullaga Objetivo-1 (Parte alta: Juanjui Parte baja: Picota)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	5,100	5,500	5,800	6,300	6,500	6,800	
Ancho del río (m)	350→350 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)
	Prom	1.7 (0.2+1.5)	1.9 (0.4+1.5)	2.0 (0.5+1.5)	2.1 (0.6+1.5)	2.2 (0.7+1.5)	2.3 (0.8+1.5)
	Max	2.1 (0.6+1.5)	2.4 (0.9+1.5)	2.5 (1.0+1.5)	2.7 (1.2+1.5)	2.8 (1.3+1.5)	2.9 (1.4+1.5)
Longitud del dique (km)	65.0	79.0	82.0	89.0	91.0	93.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	2.67	2.70	2.79	2.94	3.03	3.12	
Ancho de corona de dique (m)	6	6	6	6	6	6	
Gradiente de pendiente de dique (v:h)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.40 Río Hullaga Objetivo-2 (Parte alta: Jose Crespo y Castillo Parte baja: Tocache)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	2,600	2,800	3,000	3,200	3,300	3,400	
Ancho del río (m)	160→160 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)
	Prom	1.7 (0.5+1.2)	1.9 (0.7+1.2)	2.0 (0.8+1.2)	2.2 (1.0+1.2)	2.3 (1.1+1.2)	2.4 (1.2+1.2)
	Max	2.3 (1.1+1.2)	2.6 (1.4+1.2)	2.8 (1.6+1.2)	3.0 (1.8+1.2)	3.2 (2.0+1.2)	3.3 (2.1+1.2)
Longitud del dique (km)	90.0	111.0	122.0	124.0	124.0	125.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	3.06	3.11	3.20	3.33	3.38	3.47	
Ancho de corona de dique (m)	5	5	5	5	5	5	
Gradiente de pendiente de dique (v:h)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.41 Río Hullaga Objetivo-3 (Parte alta: Awajun Parte baja: Moyobamba)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	1,100	1,150	1,200	1,200	1,250	1,300	
Ancho del Río (m)	60→60 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + borde libre)	Min	0	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)
	Prom	0	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.3 (0.3+1.0)
	Max	0	1.2 (0.2+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	1.5 (0.5+1.0)	1.6 (0.6+1.0)
Longitud del dique (km)	0	21.0	28.0	34.0	36.0	40.0	

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Velocidad promedio de flujo (m/s)	3.78	3.84	3.96	4.02	4.08	4.26
Ancho de corona de dique (m)	4	4	4	4	4	4
Gradiente de pendiente de dique (v:h)	-	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)	-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.42 Río Hullaga Objetivo-4 (Parte alta: Yurimaguas Parte baja: Santa Cruz)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	8,000	9,500	10,000	11,000	11,500	12,000	
Ancho del Río (m)	450→450 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	2.1 (0.1+2.0)	2.1 (0.1+2.0)	2.1 (0.1+2.0)	2.1 (0.1+2.0)
	Prom	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	2.2 (0.2+2.0)	2.3 (0.3+2.0)	2.5 (0.5+2.0)	2.6 (0.6+2.0)
	Max	1.6 (0.1+1.5)	1.7 (0.2+1.5)	2.7 (0.7+2.0)	3.2 (1.2+2.0)	3.4 (1.4+2.0)	3.6 (1.6+2.0)
Longitud del dique (km)	9.0	20.0	32.0	50.0	50.0	51.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	2.40	2.60	2.70	2.82	2.88	2.94	
Ancho de corona de dique (m)	6	6	7	7	7	7	
Gradiente de pendiente de dique (v:h)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.43 Río Hullaga Objetivo-5 (Parte alta:Ambo Parte baja: Santa Maria del Valle)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	710	770	810	840	870	900	
Ancho del río (m)	30→30 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)
	Prom	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.4 (0.4+1.0)
	Max	1.2 (0.2+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	1.6 (0.6+1.0)	1.7 (0.7+1.0)	1.8 (0.8+1.0)
Longitud del dique (km)	20.0	31.0	33.0	36.0	37.0	40.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	4.32	4.68	4.91	5.13	5.31	5.45	
Ancho de corona de dique (m)	5	5	5	5	5	5	
Gradiente de pendiente de dique (v:h)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(3) Alternativa-1: Sección estándar

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para afrontar una inundación en un período de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-1 es como se muestra en la siguiente figura.

Para otras ilustraciones correspondientes a otra escala de inundación, se muestran en el anexo 6-1.

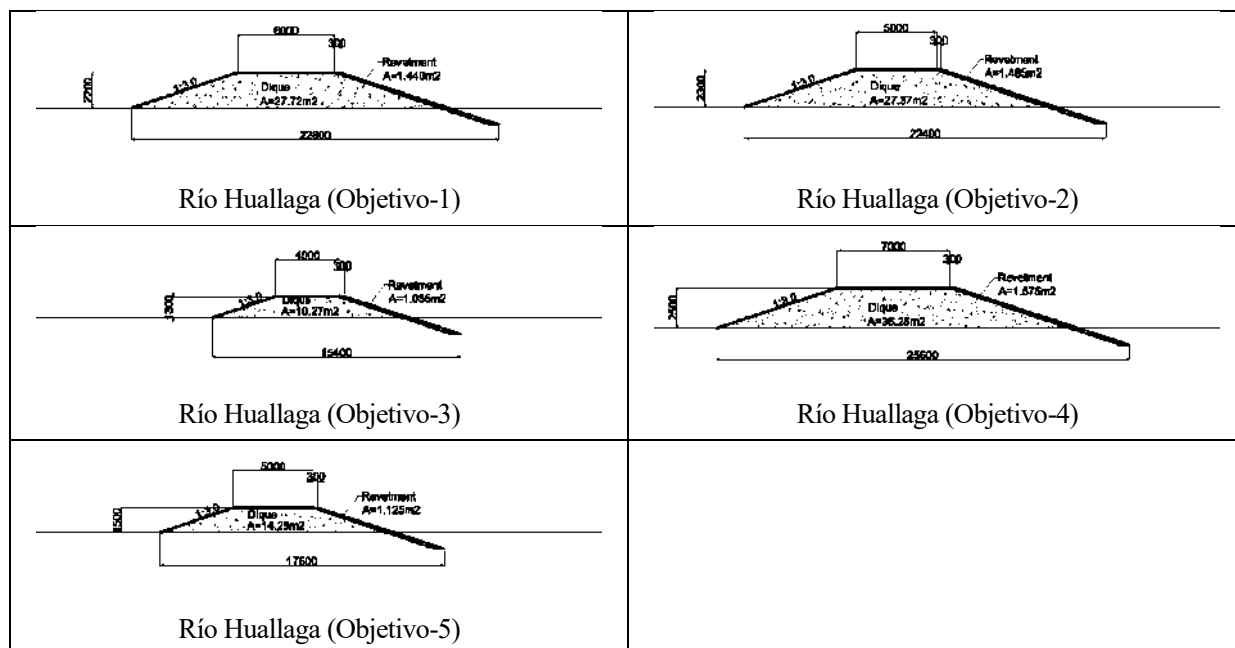


Figura 9.3.11 Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de río Huallaga (Alt-1: 50-años periodo de retorno)

(4) Alternativa-2: Resumen

En las Tabla 9.3.44~Tabla 9.3.49 se presentan la capacidad requerida de la cuenca de retardo, el caudal de control, la longitud requerida y las especificaciones de los diques y de las obras de defensa ribereña de cada una de las áreas objeto de protección del Río Huallaga de la Alternativa-2.

Tabla 9.3.44 Especificaciones de la cuenca de retardo del río Huallaga en la Alternativa-2

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Volumen requerido por dique o cuenca de retardo (millón m ³)	297.6	297.6	297.6	297.6	297.6	297.6
Área requerida (has)	9,920	9,920	9,920	9,920	9,920	9,920
Profundidad requerida (m)	3.0					

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.45 Río Hullaga Objetivo-1 (Parte alta: Juanjui Parte baja: Picota)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	5,100	5,100	5,500	5,800	6,300	6,500	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del Río (m)	350→350 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)
	Prom	1.7 (0.2+1.5)	1.7 (0.2+1.5)	1.9 (0.4+1.5)	2.0 (0.5+1.5)	2.1 (0.6+1.5)	2.2 (0.7+1.5)
	Max	2.1 (0.6+1.5)	2.1 (0.6+1.5)	2.4 (0.9+1.5)	2.5 (1.0+1.5)	2.7 (1.2+1.5)	2.8 (1.3+1.5)
Longitud del dique (km)	65.0	65.0	79.0	82.0	89.0	91.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	2.67	2.67	2.70	2.79	2.94	3.03	
Ancho de corona de dique (m)	6	6	6	6	6	6	
Gradiente de pendiente de dique (v:h)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.46 Río Hullaga Objetivo-2 (Parte alta: Jose Crespo y Castillo Parte baja: Tocache)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	2,600	2,800	3,000	3,200	3,300	3,400	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del Río (m)	160→160 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)	
	Prom	1.7 (0.5+1.2)	1.9 (0.7+1.2)	2.0 (0.8+1.2)	2.2 (1.0+1.2)	2.3 (1.1+1.2)	2.4 (1.2+1.2)
	Max	2.3 (1.1+1.2)	2.6 (1.4+1.2)	2.8 (1.6+1.2)	3.0 (1.8+1.2)	3.2 (2.0+1.2)	3.3 (2.1+1.2)
Longitud del dique (km)	90.0	111.0	122.0	124.0	124.0	125.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	3.06	3.11	3.20	3.33	3.38	3.47	
Ancho de corona de dique (m)	5	5	5	5	5	5	
Gradiente de pendiente de dique (v:h)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.47 Río Hullaga Objetivo-3 (Parte alta: Awajun Parte baja: Moyobamba)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	1,100	1,150	1,200	1,200	1,250	1,300	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del Río (m)	60→60 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	
	Prom	0 (0.1+1.0)	1.1 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.3 (0.3+1.0)
	Max	0 (0.2+1.0)	1.2 (0.3+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	1.5 (0.5+1.0)	1.6 (0.6+1.0)
Longitud del dique (km)	0	21.0	28.0	34.0	36.0	40.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	3.78	3.84	3.96	4.02	4.08	4.26	
Ancho de corona de dique (m)	4	4	4	4	4	4	
Gradiente de pendiente de dique (v:h)	-	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.48 Río Hullaga Objetivo-4 (Parte alta: Yurimaguas Parte baja: Santa Cruz)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	8,000	8,000	9,500	10,000	11,000	11,500	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del río (m)	450→450 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	2.1 (0.1+2.0)	2.1 (0.1+2.0)	
	Prom	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	2.2 (0.2+2.0)	2.3 (0.3+2.0)	2.5 (0.5+2.0)
	Max	1.6 (0.1+1.5)	1.6 (0.1+1.5)	1.7 (0.2+1.5)	2.7 (0.7+2.0)	3.2 (1.2+2.0)	3.4 (1.4+2.0)
longitud del dique (km)	9.0	9.0	20.0	32.0	50.0	50.0	
velocidad promedio de flujo (m/s)	2.40	2.40	2.60	2.70	2.82	2.88	
ancho de corona de dique (m)	6	6	6	7	7	7	
gradiente de pendiente de dique (v:h)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
diámetro requerido del revestimiento (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.49 Río Hullaga Objetivo-5 (Parte alta: Ambo Parte baja: Santa Maria del Valle)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	710	710	770	810	840	870	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del Río (m)	30→30 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	
	Prom	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.3 (0.3+1.0)
	Max	1.2 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	1.6 (0.6+1.0)	1.7 (0.7+1.0)
Longitud del dique (km)	20.0	20.0	31.0	33.0	36.0	37.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	4.32	4.32	4.68	4.91	5.13	5.31	
Ancho de corona de dique (m)	5	5	5	5	5	5	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(5) Alternativa-2: Sección estándar

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para afrontar una inundación en un período de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-2 es como se muestra en la siguiente figura. Para otras ilustraciones correspondientes a otra escala de inundación, se muestran en el anexo 6-2.

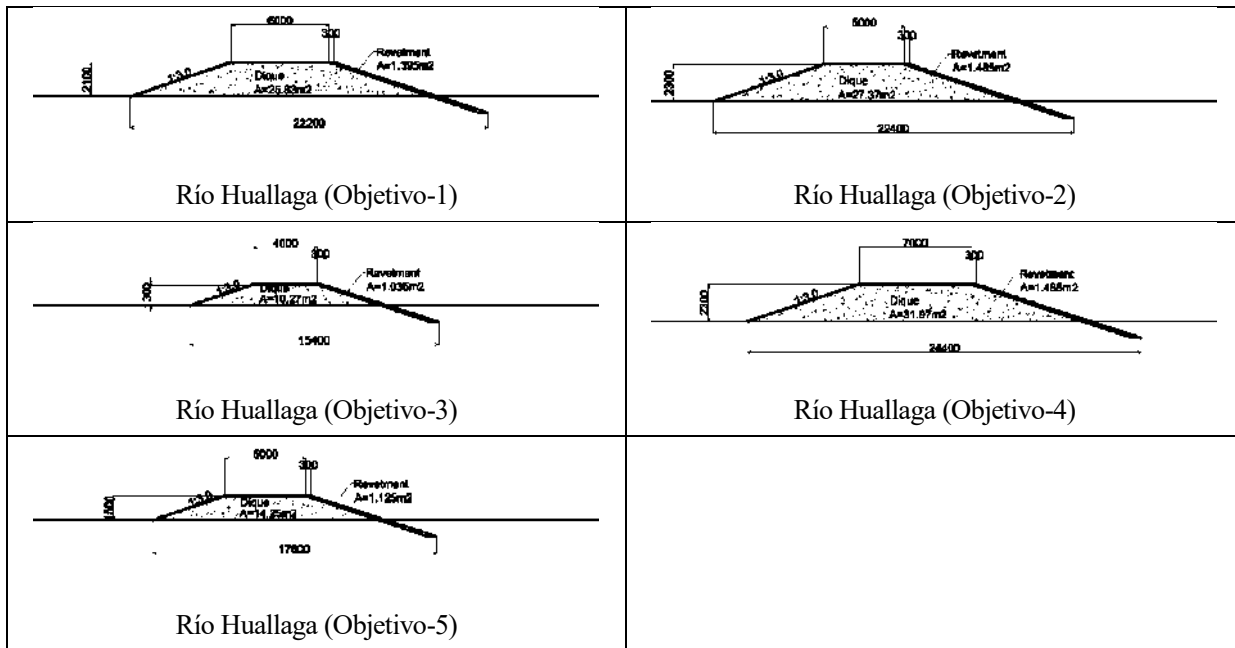


Figura 9.3.12 Corte Transversal estándar para plan de mejoramiento de río Huallaga (Alt-2: 50-años periodo de retorno)

(6) Medidas de control de socavación en los tramos objeto

Tanto la Alternativa 1 como la Alternativa 2 incluyen los tramos que requieren de medidas puntuales, identificados como los puntos críticos por la ALA.

Existen en total 56 puntos críticos en las cinco cuencas del río Huallaga, según el estudio ejecutado en 2014, de los cuales los puntos críticos incluidos en los tramos objeto identificados en el presente Estudio suman en total 24 puntos. Estos 24 puntos requieren de las medidas de defensa ribereña para prevenir la socavación, debiendo considerar aparte el costo y beneficio de la obra de defensa ribereña.

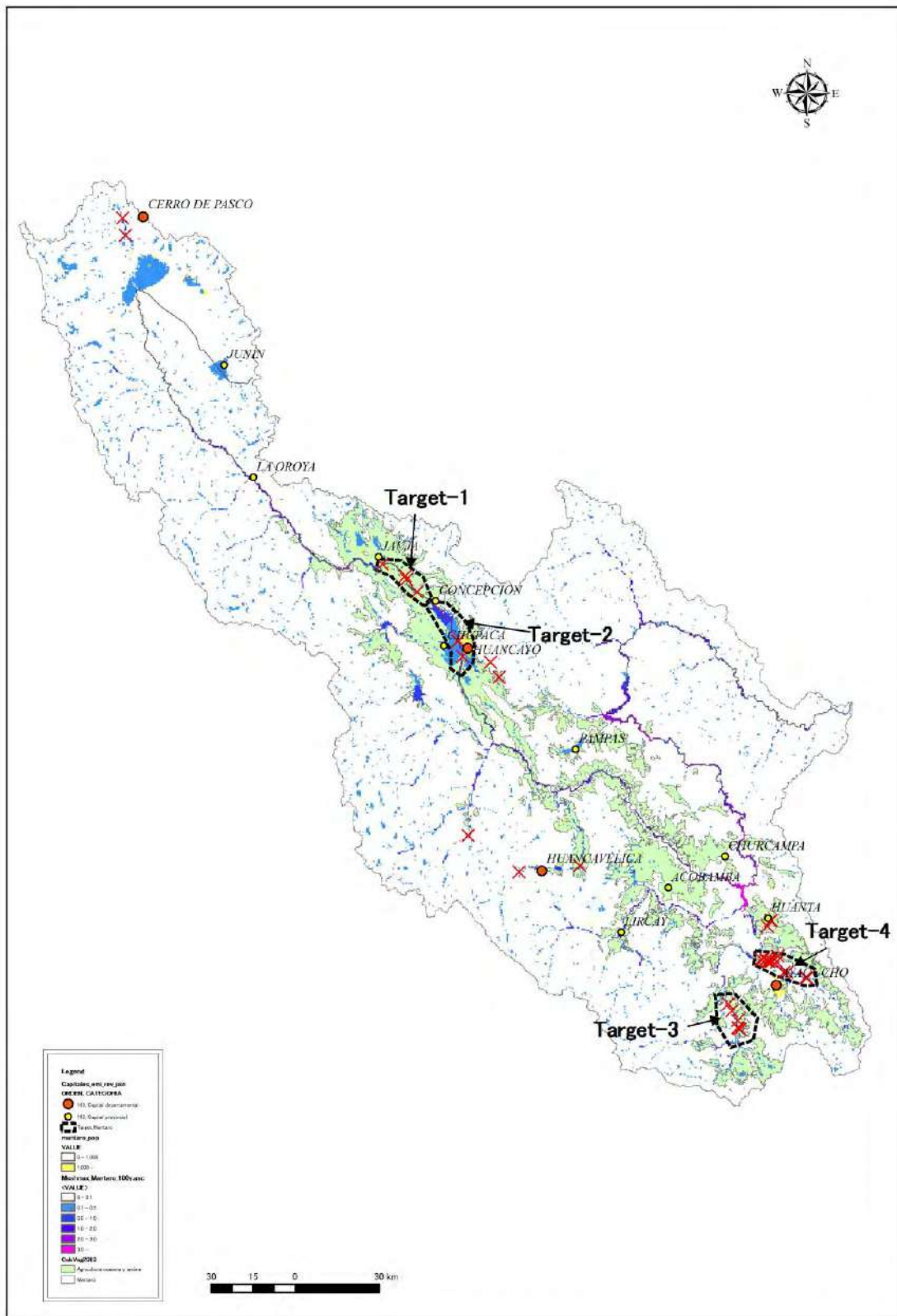
9.3.5 Cuenca del río Mantaro

En la Figura 9.3.6 se presenta el esquema del plan de medidas de Mitigación de Inundaciones en la cuenca del río Mantaro y sus áreas objetivos.

Asimismo, se presentan en la Tabla las especificaciones de los diques propuestos como medidas de control de inundaciones (incluyendo el recrecimiento de los diques actuales) para cada alternativa planteada en la Sección 9.1, así como la sección estándar de los diques a ser construidos.

(1) Designación de áreas objetivo para la cuenca del río Mantaro

En la Figura 9.3.13 se presentan los resultados del análisis de escorrentía del río Mantaro aplicando el Modelo RRI, así como las áreas a ser protegidas contra las inundaciones basándose en dichos resultados (tramos objetivo de control).



* La probabilidad de ocurrencia de inundación asumida en el mapa de inundación de arriba es de 100 años de periodo de retorno

Figura 9.3.13 Selección de áreas objetivo en la cuenca del río Mantaro

(2) Alternativa-1: Resumen

En las Tabla 9.3.50~Tabla 9.3.53 se presentan el caudal de control, la longitud requerida y las especificaciones de los diques y de las obras de defensa ribereña de cada una de las áreas objeto de protección del río Mantaro de la Alternativa-1.

Tabla 9.3.50 Río Mantaro Objetivo-1 (Parte alta: Matahuasi Parte baja: Yauyos)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	200.51	360.59	391.52	452.03	544.99	576.51	
Ancho del río (m)	123.68→123.68 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L+ Borde Libre)	Min	0	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0
	Prom	0	1.0	1.0	1.1	1.4	1.4
	Max	0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0
Longitud del dique (km)	0	2.88	4.32	5.76	9.60	10.56	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.4	1.6	1.7	2.0	2.4	2.5	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	4	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.51 Río Mantaro Objetivo-2 (Parte alta: Huayucachi Parte baja: Orcotuna)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	184.79	297.01	304.28	324.87	355.37	363.92	
Ancho del río (m)	130.7→130.7 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L+ Borde Libre)	Min	0.7	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0
	Prom	1.8	2.9	2.9	3.0	3.2	3.3
	Max	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0
Longitud del dique (km)	25.92	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	0.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	3	3	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.52 Río Mantaro Objetivo-3 (Parte alta: Acos Vinchos Parte baja: Pacaycasa)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	99.22	146.95	156.89	174.59	203.42	214.23	
Ancho del río (m)	63.6→63.6 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L+ Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0	0
	Prom	0	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0	0
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	0	0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	2.1	2.5	2.6	2.6	2.8	2.8	

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	-	-
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.53 Río Mantaro Objetivo-4 (Parte alta: Vinchos Parte baja: Vinchos)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)	61.15	90.95	96.83	106.97	124.93	131.93
Ancho del río (m)	48.38→48.38 (±0)					
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0
	Prom	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	0	0
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.7	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	-	-
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(3) Alternativa-1: Sección estándar

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para afrontar una inundación en un período de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-1 es como se muestra en la siguiente figura.

Para otras ilustraciones correspondientes a otra escala de inundación, se muestran en el anexo 6-1.

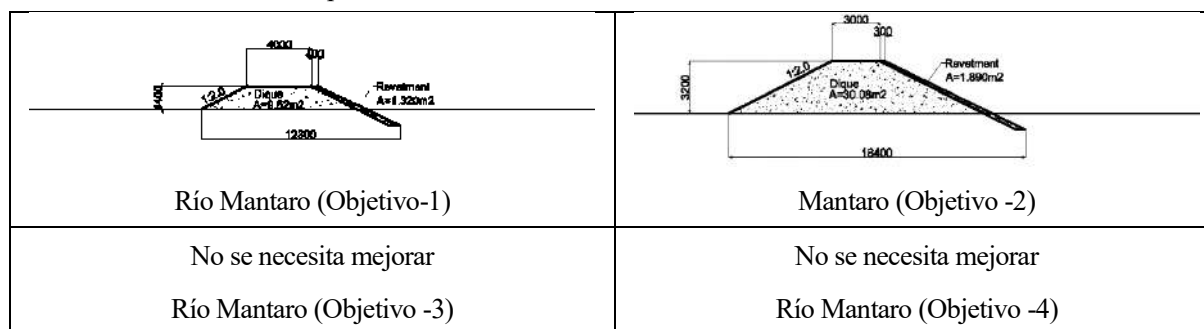


Figura 9.3.14 Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de río Mantaro (Alt-1: 50-años Periodo de Retorno)

(4) Alternativa-2: Resumen

En las Tabla 9.3.54~Tabla 9.3.58 se presentan la capacidad requerida de la cuenca de retardo, el caudal de control, la longitud requerida y las especificaciones de los diques y de las obras de defensa ribereña de cada una de las áreas objeto de protección del río Mantaro de la Alternativa 2.

Tabla 9.3.54 Volumen requerido de la presa del río Mantaro en la Alternativa-2

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Volumen requerido por dique o cuenca de retardo (millón m ³)	0.0	0.7	0.1	0.2	0.2	0.1
Espacio requerido (has)						
Profundidad requerida (m)						

*1: Volumen de control requerido para elevar el nivel de control de inundaciones más abajo.

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.55 Río Mantaro Objetivo-1 (Parte alta: Matahuasi Parte baja: Yauyos)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	200.51	200.51	360.59	391.52	452.03	544.99	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del río (m)	123.68→123.68 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0.8	0.8	0.8	1.0
	Prom	0	0	1.0	1.0	1.1	1.4
	Max	0	0	1.0	1.0	2.0	2.0
Longitud del dique (km)	0	0	2.88	4.32	5.76	9.60	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.4	1.4	1.6	1.7	2.0	2.4	
Ancho de corona de dique (m)	-	-	3	3	3	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.56 Río Mantaro Objetivo-2 (Parte alta: Huayucachi Parte baja: Orcotuna)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	184.79	184.79	297.01	304.28	324.87	355.37	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del río (m)	130.7→130.7 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0.7	0.7	1.7	1.8	1.9	1.9
	Prom	1.8	1.8	2.9	2.9	3.0	3.2
	Max	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Longitud del dique (km)	25.92	25.92	26.4	26.4	26.4	26.4	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	0.5	0.5	1.6	1.7	1.8	1.9	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	3	3	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.57 Río Mantaro Objetivo-3 (Parte alta: Acos Vinchos Parte baja: Pacaycasa)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)	99.22	146.95	156.89	174.59	203.42	214.23
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años
Ancho del río (m)	63.6→63.6 (±0)					
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0
	Prom	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	0	0
Velocidad promedio de flujo (m/s)	2.1	2.5	2.6	2.6	2.8	2.8
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	-	-
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.58 Río Mantaro Objetivo-4 (Parte alta: Vinchos Parte baja: Vinchos)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)	61.15	90.95	96.83	106.97	124.93	131.93
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años
Ancho del río (m)	48.38→48.38 (±0)					
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0
	Prom	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	0	0
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.7	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	-	-
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(5) Alternativa-2: Sección estándar

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para afrontar una inundación en un período de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-2 es como se muestra en la siguiente figura. Para otras ilustraciones correspondientes a otra escala de inundación, se muestran en el anexo 6-2.

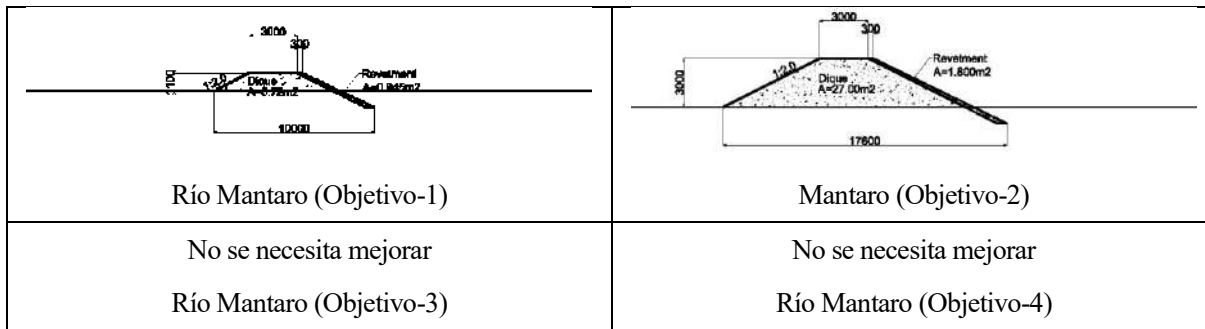


Figura 9.3.15 Corte Transversal estándar para plan de mejoramiento de río Mantaro (Alt-2: 50-años periodo de retorno)

(6) Respuesta a los tramos a ser protegidos 3 y 4

Tanto en la Alternativa 1 como en la Alternativa 2, los tramos seleccionados para la construcción de los diques para el encauzamiento, son los tramos 1 y 2. Los tramos del 3 y 4 son los puntos críticos especificados por la ALA que requieren de medidas puntuales.

Existen en total 37 puntos críticos en el río Mantaro, según el estudio ejecutado en 2014, de los cuales 23 puntos están entre los tramos 3 y 4, para los que se requiere ejecutar las medidas contra la socavación, debiendo considerar aparte el costo y beneficio de la obra de defensa ribereña.

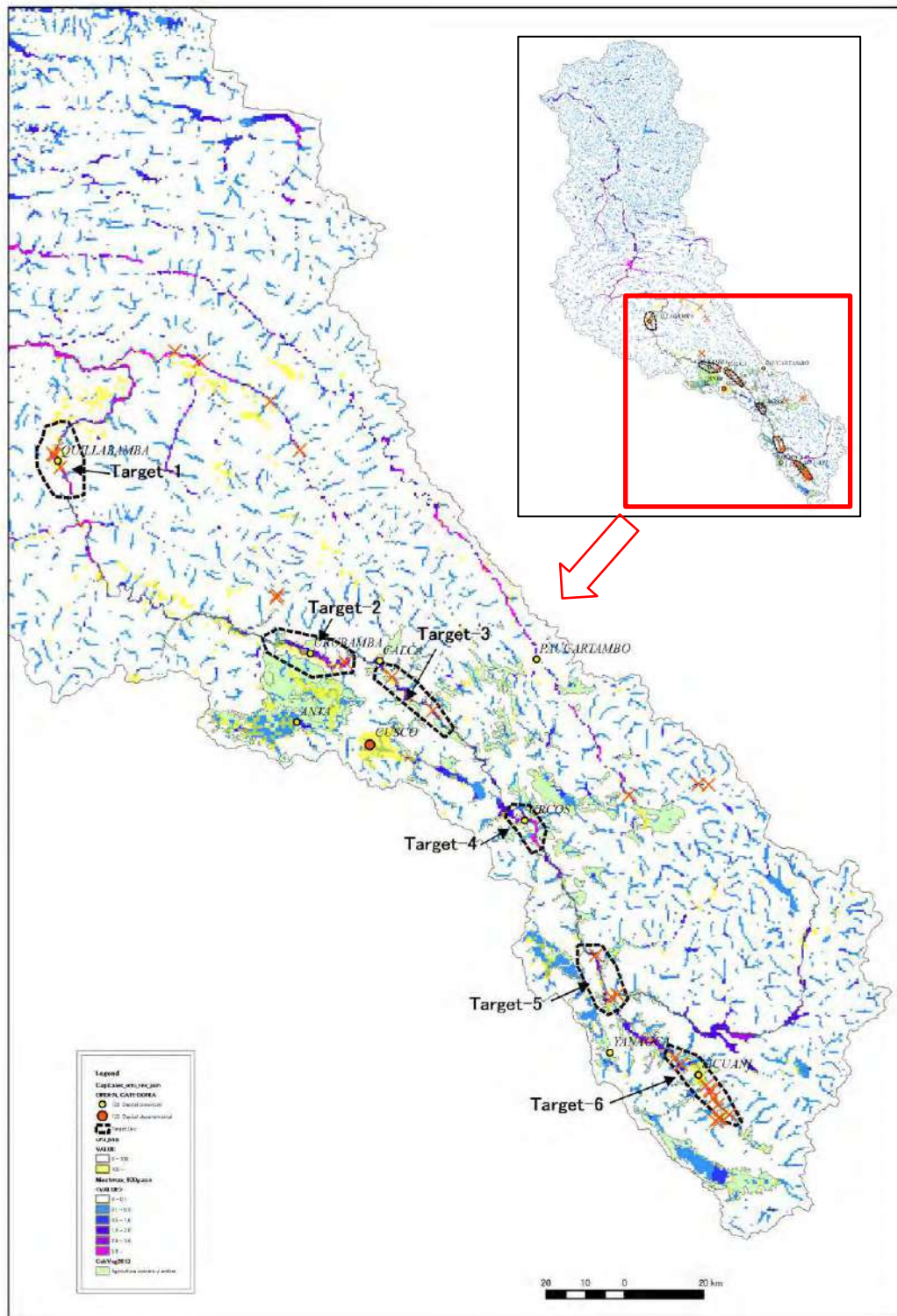
9.3.6 Cuenca del río Urubamba

En la Figura 9.3.7 se presenta el esquema del plan de medias de mitigación de inundaciones propuesta para la cuenca del río Urubamba y sus áreas objetivos.

Asimismo, se presentan en la Tabla las especificaciones de los diques propuestos como medidas de control de inundaciones (incluyendo el recrecimiento de los diques actuales) para cada alternativa planteada en la Sección 9.1, así como la sección estándar de los diques a ser construidos.

(1) Designación de áreas objetivo para la cuenca del río Urubamba

En la Figura 9.3.16 se presentan los resultados del análisis de escorrentía de la cuenca del Río Urubamba aplicando el Modelo RRI, así como las áreas a ser protegidas contra las inundaciones basándose en dichos resultados (tramos objetivo de control).



* La probabilidad de ocurrencia de inundación asumida en el mapa de inundación de arriba es de 100 años de periodo de retorno

Figura 9.3.16 Selección de áreas objetivo en la cuenca del río Urubamba

(2) Alternativa-1: Resumen del plan de mejora

En las Tabla 9.3.59~Tabla 9.3.64 se presentan el caudal de control, la longitud requerida y las especificaciones de los diques y de las obras de defensa ribereña de cada una de las áreas objeto de protección del río Urubamba de la Alternativa-1.

Tabla 9.3.59 Río Urubamba Objetivo-1 (Parte alta: Maranura Parte baja: Santa Ana)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	182.24	182.24	527.10	1,003.17	1,316.09	1,571.24	
Ancho del Río (m)	65.94→65.94 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0.6	0.6	1.0	1.1	1.1	1.1
	Prom	1.0	1.0	2.8	4.1	4.9	5.3
	Max	1.3	1.3	4.4	6.9	8.2	9.1
Longitud del dique (km)	3.84	3.84	13.44	18.24	19.20	21.12	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.3	1.3	2.0	2.8	3.1	3.5	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	4	4	4	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.30	0.30	0.30	0.50	0.50	0.70	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.60 Río Urubamba Objetivo-2 (Parte alta: Huayllabamba Parte baja: Urubamba)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	39.18	39.18	204.22	339.25	419.07	444.50	
Ancho del río (m)	56.98→56.98 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0.8	0.9	0.9	1.1
	Prom	0	0	2.2	3.0	3.4	3.6
	Max	0	0	3.0	5.0	5.0	6.0
Longitud del Dique (km)	0	0	12.0 (right bank)	16.0 (right bank)	18.0 (right bank)	21.0 (right bank)	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	0.5	0.5	0.8	1.0	1.1	1.2	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	3	3	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.61 Río Urubamba Objetivo-3 (Parte alta: San Salvador Parte baja: Calca)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	43.67	43.67	209.13	358.47	448.75	462.38	
Ancho del río (m)	55.43→55.43 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8
	Prom	0	0	1.6	2.4	2.7	2.7
	Max	0	0	2.0	4.0	4.0	4.0
Longitud del dique (km)	0	0	7.2	15.36	17.76	18.72	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	0.7	0.7	1.2	1.5	1.7	1.8	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	3	3	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.62 Río Urubamba Objetivo-4 (Parte alta: Urcos Parte baja: Urcos)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	40.14	40.14	236.31	423.5	515.68	541.25	
Ancho del río (m)	51.54→51.54 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0.8	0.8	1.3	1.4
	Prom	0	0	2.3	3.3	3.9	4.0
	Max	0	0	4.0	6.0	7.0	7.0
Longitud del dique (km)	0	0	15.84	22.56	24.96	26.4	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	0.5	0.5	1.1	1.4	1.5	1.7	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	4	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.63 Río Urubamba Objetivo-5 (Parte alta: Combapata Parte baja: Checacupe)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	29.11	29.11	106.19	188.00	238.52	313.75	
Ancho del río (m)	45.69→45.69 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0.6	0.8	0.8	1.2
	Prom	0	0	1.4	2.2	2.6	3.0
	Max	0	0	2.0	3.0	4.0	5.0
Longitud del dique (km)	0	0	3.0	5.0	6.0	7.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	0.4	0.4	0.8	1.0	1.1	1.2	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	3	3	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.64 Río Urubamba Objetivo-6 (Parte alta: Sicuani Parte baja: Marangani)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	27.97	27.97	100.60	187.38	237.09	300.23	
Ancho del Río (m)	26.69→26.69 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0.60	0.60	0.60	0.60	0.80	0.80
	Prom	0.90	0.90	1.90	2.40	2.80	3.00
	Max	1.00	1.00	3.0	5.00	6.00	7.00
Longitud del dique (km)	2.0	2.0	8.0	16.0	18.0	21.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.3	1.3	2.0	2.6	2.8	3.1	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	3	3	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.30	0.30	0.30	0.40	0.50	0.50	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(3) Alternativa-1: Sección estándar del plan de mejora

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para afrontar una inundación en un período de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-1 es como se muestra en la siguiente figura. Para otras ilustraciones correspondientes a otra escala de inundación, se muestran en el anexo 6-1.

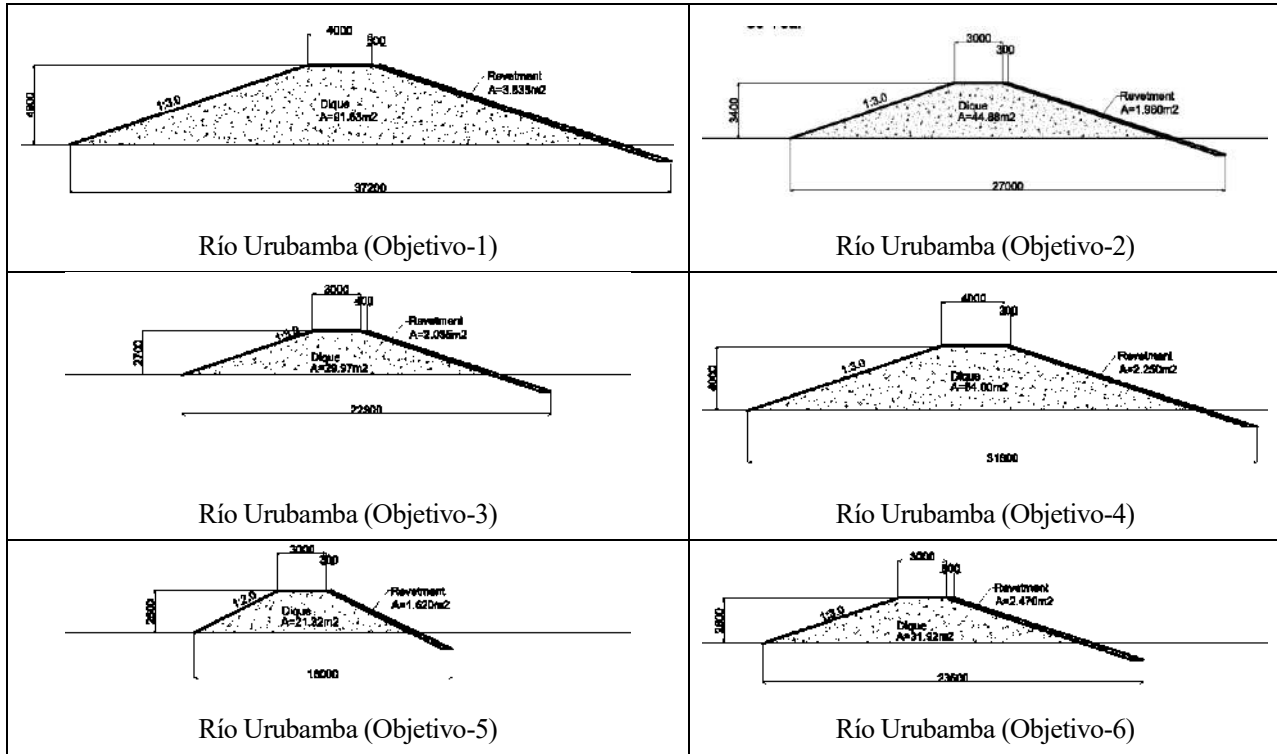


Figura 9.3.17 Corte Transversal Estándar para Plan de Mejoramiento de Río Urubamba (Alt-1: 50-años Período de Retorno)

(4) Alternativa-2: Resumen

En las Tabla 9.3.65~Tabla 9.3.71 se presentan la capacidad requerida de la cuenca de retardo, el caudal de control, la longitud requerida y las especificaciones de los diques y de las obras de defensa ribereña de cada una de las áreas objeto de protección del río Urubamba de la Alternativa 2.

Tabla 9.3.65 Especificaciones de la cuenca de retardo del río Urubamba en la Alternativa-2

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Volumen requerido por dique o cuenca de retardo (millón m ³)	0.0	0.0	21.2	34.0	16.0	25.3
Área requerida (has)						
Profundidad requerida (m)						

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.66 Río Urubamba Objetivo-1 (Parte alta: Maranura Parte baja: Santa Ana)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)	163.83	163.83	163.83	450.98	884.87	1,142.37
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años
Ancho del río (m)	65.94→65.94 (±0)					

Descripción		Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
		2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0.6	0.6	0.6	1.0	1.1	1.1
	Prom	1.0	1.0	1.0	2.6	4.1	4.9
	Max	1.3	1.3	1.3	4.2	6.9	8.2
Longitud del dique (km)		3.84	3.84	3.84	13.44	18.24	19.20
Velocidad promedio de flujo (m/s)		1.3	1.3	1.3	2.0	2.8	3.1
Ancho de corona de dique (m)		3	3	3	4	4	4
Gradiente de pendiente de dique (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)		0.30	0.30	0.30	0.30	0.50	0.50

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.67 Río Urubamba Objetivo-2 (Parte alta: Huayllabamba Parte baja: Urubamba)

Descripción		Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
		2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)		38.02	38.02	38.02	109.71	177.77	214.42
Periodo de retorno para mejora del río		2-años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años
Ancho del río (m)		56.98→56.98 (±0)					
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0.8	0.9	0.9
	Prom	0	0	0	2.2	3.0	3.4
	Max	0	0	0	3.0	5.0	5.0
Longitud del dique (km)		0	0	0	12.0 (right bank)	16.0 (right bank)	18.0 (right bank)
Velocidad promedio de flujo (m/s)		0.5	0.5	0.5	0.8	1.0	1.1
Ancho de corona de dique (m)		3	3	3	3	3	3
Gradiente de pendiente de dique (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)		0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.68 Río Urubamba Objetivo-3 (Parte alta: San Salvador Parte baja: Calca)

Descripción		Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
		2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)		41.78	41.78	41.78	131.34	232.11	277.01
Periodo de retorno para mejora del río		2-años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años
Ancho del río (m)		55.43→55.43 (±0)					
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0.8	0.8	0.8
	Prom	0	0	0	1.6	2.4	2.7
	Max	0	0	0	2.0	4.0	4.0
Longitud del dique (km)		0	0	0	7.2	15.36	17.76
Velocidad promedio de flujo (m/s)		0.7	0.7	0.7	1.2	1.5	1.7
Ancho de corona de dique (m)		3	3	3	3	3	3
Gradiente de pendiente de dique (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)		0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.69 Río Urubamba Objetivo-4 (Parte alta: Urcos Parte baja: Urcos)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	36.88	36.88	36.88	142.09	238.80	289.56	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del río (m)	51.54→51.54 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0.8	0.8	1.3
	Prom	0	0	0	2.3	3.3	3.9
	Max	0	0	0	4.0	6.0	7.0
Longitud del dique (km)	0	0	0	15.84	22.56	24.96	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	0.5	0.5	0.5	1.1	1.4	1.5	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	3	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.70 Río Urubamba Objetivo-5 (Parte alta: Combapata Parte baja: Checacupe)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	29.11	29.11	106.19	188.00	238.52	313.75	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del río (m)	45.69→45.69 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0.6	0.8	0.8	1.2
	Prom	0	0	1.4	2.2	2.6	3.0
	Max	0	0	2.0	3.0	4.0	5.0
Longitud del dique (km)	0	0	3.0	5.0	6.0	7.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	0.4	0.4	0.8	1.0	1.1	1.2	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	3	3	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.71 Río Urubamba Objetivo-6 (Parte alta: Sicuani Parte baja: Marangani)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	27.97	27.97	100.60	187.38	237.09	300.23	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del río (m)	26.69→26.69 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0.60	0.60	0.60	0.60	0.80	0.80
	Prom	0.90	0.90	1.90	2.40	2.80	3.00
	Max	1.00	1.00	3.0	5.00	6.00	7.00
Longitud del dique (km)	2.40	2.40	12.48	24.48	27.36	34.56	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.3	1.3	2.0	2.6	2.8	3.1	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	3	3	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.30	0.30	0.30	0.40	0.50	0.50

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(5) Alternativa-2: Sección estándar del plan de mejora

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para afrontar una inundación en un período de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-2 es como se muestra en la siguiente figura.

Para otras ilustraciones correspondientes a otra escala de inundación, se muestran en el anexo 6-2.

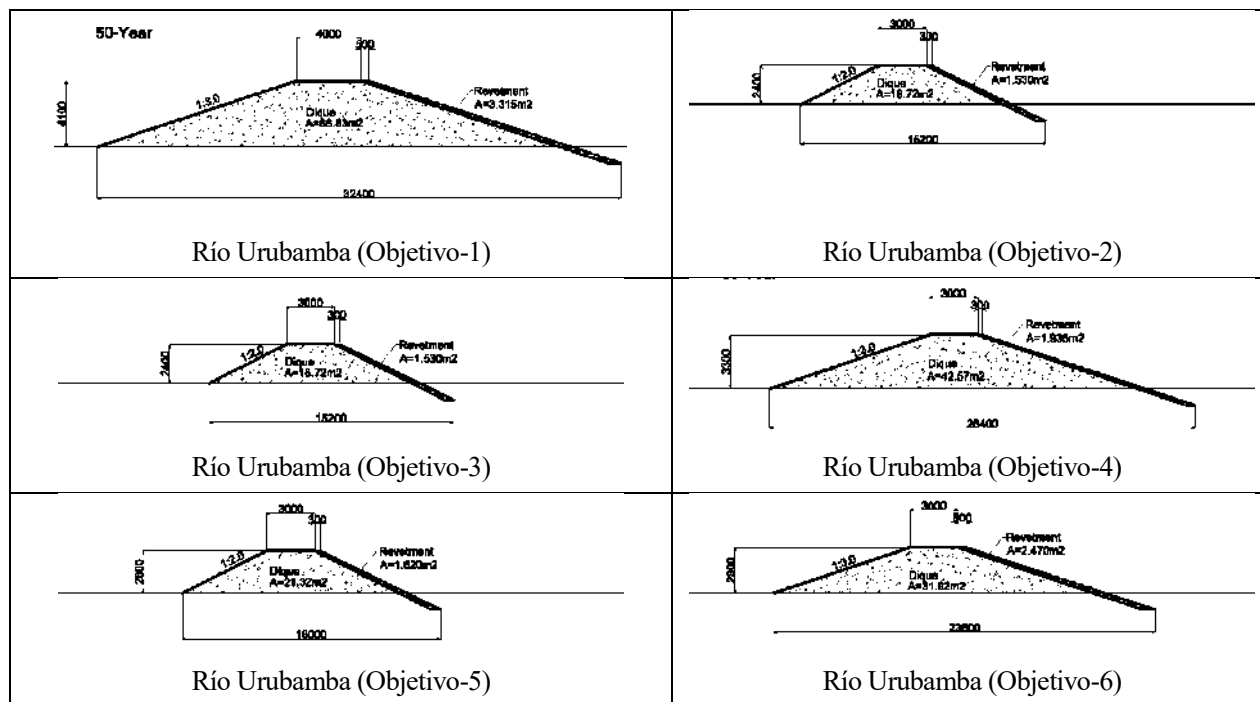


Figura 9.3.18 Corte Transversal Estándar para Plan de Mejoramiento de Río Urubamba (Alt-2: 50-años Periodo de Retorno)

(6) Sobre el impacto de prevención de socavación mediante la defensa ribereña en los tramos objeto de protección

Tanto la Alternativa 1 como la Alternativa 2 requieren de medidas puntuales aparte para los puntos críticos especificados por la ALA en los tramos indicados arriba. La construcción de los diques y de las obras de defensa ribereña no solo es efectiva para controlar las inundaciones, sino también para prevenir la socavación de las riberas.

Existen en total 29 puntos críticos en el río Urubamba, según el estudio ejecutado en 2014, de los cuales los puntos críticos incluidos en los tramos objetivo donde se propuso ejecutar el encauzamiento en el presente Estudio suman en total 18 puntos. Estos 18 puntos requieren de las medidas contra la socavación, debiendo considerar el costo y beneficio de la obra (adicional) de defensa ribereña.

9.3.7 Otras cuencas modelo

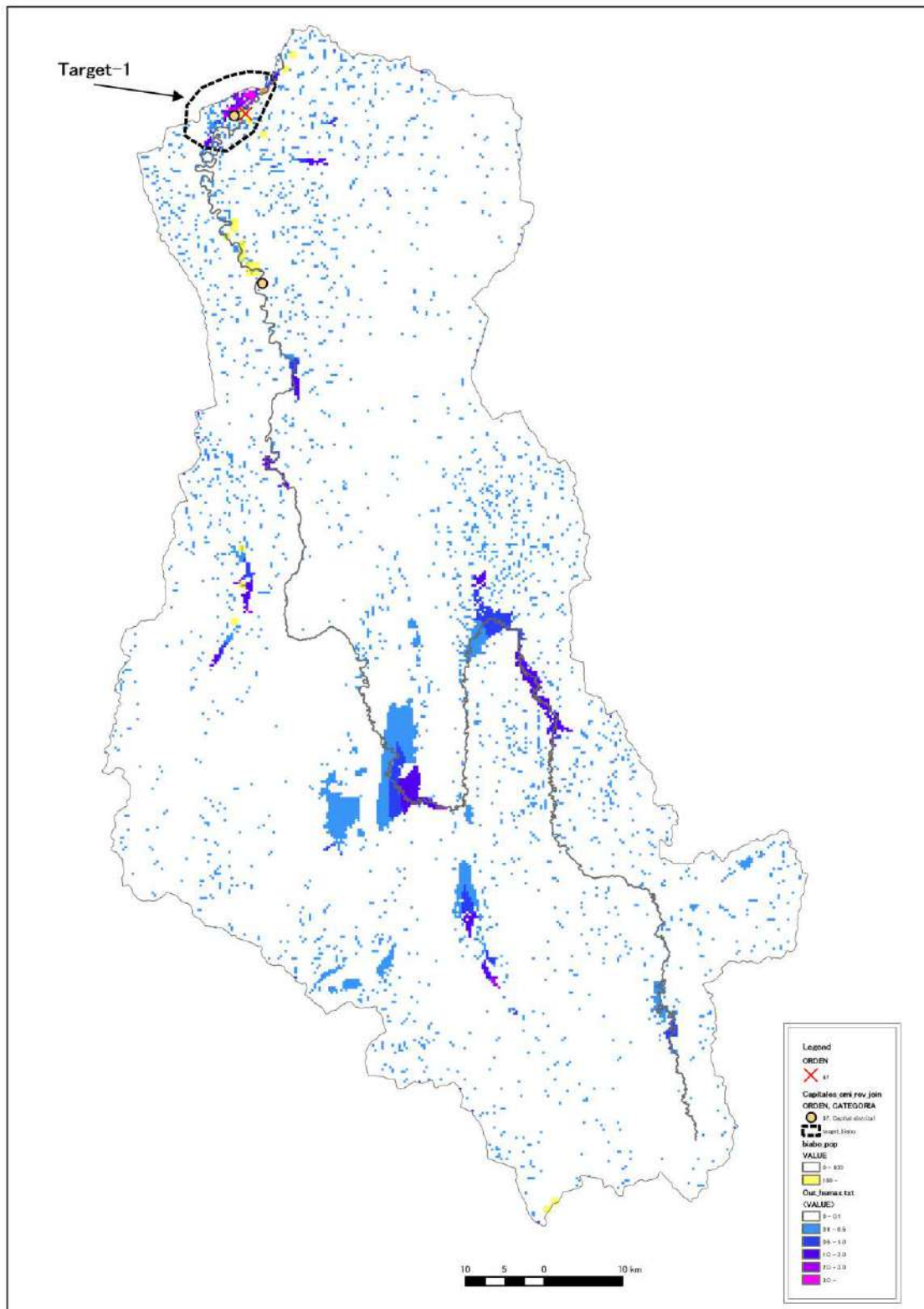
(1) Cuenca del río Biabo

En la Figura 9.3.1 se presenta el esquema del plan de medidas de mitigación de inundaciones en la cuenca del Río Biabo y sus áreas objetivos.

Asimismo, las medidas concretas contra inundaciones y la especificación de la construcción del dique (incluyendo la elevación del actual dique, etc.) se presentarán en tablas según las alternativas descritas en la Sección 9.1, y además, se mostrará la sección estándar del dique a construir entre otros.

(a) Designación de Área Objetivo para la Cuenca del Río Biabo

En la Figura 9.3.19 se presentan los resultados del análisis de escorrentía de la cuenca del río Biabo aplicando el Modelo RRI, así como las áreas a ser protegidas contra las inundaciones basándose en dichos resultados (tramos objetivo de control).



* La probabilidad de ocurrencia de inundación asumida en el mapa de inundacion de arriba es de 100 años de periodo de retorno

Figura 9.3.19 Selección de áreas objetivo en la cuenca del río biabo

(b) Alternativa-1: Resumen

En la Tabla 9.3.72 se presentan el caudal de control, la longitud requerida y las especificaciones de los diques y de las obras de defensa ribereña de cada una de las áreas objeto de protección del río Biabo de la Alternativa-1.

Tabla 9.3.72 Río Biabo Objetivo-1 (Parte alta: Bajo Biabo Parte baja: Bajo Biabo)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m³/s)	180	700	1,200	1,800	2,100	2,400	
Ancho del Río (m)	150→150 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.1+1.2)	1.3 (0.1+1.2)
	Prom	0	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.6 (0.6+1.0)	2.2 (1.0+1.2)	2.9 (1.7+1.2)
	Max	0	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	2.8 (1.8+1.0)	3.6 (2.4+1.2)	4.3 (3.1+1.2)
Longitud del dique (km)	0	0.5	2.0	6.0	10.0	11.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.36	2.44	2.68	2.95	3.17	3.28	
Ancho de corona de dique (m)	-	4	4	4	5	5	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	-	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(c) Alternativa-1: Sección estándar

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para afrontar una inundación en un periodo de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-1 es como se muestra en la siguiente figura.

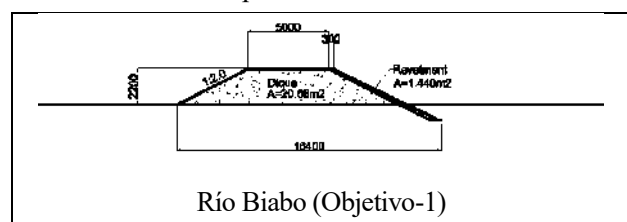


Figura 9.3.20 Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de río Biabo (Alt-1: 50-años periodo de retorno)

(d) Alternativa-2: Resumen

En las Tabla 9.3.73~Tabla 9.3.74 se presentan la capacidad requerida de la cuenca de retardo, el caudal de control, la longitud requerida y las especificaciones de los diques y de las obras de defensa ribereña de cada una de las áreas objeto de protección del río Mantaro de la Alternativa 2.

Tabla 9.3.73 Especificaciones de la cuenca de retardo del río Biabo en la Alternativa-2

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Volumen requerido por dique o cuenca de retardo (millón m³)	12.8	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2
Área requerida (has)	213	1287	1287	1287	1287	1287
Profundidad requerida (m)	6.0					

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.74 Río Biabo Objetivo-1 (Parte alta: Bajo Biabo Parte baja: Bajo Biabo)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m³/s)	180	180	700	1,200	1,800	2,100
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años
Ancho del río (m)	150→150 (±0)					

Descripción		Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
		2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.1+1.2)
	Prom	0	0	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.6 (0.6+1.0)	2.2 (1.0+1.2)
	Max	0	0	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	2.8 (1.8+1.0)	3.6 (2.4+1.2)
Longitud del dique (km)		0	0	0.5	2.0	6.0	10.0
Velocidad promedio de flujo (m/s)		1.36	1.36	2.44	2.68	2.95	3.17
Ancho de corona de dique (m)		-	-	4	4	4	5
Gradiente de pendiente de dique (V:H)		-	-	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)		0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(e) Alternativa-2: Sección estándar

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para afrontar una inundación en un período de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-2 es como se muestra en la siguiente figura.

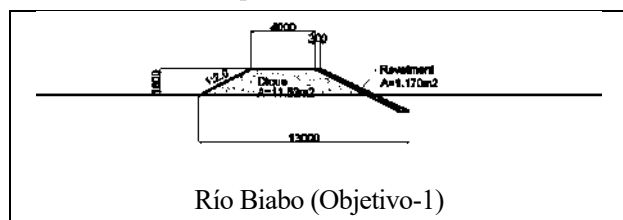


Figura 9.3.21 Corte Transversal Estándar para Plan de Mejoramiento de río Biabo (Alt-2: 50-años Periodo de Retorno)

(f) Sobre el impacto de prevención de socavación mediante la defensa ribereña en los tramos objeto de protección

Tanto la Alternativa 1 como la Alternativa 2 requieren de medidas puntuales aparte para los puntos críticos especificados por la ALA en los tramos indicados arriba. La construcción de los diques y de las obras de defensa ribereña no solo es efectiva para controlar las inundaciones, sino también para prevenir la socavación de las riberas.

Existe un punto crítico en el río Biabo, según el estudio ejecutado en 2014, el que se incluye en los tramos objeto. Por lo tanto, se considerará aparte el costo y beneficio de la obra (adicional) de defensa ribereña para este punto, como el tramo que requiere de las medidas de prevención de socavación.

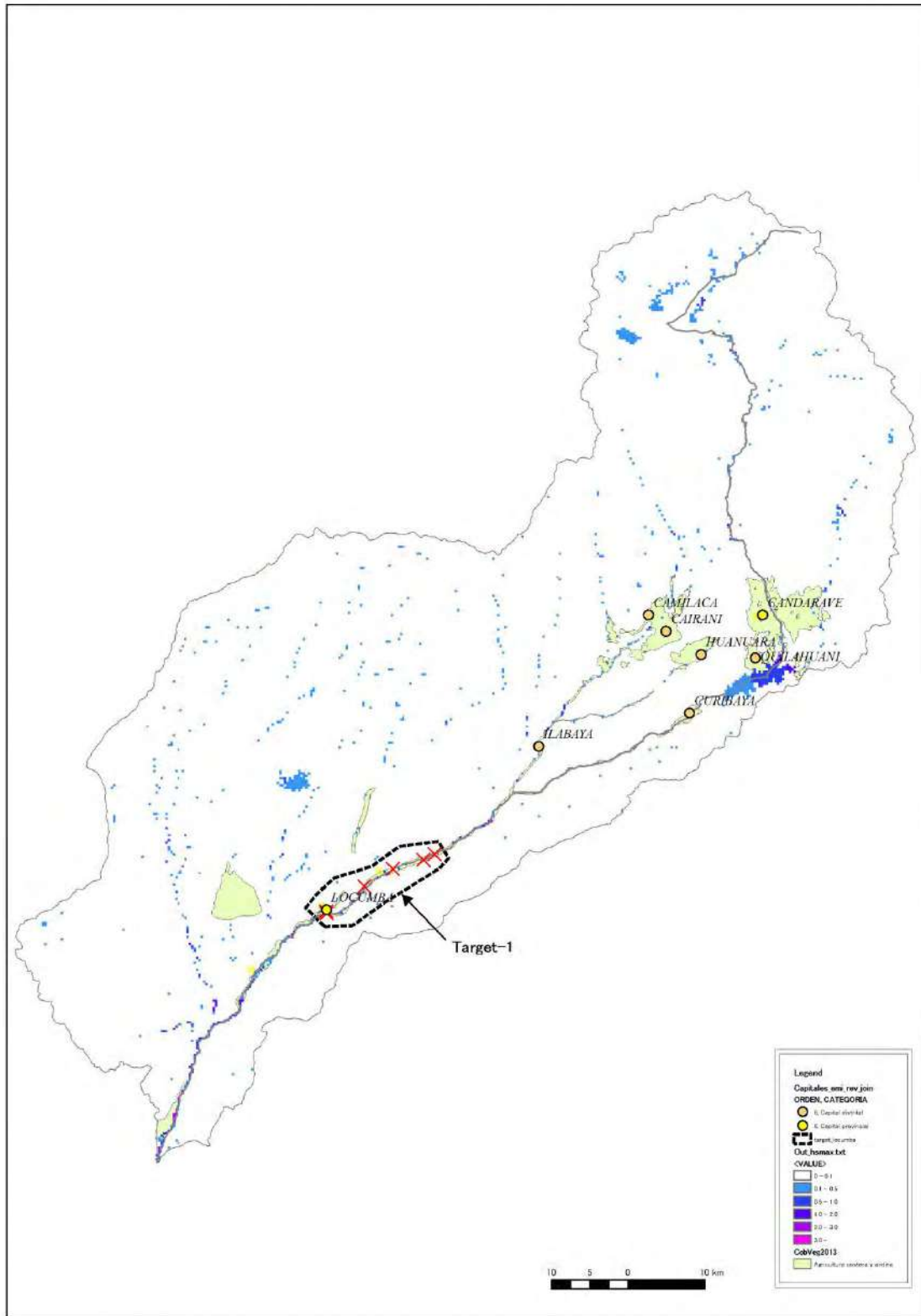
(2) Cuenca del río Locumba

En la Figura 9.3.22 se presenta el esquema del plan de medidas de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Locumba y sus áreas objetivos.

Asimismo, las medidas concretas contra inundaciones y la especificación de la construcción del dique (incluyendo la elevación del actual dique, etc.) se presentarán en tabla y además, se mostrará la sección estándar del dique a construir entre otros.

(a) Designación de áreas objetivo para la cuenca del río Locumba

En la Figura 9.3.22 se presentan los resultados del análisis de escorrentía de la cuenca del río Locumba aplicando el Modelo RRI, así como las áreas a ser protegidas contra las inundaciones basándose en dichos resultados (tramos objetivo de control).



* La probabilidad de ocurrencia de inundación asumida en el mapa de inundación de arriba es de 100 años de periodo de retorno.

Figura 9.3.22 Selección de Áreas Objetivo en la Cuenca del Río Locumba

(b) Alternativa-1: Resumen

En la Tabla 9.3.75 se presentan el caudal de control, la longitud requerida y las especificaciones de los diques y de las obras de defensa ribereña de cada una de las áreas objeto de protección del río Locumba de la Alternativa-1.

Tabla 9.3.75 Río Locumba Objetivo-1 (Parte alta: Locumba Parte baja: Locumba)

Descripción		Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
		2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)		70	150	170	190	270	320
Ancho del río (m)		20→20 (±0)					
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0.7 (0.1+0.6)	0.7 (0.1+0.6)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)
	Prom	0	0	0.7 (0.1+0.6)	0.7 (0.1+0.6)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)
	Max	0	0	0.7 (0.1+0.6)	0.7 (0.1+0.6)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)
Longitud del dique (km)		0	0	0.3	0.6	1.0	2.0
Velocidad promedio de flujo (m/s)		2.94	4.06	4.32	4.52	5.17	5.56
Ancho de corona de dique (m)		-	-	3	3	3	3
Gradiente de pendiente de dique (V:H)		1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)		0.5	0.9	1.0	1.1	1.4	1.6

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(c) Alternativa-1: Sección estándar

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para afrontar una inundación en un período de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-1 es como se muestra en la siguiente figura.

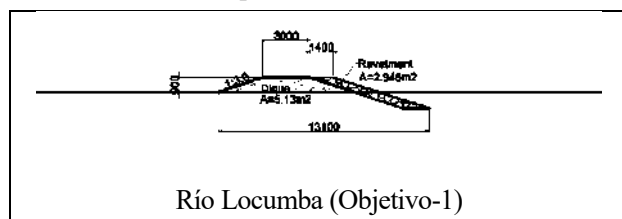


Figura 9.3.23 Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de río locumba (alt-1: 50-años periodo de retorno)

(d) Sobre el impacto de prevención de socavación mediante la defensa ribereña en los tramos objeto de protección

El tramo mencionado requiere de medidas puntuales aparte como el punto crítico identificado por la ALA. La construcción de los diques y de las obras de defensa ribereña no solo es efectiva para controlar las inundaciones, sino también para prevenir la socavación de las riberas.

Existen en total 9 puntos críticos en el río Locumba, según el estudio ejecutado en 2014, de los cuales los puntos críticos incluidos en el tramo a ser mejorado según el presente Estudio suman en total 6 puntos. Estos 6 puntos requieren de las medidas contra la socavación, debiendo considerar el costo y beneficio de la obra (adicional) de defensa ribereña.

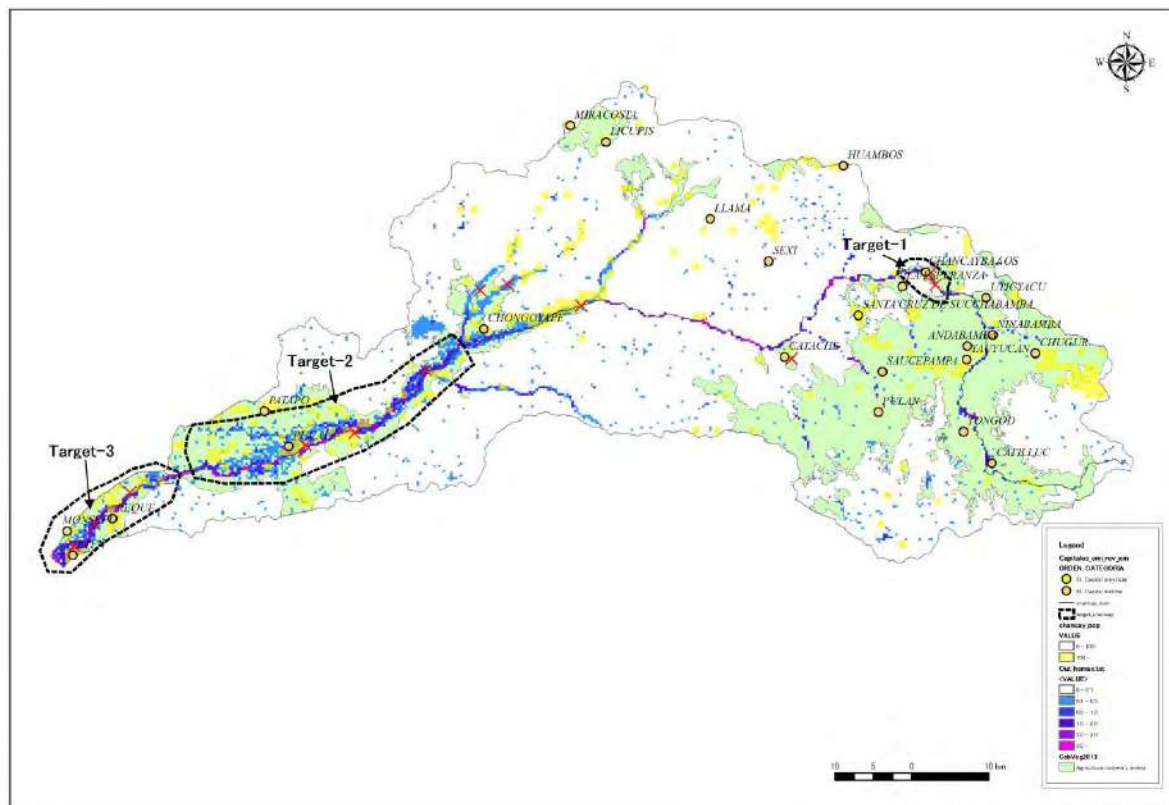
(3) Cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque

En la Figura 9.3.24 se presenta el esquema del plan de medidas de mitigación de inundaciones en la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque y sus áreas objetivos.

Asimismo, las medidas concretas contra inundaciones y la especificación de la construcción del dique (incluyendo la elevación del actual dique, etc.) se presentarán en tablas según las alternativas descritas en la Sección 9.1, y además, se mostrará la sección estándar del dique a construir entre otros.

(a) Designación de áreas objetivo para la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque

En la Figura 9.3.24 se presentan los resultados del análisis de escorrentía de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque aplicando el Modelo RRI, así como las áreas a ser protegidas contra las inundaciones basándose en dichos resultados (tramos objetivo de control).



* La probabilidad de ocurrencia de inundación asumida en el mapa de inundacion de arriba es de 100 años de periodo de retorno

Figura 9.3.24 Selección de áreas objetivo en la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque

(b) Alternativa-1: Resumen

En las Tabla 9.3.76~Tabla 9.3.78 se presentan el caudal de control, la longitud requerida y las especificaciones de los diques y de las obras de defensa ribereña de cada una de las áreas objeto de protección de los ríos Chancay-Lambayeque de la Alternativa-1.

Tabla 9.3.76 Objetivo-1(Parte alta: Distrito La Esperanza Parte baja: Distrito Chancayba)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	290	360	450	560	620	730	
Ancho del río (m)	60 → 60 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)

Descripción		Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
		2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
	Prom	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)
	Max	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	1.2 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.3 (0.3+1.0)
Longitud del dique (km)		0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	4.0
Velocidad promedio de flujo (m/s)		2.62	2.85	3.11	3.35	3.45	3.65
Ancho de corona de dique (m)		3	3	3	4	4	4
Gradiente de pendiente de dique (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)		0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.77 Objetivo -2 (Parte alta: Distrito Chongoyape Parte baja: Distrito Saña)

Descripción		Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
		2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)		860	1,200	1,400	1,800	1,900	2,100
Ancho del río (m)		100 → 100 (±0)					
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.1+1.2)
	Prom	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.5 (0.5+1.0)	1.6 (0.6+1.0)	2.0 (0.8+1.2)
	Max	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.7 (0.7+1.0)	2.1 (1.1+1.0)	2.6 (1.6+1.0)	3.7 (2.5+1.2)
Longitud del dique (km)		2.0	8.0	16.0	25.0	31.0	35.0
Velocidad promedio de flujo (m/s)		2.81	3.13	3.44	3.78	3.92	4.11
Ancho de corona de dique (m)		4	4	4	4	4	5
Gradiente de pendiente de dique (V:H)		1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)		0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.78 Objetivo -3 (Parte alta: Distrito Reque Parte baja: Distrito Eten)

Descripción		Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
		2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)		840	1,100	1,300	1,500	1,600	1,800
Ancho del río (m)		100 → 100 (±0)					
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)
	Prom	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	1.8 (0.8+1.0)	2.0 (1.0+1.0)	2.3 (1.3+1.0)
	Max	1.1 (0.1+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	2.0 (1.0+1.0)	2.7 (1.7+1.0)	3.0 (2.0+1.0)	3.5 (2.5+1.0)
Longitud del dique (km)		1.0	4.0	6.0	9.0	12.0	14.0
Velocidad promedio de flujo (m/s)		2.06	2.19	2.33	2.50	2.58	2.67
Ancho de corona de dique (m)		4	4	4	4	4	4
Gradiente de pendiente de dique (V:H)		1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)		0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(c) Alternativa-1: Sección estándar

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para afrontar una inundación en un período de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-1 es como se muestra en la siguiente figura.

Para otras ilustraciones correspondientes a otra escala de inundación, se muestran en el anexo 6-1.

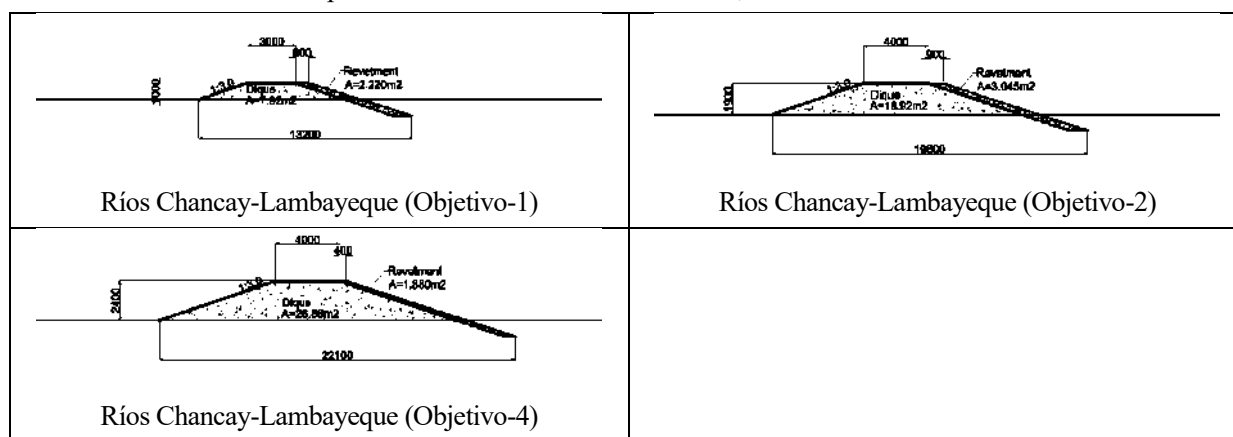


Figura 9.3.25 Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de los ríos Chancay-Lambayeque (Alt-1: 50-años Periodo de Retorno)

(d) Alternativa-2: Resumen

En las Tabla 9.3.79~Tabla 9.3.82 se presentan la capacidad requerida de la cuenca de retardo, el caudal de control, la longitud requerida y las especificaciones de los diques y de las obras de defensa ribereña de cada una de las áreas objeto de protección de los ríos Chancay-Lambayeque de la Alternativa 2.

Tabla 9.3.79 Especificaciones de la cuenca de retardo de los ríos Chancay-Lambayeque en la Alternativa-2

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Volumen requerido por dique o cuenca de retardo (millón m³)	5	10	10	10	10	10
Área requerida (has)	300	350	350	350	350	350
Profundidad requerida (m)	3.0					

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.80 Objetivo-1(Pate alta: Distrito La Esperanza Parte baja: Distrito Chancayba)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m³/s)	290	360	450	560	620	730	
Ancho del río (m)	60 → 60 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)
	Prom	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)
	Max	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	1.2 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.3 (0.3+1.0)
Longitud del dique (km)	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	4.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	2.62	2.85	3.11	3.35	3.45	3.65	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	4	4	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.81 Objetivo -2 (Pate alta: Distrito Chongoyape Parte baja: Distrito Saña)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	860	860	1,200	1,400	1,800	1,900	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del río (m)	100 → 100 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)
	Prom	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.5 (0.5+1.0)	1.6 (0.6+1.0)
	Max	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.3 (0.3+1.0)	1.7 (0.7+1.0)	2.1 (1.1+1.0)	2.6 (1.6+1.0)
Longitud del dique (km)	2.0	2.0	8.0	16.0	25.0	31.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	2.81	2.81	3.13	3.44	3.78	3.92	
Ancho de corona de dique (m)	4	4	4	4	4	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.82 Objetivo-3 (Pate alta: Distrito Reque Parte baja: Distrito Eten)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	840	840	1,100	1,300	1,500	1,600	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2- años	5- años	10- años	25- años	50- años	
Ancho del río (m)	100 → 100 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)
	Prom	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	1.8 (0.8+1.0)	2.0 (1.0+1.0)
	Max	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.4 (0.4+1.0)	2.0 (1.0+1.0)	2.7 (1.7+1.0)	3.0 (2.0+1.0)
Longitud del dique (km)	1.0	1.0	4.0	6.0	9.0	12.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	2.06	2.06	2.19	2.33	2.50	2.58	
Ancho de corona de dique (m)	4	4	4	4	4	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(e) Alternativa-2: Sección estándar

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para afrontar una inundación en un período de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-2 es como se muestra en la siguiente figura. Para otras ilustraciones correspondientes a otra escala de inundación, se muestran en el anexo 6-1.

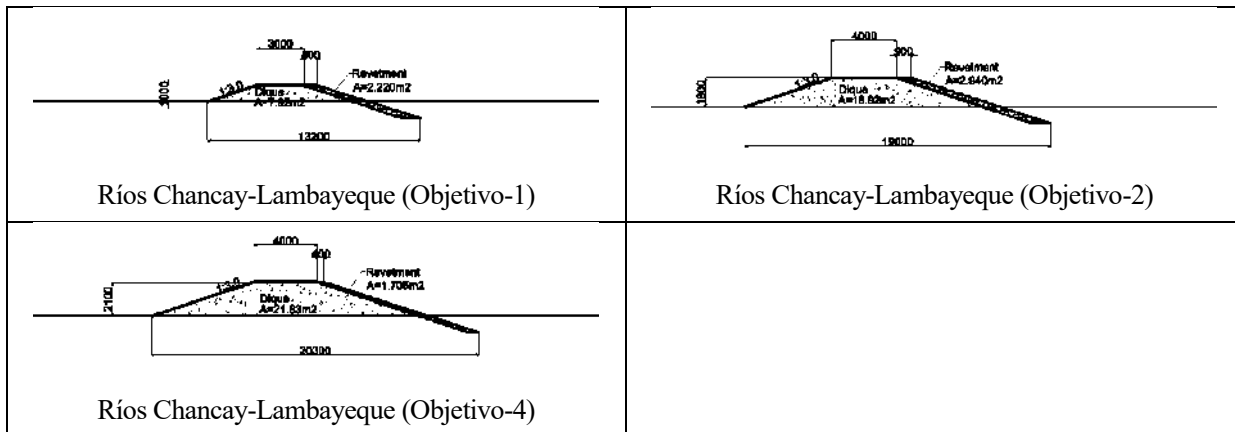


Figura 9.3.26 Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de los ríos Chancay-Lambayeque (Alt-2: 50-años Periodo de Retorno)

(f) Sobre el impacto de prevención de socavación mediante la defensa ribereña en los tramos objeto de protección

Tanto la Alternativa 1 como la Alternativa 2 requieren de medidas puntuales aparte para los puntos críticos especificados por la ALA en los tramos indicados arriba. La construcción de los diques y de las obras de defensa ribereña no solo es efectiva para controlar las inundaciones, sino también para prevenir la socavación de las riberas.

Existen en total 12 puntos críticos en los ríos Chancay-Lambayeque, según el estudio ejecutado en 2014, de los cuales los puntos críticos incluidos en los tramos propuestos a ser mejorado por el presente Estudio suman en total 8 puntos. Estos 8 puntos requieren de las medidas contra la socavación, debiendo considerar el costo y beneficio de la obra (adicional) de defensa ribereña.

(4) Cuenca del río Nanay

En la Figura 9.3.27 se presenta el esquema del plan de medidas de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Nanay y sus áreas objetivos.

Asimismo, las medidas concretas contra inundaciones y la especificación de la construcción del dique (incluyendo la elevación del actual dique, etc.) se presentarán en tablas según las alternativas descritas en la Sección 9.1, y además, se mostrará la sección estándar del dique a construir entre otros.

(b) Alternativa-1: Resumen

En la Tabla 9.3.83 se presentan el caudal de control, la longitud requerida y las especificaciones de los diques y de las obras de defensa ribereña de cada una de las áreas objeto de protección del río Nanay de la Alternativa-1.

Tabla 9.3.83 Río Nanay Objetivo-1 (Parte alta: Iquitos Parte baja: Iquitos)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	1,400	1,600	1,700	1,800	2,200	2,300	
Ancho del río (m)	60→60 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.2 (0.2+1.0)	1.8 (0.8+1.0)	1.8 (0.8+1.0)	1.8 (0.8+1.0)	2.3 (1.1+1.2)	2.6 (1.4+1.2)
	Prom	2.1 (1.1+1.0)	2.6 (1.6+1.0)	2.8 (1.8+1.0)	3.3 (+1.0)	3.7 (2.5+1.2)	3.9 (2.7+1.2)
	Max	3.1 (2.1+1.0)	3.7 (2.7+1.0)	4.0 (3.0+1.0)	4.3 (3.3+1.0)	4.7 (3.5+1.2)	4.9 (3.7+1.2)
Longitud del dique (km)	17.5	17.5	18.0	18.0	18.0	18.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.33	1.64	1.69	1.79	2.13	2.21	
Ancho de corona de dique (m)	4	4	4	4	5	5	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(c) Alternativa-1: Sección estándar

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para afrontar una inundación en un período de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-1 es como se muestra en la siguiente figura.

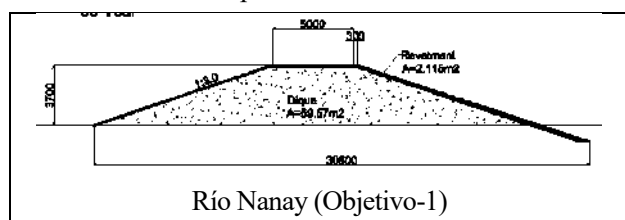


Figura 9.3.28 Corte Transversal estándar para plan de mejoramiento de río Nanay (Alt-1: 50-años Periodo de Retorno)

(d) Alternativa-2: Resumen

En la Tabla 9.3.84 se presentan las especificaciones de desplazamiento de las viviendas para la Alternativa-2 del Río Nanay.

Tabla 9.3.84 Características de la reubicación de viviendas en la Alternativa-2 para la mejora de la cuenca del río Nanay

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Número calculado de personas a ser reubicadas	7,530	7,837	12,067	13,941	19,812	21,522
Número estimado de hogares a ser reubicados	1,883	1,960	3,017	3,486	4,953	5,381

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.85 Río Nanay Objetivo-1 (Parte alta: Iquitos Parte baja: Iquitos)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)	1,400	1,600	1,700	1,800	2,200	2,300
Ancho del río (m)	60→60 (±0)					
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0	0	0	0	0
	Prom	0	0	0	0	0
	Max	0	0	0	0	0
Longitud del dique (km)	0	0	0	0	0	0
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.33	1.64	1.69	1.79	2.13	2.21
Ancho de corona de dique (m)	-	-	-	-	-	-
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	-	-	-	-	-	-
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(e) Alternativa-2: Sección estándar

Respecto a la Alternativa-2 del río Nanay, no se efectuará la mejora del río sino que se trata de un proyecto de traslado de habitantes que viven en las áreas que siempre sufren inundaciones. Por consiguiente, no existe el plan de mejora del río.

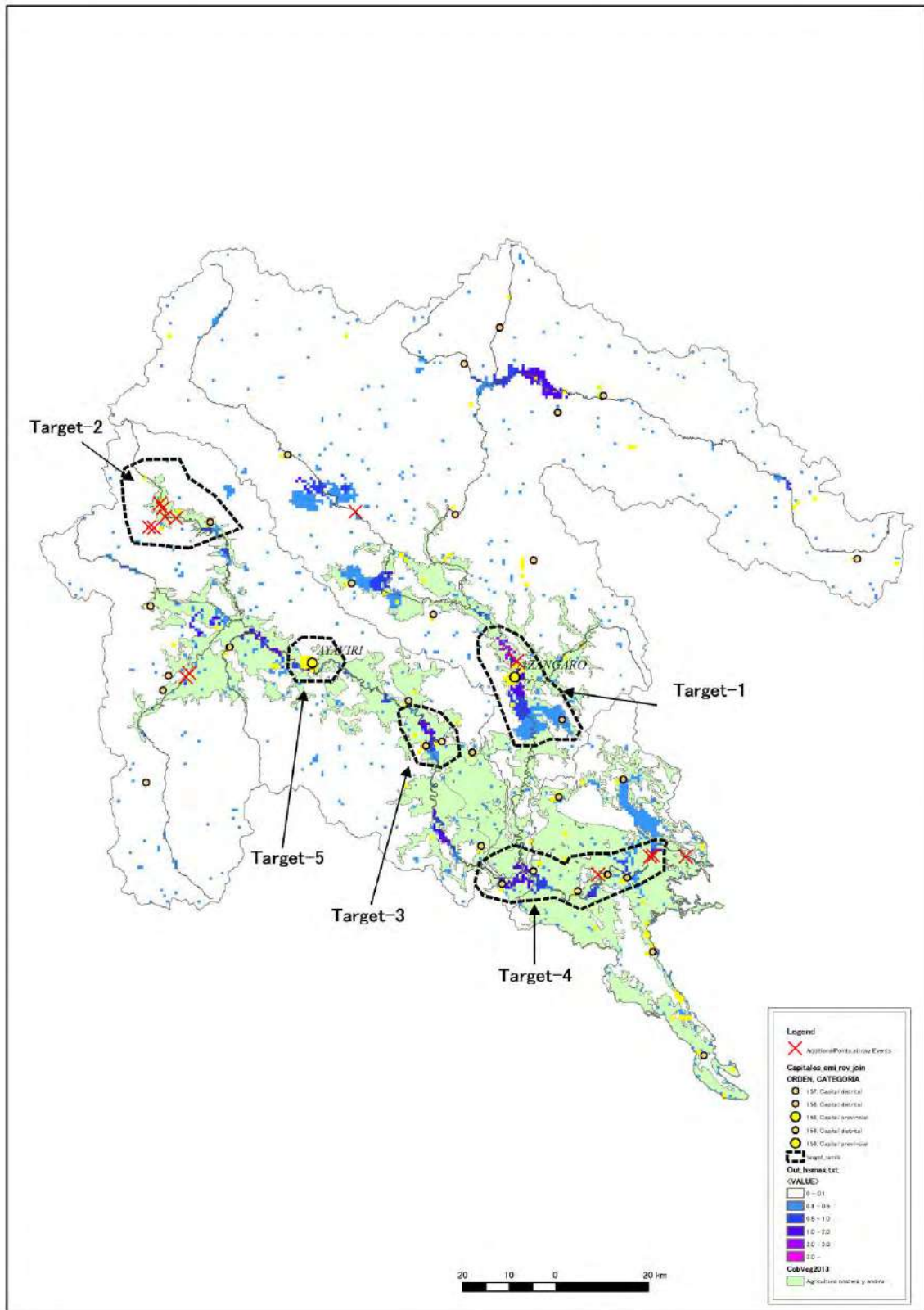
(5) Cuenca del río Ramis

En la Figura 9.3.29 se presenta el esquema del plan de medidas de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Ramis y sus áreas objetivos.

Asimismo, las medidas concretas contra inundaciones y la especificación de la construcción del dique (incluyendo la elevación del actual dique, etc.) se presentarán en tablas según las alternativas descritas en la Sección 9.1, y además, se mostrará la sección estándar del dique a construir entre otros.

(a) Designación de áreas objetivo para la cuenca del río Ramis

En la Figura 9.3.29 se presentan los resultados del análisis de escorrentía de la cuenca del río Ramis aplicando el Modelo RRI, así como las áreas a ser protegidas contra las inundaciones basándose en dichos resultados (tramos objetivo de control).



* La probabilidad de ocurrencia de inundación asumida en el mapa de inundacion de arriba es de 100 años de periodo de retorno

Figura 9.3.29 Selección de áreas objetivo en la cuenca del río Ramis

(b) Alternativa-1: Resumen

En las Tabla 9.3.86~Tabla 9.3.90 se presentan el caudal de control, la longitud requerida y las especificaciones de los diques y de las obras de defensa ribereña de cada una de las áreas objeto de protección del río Ramis de la Alternativa-1.

Tabla 9.3.86 Objetivo-1 (Parte alta: Distrito Azangaro Parte baja: Distrito Santiago de Pupuja)

Descripción		Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
		2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)		460	570	600	640	680	790
Ancho del río (m)		90 → 90 (±0)					
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0.9 (0.1+0.8)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)
	Prom	1.7 (0.9+0.8)	3.2 (2.2+1.0)	3.4 (2.4+1.0)	3.6 (2.6+1.0)	4.0 (3.0+1.0)	4.4 (3.4+1.0)
	Max	3.5 (2.7+0.8)	5.2 (4.2+1.0)	5.3 (4.3+1.0)	5.5 (4.5+1.0)	6.1 (5.1+1.0)	6.7 (5.7+1.0)
Longitud del dique (km)		12.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0
Velocidad promedio de flujo (m/s)		1.41	1.79	1.97	2.02	2.06	2.08
Ancho de corona de dique (m)		3	4	4	4	4	4
Gradiente de pendiente de dique (V:H)		1:2.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0	1:3.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.87 Objetivo -2 (Parte alta: Distrito Santa Rosa Parte baja: Distrito Santa Rosa)

Descripción		Probabilidad de Inundación (Periodo de Retorno)					
		2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)		75	90	95	105	110	120
Ancho del río (m)		15 → 15 (±0)					
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0.7 (0.1+0.6)	0.7 (0.1+0.6)	0.7 (0.1+0.6)	0.7 (0.1+0.6)	0.9 (0.3+0.6)	1.1 (0.5+0.6)
	Prom	0.7 (0.1+0.6)	1.0 (0.4+0.6)	1.1 (0.5+0.6)	1.1 (0.5+0.6)	1.4 (0.8+0.6)	1.7 (1.1+0.6)
	Max	0.8 (0.2+0.6)	1.4 (0.8+0.6)	1.5 (0.9+0.6)	1.6 (1.0+0.6)	1.8 (1.2+0.6)	2.3 (1.7+0.6)
Longitud del dique (km)		3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0
Velocidad promedio de flujo (m/s)		3.28	3.97	4.00	4.06	4.26	4.50
Ancho de corona de dique (m)		3	3	3	3	3	3
Gradiente de pendiente de dique (V:H)		1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.88 Objetivo -3 (Parte alta: Distrito Tirapata Parte baja: Distrito Jose Domingo Choquehuanca)

Descripción		Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
		2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Descarga (m ³ /s)		370	460	480	500	530	560
Ancho del río (m)		70 → 70 (±0)					
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)
	Prom	1.3 (0.5+0.8)	1.8 (1.0+0.8)	1.8 (1.0+0.8)	2.2 (1.2+1.0)	2.5 (1.5+1.0)	2.8 (1.8+1.0)
	Max	1.9 (1.1+0.8)	3.1 (2.3+0.8)	3.2 (2.4+0.8)	3.7 (2.7+1.0)	4.1 (3.1+1.0)	4.6 (3.6+1.0)
Longitud del dique (km)		4.0	8.0	12.0	14.0	15.0	15.0
Velocidad promedio de flujo (m/s)		2.47	2.73	2.81	2.84	2.96	3.07

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	3	3
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.89 Objetivo -4 (Parte alta: Distrito Achaya Parte baja: Distrito Taraco)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	660	820	850	900	980	1,050	
Ancho del río (m)	140 → 140 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.2 (0.2+1.0)	1.2 (0.2+1.0)
	Prom	1.6 (0.6+1.0)	2.3 (1.3+1.0)	2.4 (1.4+1.0)	2.6 (1.6+1.0)	2.8 (1.8+1.0)	3.1 (2.1+1.0)
	Max	2.4 (1.4+1.0)	4.0 (3.0+1.0)	4.2 (3.2+1.0)	4.5 (3.5+1.0)	4.9 (3.9+1.0)	5.4 (4.4+1.0)
Longitud del dique (km)	3.0	7.0	15.0	18.0	19.0	20.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.75	1.93	2.00	2.03	2.11	2.18	
Ancho de corona de dique (m)	4	4	4	4	4	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.90 Objetivo -5 (Parte alta: Distrito Ayaviri Parte baja: Distrito Ayaviri)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	370	440	450	470	490	530	
Ancho del río (m)	60 → 60 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	1.0 (0.2+0.8)	1.4 (0.6+0.8)	1.8 (0.8+1.0)
	Prom	1.2 (0.4+0.8)	1.8 (1.0+0.8)	1.8 (1.0+0.8)	2.0 (1.2+0.8)	2.4 (1.6+0.8)	2.9 (1.9+1.0)
	Max	1.4 (0.6+0.8)	2.7 (1.9+0.8)	2.8 (2.0+0.8)	3.0 (2.2+0.8)	3.3 (2.5+0.8)	3.9 (2.9+1.0)
Longitud del dique (km)	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	2.76	3.01	3.04	3.10	3.22	3.32	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	3	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(c) Alternativa-1: Sección estándar

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para afrontar una inundación en un período de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-1 es como se muestra en la siguiente figura. Para otras ilustraciones correspondientes a otra escala de inundación, se muestran en el anexo 6-1.

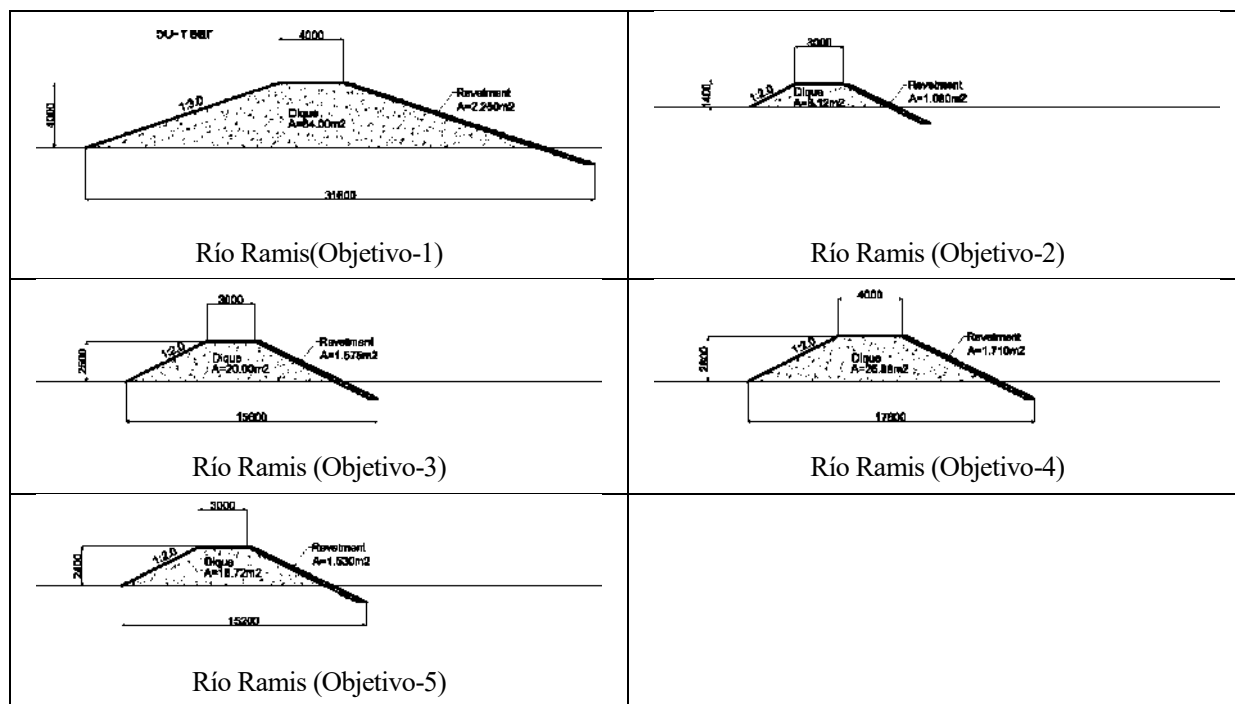


Figura 9.3.30 Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de río Ramis (Alt-1: 50-años periodo de retorno)

(d) Alternativa-2: Resumen

En las Tabla 9.3.91~Tabla 9.3.96 se presentan la capacidad requerida de la cuenca de retardo, el caudal de control, la longitud requerida y las especificaciones de los diques y de las obras de defensa ribereña de cada una de las áreas objeto de protección del río Ramis de la Alternativa -2.

Tabla 9.3.91 Especificaciones de la cuenca de retardo del río Ramis en la Alternativa-2

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Volumen requerido para el dique o la cuenta de retardo (millón m ³)	(67.3+33.8)	(72.2+57.2)	(72.2+57.8)	(72.2+57.8)	(72.2+57.8)	(72.2+57.8)
Espacio necesario (RB-1 & 2) (has)	1,445 x 2 Basins					
Profundidad requerida (RB-1) (m)	4.7	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Profundidad requerida (RB-2) (m)	2.3	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.92 Objetivo -1 (Parte alta: Distrito Azangaro to Parte baja: Distrito Santiago de Pupuja)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	460	460	460	460	570	570	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2-años	2-años	2-años	5- años	5- años	
Ancho del río (m)	90 → 90 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)
	Prom	1.7 (0.9+0.8)	1.7 (0.9+0.8)	1.7 (0.9+0.8)	1.7 (0.9+0.8)	3.2 (2.2+1.0)	3.2 (2.2+1.0)
	Max	3.5 (2.7+0.8)	3.5 (2.7+0.8)	3.5 (2.7+0.8)	3.5 (2.7+0.8)	5.2 (4.2+1.0)	5.2 (4.2+1.0)
Longitud del dique (km)	12.0	12.0	12.0	12.0	18.0	18.0	

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)					
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.41	1.41	1.41	1.41	1.79	1.79
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	4	4
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:3.0	1:3.0
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.93 Objetivo -2 (Parte alta: Distrito Santa Rosa Parte baja: Distrito Santa Rosa)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	75	90	95	105	110	120	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Ancho del río (m)	15 → 15 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0.7 (0.1+0.6)	0.7 (0.1+0.6)	0.7 (0.1+0.6)	0.7 (0.1+0.6)	0.9 (0.3+0.6)	1.1 (0.5+0.6)
	Prom	0.7 (0.1+0.6)	1.0 (0.4+0.6)	1.1 (0.5+0.6)	1.1 (0.5+0.6)	1.4 (0.8+0.6)	1.7 (1.1+0.6)
	Max	0.8 (0.2+0.6)	1.4 (0.8+0.6)	1.5 (0.9+0.6)	1.6 (1.0+0.6)	1.8 (1.2+0.6)	2.3 (1.7+0.6)
Longitud del dique (km)	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	3.28	3.97	4.00	4.06	4.26	4.50	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	3	3	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.94 Objetivo -3 (Parte alta: Distrito Tirapata Parte baja: Distrito Jose Domingo Choquehuanca)

Descripción	Probabilidad de Inundación (Periodo de Retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	370	370	370	370	370	460	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2-años	2-años	2-años	2-años	5- añosv	
Ancho del río (m)	70 → 70 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)
	Prom	1.3 (0.5+0.8)	1.3 (0.5+0.8)	1.3 (0.5+0.8)	1.3 (0.5+0.8)	1.3 (0.5+0.8)	1.8 (1.0+0.8)
	Max	1.9 (1.1+0.8)	1.9 (1.1+0.8)	1.9 (1.1+0.8)	1.9 (1.1+0.8)	1.9 (1.1+0.8)	3.1 (2.3+0.8)
Longitud del dique (km)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	8.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.73	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	3	3	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.95 Objetivo -4 (Parte alta: Distrito Achaya Parte baja: Distrito Taraco)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	660	660	660	660	820	820	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2-años	2-años	2-años	5- años	5- años	
Ancho del río (m)	140 → 140 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)	1.1 (0.1+1.0)
	Prom	1.6 (0.6+1.0)	1.6 (0.6+1.0)	1.6 (0.6+1.0)	1.6 (0.6+1.0)	2.3 (1.3+1.0)	2.3 (1.3+1.0)
	Max	2.4 (1.4+1.0)	2.4 (1.4+1.0)	2.4 (1.4+1.0)	2.4 (1.4+1.0)	4.0 (3.0+1.0)	4.0 (3.0+1.0)
Longitud del dique (km)	3.0	3.0	3.0	3.0	7.0	7.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	1.75	1.75	1.75	1.75	1.93	1.93	
Ancho de corona de dique (m)	4	4	4	4	4	4	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 9.3.96 Objetivo -5 (Parte alta: Distrito Ayaviri Parte baja: Distrito Ayaviri)

Descripción	Probabilidad de inundación (periodo de retorno)						
	2-años	5- años	10- años	25- años	50- años	100- años	
Descarga (m ³ /s)	370	370	370	370	370	440	
Periodo de retorno para mejora del río	2-años	2-años	2-años	2-años	2-años	5- años	
Ancho del Río (m)	60 → 60 (±0)						
Altura del dique (m) (W.L + Borde Libre)	Min	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)	0.9 (0.1+0.8)
	Prom	1.2 (0.4+0.8)	1.2 (0.4+0.8)	1.2 (0.4+0.8)	1.2 (0.4+0.8)	1.2 (0.4+0.8)	1.8 (1.0+0.8)
	Max	1.4 (0.6+0.8)	1.4 (0.6+0.8)	1.4 (0.6+0.8)	1.4 (0.6+0.8)	1.4 (0.6+0.8)	2.7 (1.9+0.8)
Longitud del dique (km)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	
Velocidad promedio de flujo (m/s)	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	3.01	
Ancho de corona de dique (m)	3	3	3	3	3	3	
Gradiente de pendiente de dique (V:H)	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	1:2.0	
Diámetro requerido del revestimiento (m)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(e) Alternativa-2: Sección estándar

El diseño propuesto de las secciones transversales del dique según la meta de la cuenca de río necesaria para afrontar una inundación en un período de retorno de 50 años en el caso de la Alternativa-2 es como se muestra en la siguiente figura. Para otras ilustraciones correspondientes a otra escala de inundación, se muestran en el anexo 6-2.

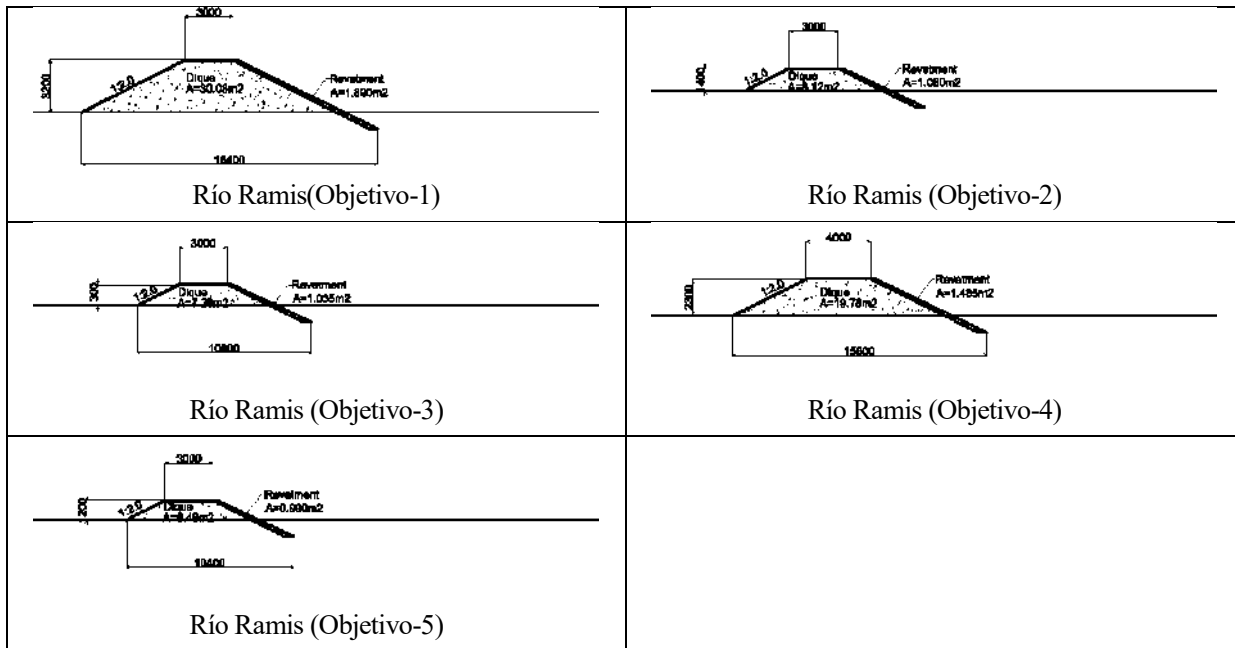


Figura 9.3.31 Corte transversal estándar para plan de mejoramiento de río Ramis (Alt-2: 50-años periodo de retorno)

(f) Sobre el impacto de prevención de socavación mediante la defensa ribereña en los tramos objeto de protección

Tanto la Alternativa 1 como la Alternativa 2 requieren de medidas puntuales aparte para los puntos críticos especificados por la ALA en los tramos indicados arriba. La construcción de los diques y de las obras de defensa ribereña no solo es efectiva para controlar las inundaciones, sino también para prevenir la socavación de las riberas.

Existen en total 14 puntos críticos en el río Ramis, según el estudio ejecutado en 2014, de los cuales los puntos críticos incluidos en los tramos a ser mejorados según el presente Estudio suman en total 10 puntos. Estos 10 puntos requieren de las medidas contra la socavación, debiendo considerar el costo y beneficio de la obra (adicional) de defensa ribereña.

Capítulo 10 Evaluación del Borrador de las Medidas de Mitigación de Inundaciones para Cuencas de Ríos Modelo/Prioritarias

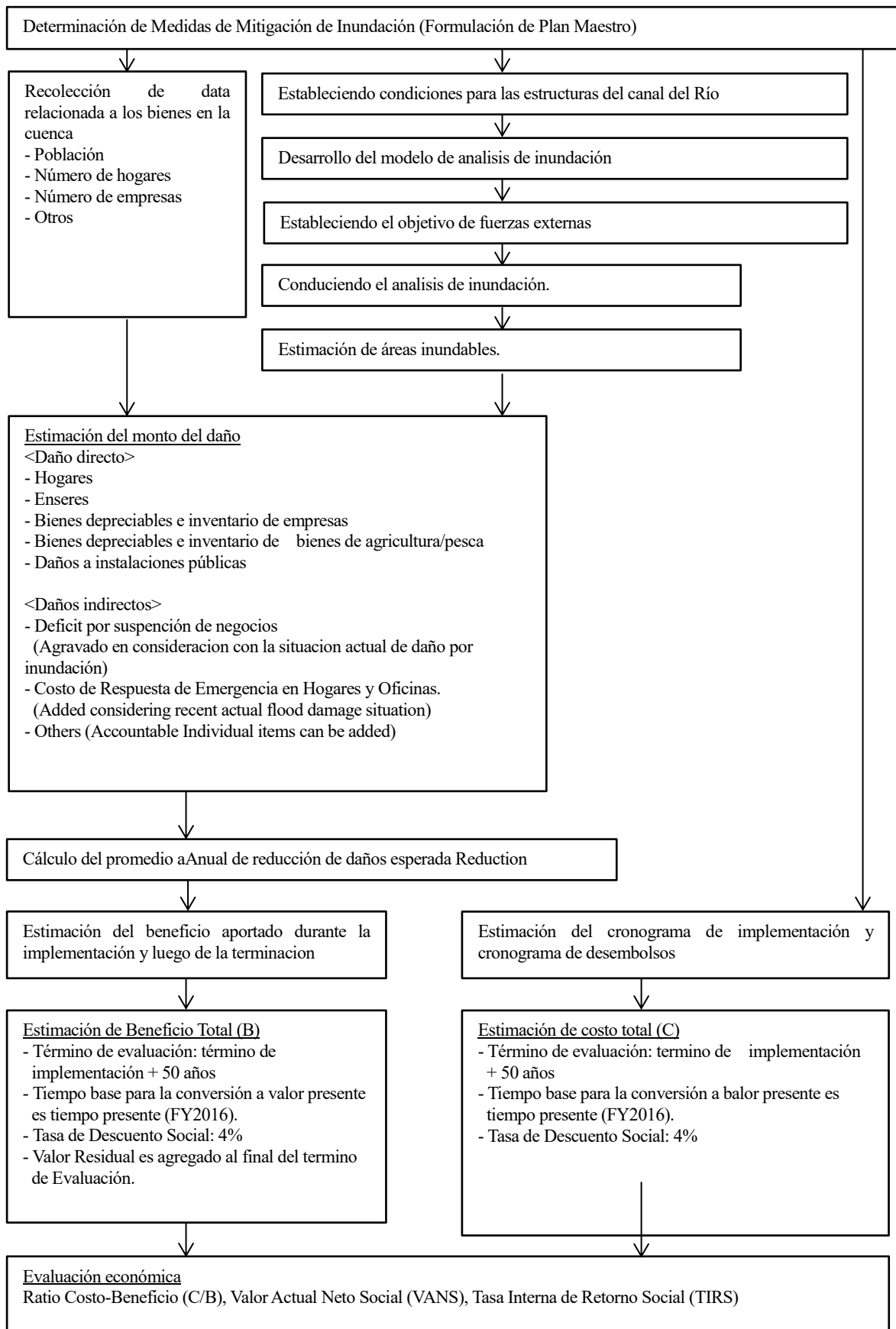
10.1 Política básica

En el Capítulo 3 seleccionaron seis cuencas prioritarias, y en el Capítulo 7 se presentaron los resultados del cálculo de inundación-escorrentía. Luego, en el Capítulo 9 se analizaron las propuestas de medidas de control de inundaciones para estimar el costo total de los proyectos. Ahora, en el presente Capítulo, se estiman los beneficios y costos de cada proyecto, y se propondrán el calendario preliminar de ejecución de los proyectos. Asimismo, en el presente Estudio clasificaron las 159 cuencas del Perú en 10 tipos y se seleccionaron las cuencas modelo, incluyendo las prioritarias (Capítulo 4). En virtud de que en los Capítulos 4 al 9 se analizaron la propuesta de las medidas de inundaciones también de las cuencas modelo que no han sido clasificadas como cuencas prioritarias, aquí se estimaron también los beneficios y costos de los proyectos y se formuló el calendario de ejecución de los proyectos para las cuencas modelo, a manera de obtener las bases para el cálculo del requerimiento total de los recursos para cada tipo de cuencas que se realiza en el Capítulo 11.

10.2 Método de evaluación

En la evaluación económica del proyecto de mitigación de inundaciones, se captarán como beneficios del proyecto aquellos efectos que pueden evaluarse económicamente entre los diferentes efectos de las medidas de mitigación de inundaciones. Por otra parte, el costo de ejecución del proyecto y el costo necesario para el mantenimiento y la gestión de las instalaciones se calcularán como costo del proyecto. La evaluación económica del proyecto de mitigación de inundaciones consiste en comparar el costo del proyecto y los beneficios.

Sobre las 6 cuencas prioritarias y las cuencas modelo que representan los respectivos tipos, se calculará el supuesto monto de daños basado en el análisis de inundación en la situación actual del borrador de las Medidas de Mitigación de Inundaciones elaborado en el Capítulo 9, los beneficios totales basados en el supuesto monto de daños después de tomar medidas de inundaciones y el costo total del proyecto. La siguiente figura muestra el procedimiento normal del cálculo de los costos y beneficios totales en caso de realizar la evaluación económica.



Fuente: Manual de investigación económica sobre el control de inundaciones (borrador), abril de 2005

Figura 10.2.1 Procedimiento de evaluación económica

10.3 Cálculo de los beneficios

10.3.1 Determinación del precio unitario de daño para calcular los beneficios

(1) Determinación del precio unitario de daño

(a) Precio unitario para calcular daños en viviendas

Como precio unitario de la vivienda para calcular los beneficios del borrador de las medidas de mitigación de inundaciones, se utilizará el precio de la vivienda calculado en la “Estimación de Daños Económicos por Activación de Quebradas” en base al censo del año 2007 y del estudio de INDECI, la cual fue elaborada por ANA-DEPHM en agosto de 2016 (véase el documento adjuntado al final del presente informe Anexo-8-2). A continuación, se presentará el porcentaje de viviendas de adobe (vivienda hecha con tierra, sobre todo con arcilla), viviendas de material noble (vivienda normal hecha principalmente con bloques de concreto) y viviendas hechas con madera de las 3 regiones de sierra, selva y costa, que son datos resumidos en la “Estimación de Daños Económicos por Activación de Quebradas” arriba mencionada, así como sus precios unitarios en las Tablas 10.3.1 y 10.3.2 respectivamente.

Tabla 10.3.1 Porcentaje de tipo de vivienda por región

Tipo de vivienda	%		
	Sierra	Selva	Costa
Adobe	45	5	10
Material noble	52	25	85
Madera	3	70	5

Fuente: Estimación de Daños Económicos por Activación de Quebradas y Censos Nacionales XI de Población y VI de Vivienda 2007

Tabla 10.3.2 Costo unitario de daño de la vivienda por tipo de vivienda y por región

Tipo de vivienda	Tipo de construcción(*)		
	Sierra	Selva	Costa
Adobe	S/. 18 236.40	S/. 25 250.40	S/. 23 380.00
Material noble	S/. 24 131.50	S/. 34 068.00	S/. 28 390.00
Madera	S/. 21 125.50	S/. 16 533.00	S/. 18 370.00

Fuente: INDECI - Colegio de Ingenieros del Perú - Elaboración Propia

De acuerdo con las 2 tablas de arriba se ha determinado el precio unitario de la vivienda afectada de las cuencas prioritarias del presente Estudio y cuencas modelo como se muestra en la siguiente Tabla 10.3.3.

Tabla 10.3.3 Precio unitario básico de vivienda dañada por cada cuenca prioritaria/ modelo

Región	Cuenca de río objeto	Precio de daño (S/.)
Sierra	Biabo	21 389
	Mantaro	
	Huallaga	
	Urubamba	
	Ramis	
Costa	Chancay-Lambayeque	27 388
	Piura-Chira	
	Rímac	

Región	Cuenca de río objeto	Precio de daño (S/.)
	Ica	
	Locumba	
Selva	Nanay	20 353

Fuente: Tabla elaborada por el Equipo de Estudio de acuerdo con la Tabla 10.3.1 y Tabla 10.3.2

(b) Precio unitario para calcular daños a artículos del hogar

Si se generan inundaciones y las viviendas quedan anegadas en el Perú, los artículos del hogar también quedan afectados. Hasta ahora no ha habido materiales que calculen el monto de pérdida debido a los daños a los artículos del hogar por inundaciones por lo que es sumamente difícil determinar el precio unitario. De acuerdo con la deliberación con la ANA y las entrevistas realizadas, etc., en el presente Estudio se ha determinado que los electrodomésticos listados en la siguiente Tabla 10.3.4 son los artículos que pueden dañarse por inundaciones y se han fijado sus precios unitarios.

Tabla 10.3.4 Precios unitarios estándar de los utensilios que se dañarán por inundaciones

Tipo	Detalle	Precio unitario
Electrodomésticos	TV	S/. 1000
	Lavadora	S/. 1500
	Refrigeradora	S/. 1500
	Ventilador	S/. 150
	Aire acondicionado	S/. 1000
	Calentador de agua	S/. 500
Otros	Cocina a gas	S/. 500
Total		S/. 6150

Fuente: Equipo de Estudio

La unidad básica estándar de los artículos del hogar mencionados arriba que se dañan por inundaciones, varía de hecho según los diferentes estilos de vida de las cuencas. Por consiguiente, la unidad básica de artículos de hogar que se utiliza para calcular el monto de daños de cada cuenca objeto del presente Estudio, se determinará de acuerdo con el valor indicado en la siguiente Tabla 10.3.5, tomando como base la unidad básica estándar arriba citada.

Tabla 10.3.5 Unidad básica estándar de utensilios según las cuencas para calcular el monto de daños por inundaciones

Cuenca de río objeto	PBI per cápita de la cuenca *1	Unidad básica estándar de artículo del hogar	
		% respecto a la unidad básica estándar *2	Monto
Biabo	6.9	30%	S/. 1800
Mantaro	9.6	30%	S/. 1800
Huallaga	7.9	30%	S/. 1800
Urubamba	16.7	70%	S/. 4200
Ramis	7.8	30%	S/. 1800
Chancay-Lambayeque	9.9	30%	S/. 1800
Piura-Chira	12.3	50%	S/. 3000
Rímac	22.6	100%	S/. 6000
Ica	18.8	70%	S/. 4200
Locumba	26.5	100%	S/. 6000

Cuenca de río objeto	PBI per cápita de la cuenca *1	Unidad básica estándar de artículo del hogar	
		% respecto a la unidad básica estándar *2	Monto
Nanay	10.1	50%	S/. 3000

Fuente: Tabla elaborada por el Equipo de Estudio

*1: Datos de INEI *2: Decidido por el Equipo de Estudio a partir de los datos de PBI de INEI indicados a la izquierda y tras la deliberación con expertos relacionados como la ANA

(c) Precio unitario para calcular daños agrícolas

En el presente Estudio el precio unitario para calcular daños agrícolas se evaluará de acuerdo con la producción agrícola indicada en la Tabla 10.3.6, la cual se estudió en el estudio de JICA titulado como “Estudio Preparatorio sobre el Programa de Protección de Valles y Poblaciones Rurales Vulnerables ante Inundaciones”.

Tabla 10.3.6 Siembra y ventas de los principales cultivos (Tabla referencial)

Cultivo	Variables	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Arroz	Rendimiento unitario (kg/Ha)	9882	9764	9785	9588	9753
	Precio unitario (S/./kg)	0.81	0.93	1.12	0.76	0.81
Plátano	Rendimiento unitario (kg/Ha)	44,406	41,787	41,608	42,453	43,984
	Precio unitario (S/./kg)	0.40	0.55	0.63	0.67	0.63
Caña de Azúcar	Rendimiento unitario (kg/Ha)				138,969	139,859
	Precio unitario (S/./kg)				0.07	0.07
Limón	Rendimiento unitario (kg/Ha)	31,856	42,454	38,238	31,034	31,500
	Precio unitario (S/./kg)	0.36	0.43	0.64	0.46	0.58
Maíz	Rendimiento unitario (kg/Ha)	47,125	48,377	54,848	52,276	
	Precio unitario (S/./kg)	0.07	0.08	0.10	0.10	
Mango	Rendimiento unitario (kg/Ha)	25 000	28 855	26 550	26 570	28 292
	Precio unitario (S/./kg)	0.42	0.29	0.71	0.65	0.44
Frijoles	Rendimiento unitario (kg/Ha)	1 399	1 480	1 743	1 780	1 589
	Precio unitario (S/./kg)	1.77	1.87	1.98	2.04	2.00
Maíz	Rendimiento unitario (kg/Ha)	7 313	7 363	6 996	7 010	7 543
	Precio unitario (S/./kg)	0.64	0.68	0.80	0.84	0.82
Pasto	Rendimiento unitario (kg/Ha)	45 824	57 169	46 442	77 790	75 268
	Precio unitario (S/./kg)	0.15	0.19	0.15	0.20	0.20
Uvas	Rendimiento unitario (kg/Ha)	1898	1780	2100	2247	
	Precio unitario (S/./kg)	0.84	1.12	1.11	0.99	
Total	Sup. sembrada (ha)	31 128	35 666	37 275	35 524	37 837
	Ventas (S/.)	264 515 787	373 008 615	465 716 915	362 308 113	405 029 984

Fuente: Tabla 3.1.3-2 Siembra y ventas de los principales cultivos, Estudio Preparatorio Sobre El Programa de Protección de Valles y Poblaciones Rurales Vulnerables Ante Inundaciones en la República del Perú

Tomando como referencia los resultados del estudio arriba indicado y el estudio en el Perú, el cálculo de daños agrícolas en las cuencas prioritarias y cuencas modelo se ha determinado como la siguiente tabla.

Tabla 10.3.7 Precio unitario de daños agrícolas en las cuencas prioritarias y cuencas modelo

Tipo	Cuenca modelo (candidata)	Base del cálculo de daños agrícolas		
		Producto representativo para el cálculo	Producción por superficie unitaria (kg/ha)	Precio de transacción adoptado (S/./kg)
Tipo 1	Biabo	Arroz	9 700	1.00
Tipo 2	Locumba	Arroz	9 700	1.00
Tipo 3	Chancay-Lambayeque	Arroz	9 700	1.00
Tipo 4	Piura-Chira	Arroz	9 700	1.00
Tipo 5	Rímac	Arroz	900	1.00

Tipo	Cuenca modelo (candidata)	Base del cálculo de daños agrícolas		
		Producto representativo para el cálculo	Producción por superficie unitaria (kg/ha)	Precio de transacción adoptado (S/. /kg)
	Ica	Uva	18 000	1.00
Tipo 6	Mantaro	Maíz	50 000	0.10
Tipo 7	Huallaga	Arroz	9 700	1.00
Tipo 8	Nanay	Arroz	9 700	1.00
Tipo 9	Urubamba	Maíz	50 000	0.10
Tipo 10	Ramis	Maíz	50 000	0.10

Fuente: Equipo de Estudio

(d) Precio unitario para calcular pérdidas indirectas

Si se generan inundaciones, no solamente se ven afectadas las actividades sociales del sitio de inundaciones y sus alrededores, sino que las actividades económicas también se paran. Los habitantes que viven en el área anegada por inundaciones deben suspender sus actividades cotidianas de trabajo y/o agrícolas debido a:

- la suspensión de medios de transporte público o parada de funcionamiento de la principal infraestructura de traslado como ferrocarriles y carreteras nacionales
- la evacuación de familiares a un área donde no se generen inundaciones o de espera durante el período de inundaciones
- la limpieza y reparación sencilla de viviendas e instalaciones públicas y actividades para eliminar obstáculos de caminos públicos, etc. después de las inundaciones

Estas actividades humanas durante y después de las inundaciones pueden considerarse como pérdidas indirectas que impiden actividades económicas cotidianas como trabajo y actividades agrícolas.

El precio unitario de esta pérdida de actividades económicas humanas por inundaciones depende del tipo de trabajo y de la especialidad profesional de los damnificados, pero en el presente trabajo, considerando el salario diario del trabajador ordinario de obras públicas como precio unitario mínimo para el cálculo, se determina que el precio unitario es de 100 soles al día como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 10.3.8 Salario del trabajador ordinario de obras públicas en el Perú y precio unitario para calcular pérdida humana

Concepto	Resultado del estudio *1		Precio unitario para calcular la pérdida humana (S/.)
	Unidad	Precio unitario (S/.)	
Trabajador ordinario	hora	13~14	S/. 13 x 8 h = 104 → S/. 100 /día

Fuente : *1: Ordenado por el Equipo de Estudio a partir del informe del “Estudio de Desarrollo de JICA 2013”

(2) Definición del porcentaje de daño por inundaciones

Como se ha descrito detalladamente en los Capítulos 7 y 9, en el presente Estudio se ha efectuado el análisis de las inundaciones de acuerdo con el Modelo RRI, definiendo mallas topográficas y calculando la profundidad y duración de la inundación por probabilidad de ocurrencia. Si se determina, de acuerdo con el resultado de este cálculo de inundación, el porcentaje de daño según cada profundidad de la inundación (duración de la inundación) respecto al precio unitario de la vivienda y de productos agrícolas en la sección

10.3.1 (1), es posible calcular el monto de daños.

En cuanto al porcentaje de daño de la vivienda, de los artículos del hogar y de los productos agrícolas, se utilizan los valores indicados en las siguientes Tabla 10.3.9, Tabla 10.3.10 y Tabla 10.3.11, los cuales también están indicados en las Normas Técnicas para Proyectos de Prevención de Inundaciones (borrador) elaboradas en el presente Estudio y explicadas en el Capítulo 8.

Tabla 10.3.9 Porcentaje de daño de la vivienda/edificio según la profundidad de la inundación

Cuenca objeto	Gradiente topográfica	Profundidad de la inundación (metros)					Profundidad del sedimento luego de la inundación (asumida)	
		< 0.50m	0.50~0.99m	1.00~1.99m	2.00~2.99m	>3.00m	>0.50m	< 0.50m
Todas las cuencas	< 1/1000	0.092	0.119	0.266	0.580	0.834	0.43	0.785
	1/1000~1/500	0.126	0.176	0.343	0.647	0.870		
	>1/500	0.144	0.205	0.382	0.681	0.888		

Fuente : Manual de investigación económica sobre el control de inundaciones, MLIT, Japón

Tabla 10.3.10 Porcentaje de daño de artículos del hogar según la profundidad de la inundación

Cuenca objeto	Concepto	Profundidad de la inundación (metros)				
		< 0.50m	0.50~0.99m	1.00~1.99m	2.00~2.99m	>3.00m
Todas las cuencas	Porcentaje de daño	0.145	0.326	0.508	0.928	0.991

Fuente : Manual de investigación económica sobre el control de inundaciones, MLIT, Japón

Tabla 10.3.11 Tabla referencial para la estimación de daños agrícolas basados en la relación entre la profundidad de inundación y los días de inundación

Cuenca objeto	Condición	Profundidad de la inundación (m)											
		0.5m				0.5~0.99m				> 1.0m			
		Profundidad de la inundación				Profundidad de la inundación				Profundidad de la inundación			
Días de Inundación		1~2	3~4	5~6	>7	1~2	3~4	5~6	>7	1~2	3~4	5~6	>7
1. Biabo	Arroz	21	30	36	50	24	44	50	71	37	54	64	74
2. Locumba	Arroz	21	30	36	50	24	44	50	71	37	54	64	74
3. Chancay-Lambayeque	Arroz	21	30	36	50	24	44	50	71	37	54	64	74
4. Piura-Chira	Arroz	21	30	36	50	24	44	50	71	37	54	64	74
5. Rímac	Arroz	21	30	36	50	24	44	50	71	37	54	64	74
6. Ica	Uva*1	22	30	42	56	31	38	51	100	40	50	63	100
7. Mantaro	Arroz	21	30	36	50	24	44	50	71	37	54	64	74
8. Huallaga	Arroz	21	30	36	50	24	44	50	71	37	54	64	74
9. Nanay	Arroz	21	30	36	50	24	44	50	71	37	54	64	74
10. Urubamba	Maíz*2	23	41	54	67	30	44	60	73	40	50	68	81
11. Ramis	Arroz	21	30	36	50	24	44	50	71	37	54	64	74

Fuente : Manual de investigación económica sobre el control de inundaciones, MLIT, Japón

*1: Respecto a la “uva” no hay manual, por lo que se utiliza el porcentaje de daño de “melones”.

*2: Respeto al “maíz” no hay manual, por lo que se utiliza el porcentaje de daño de “legumbre”.

(3) Daños en estructuras públicas

Los daños por inundaciones no se limitan a los daños en edificios como viviendas y productos agrícolas, sino que también se ven afectados “caminos”, “puentes”, “acueductos y alcantarillado”, “instalaciones urbanas y públicas”, “campos agrícolas por acumulación de lodo y piedras” e “instalaciones agrícolas”. Como se menciona en las “Normas Técnicas para Proyectos de Prevención de Inundaciones (borrador)” elaboradas

en el presente Estudio, en el Perú no hay datos sobre el monto de daños por inundaciones ordenados por sectores y años, por lo cual, respecto a las estructuras públicas se aplica provisionalmente el 169% del monto total de daños en viviendas y daños agrícolas.

Como material sobre daños por inundaciones detalladamente ordenado por sectores en el Perú hay información sobre la inundación ocurrida en 2010 en la cuenca del río Urubamba, que es una de las “cuencas prioritarias” del presente Estudio. Según esta información los daños en estructuras públicas alcanzaron alrededor del 205% del monto total de daños en viviendas y daños agrícolas.

Tabla 10.3.12 Monto de daños por sectores en la inundación en Cusco en 2010/Costo de restauración y recuperación y su proporción

Sector	Monto de daño /Costo de mejora y recuperación (Sol)	Ajuste	Proporción
Viviendas	179,392,798 (Costo de restauración y recuperación)	Monto total de los sectores de viviendas y agricultura S/. 201 610 199 soles	Se define como 1.
Salud y asistencia médica	22 217 401 (Costo de restauración y recuperación)		
Educación	11 017 800 (Costo de restauración y recuperación)	Monto total de otros sectores que no son sectores de viviendas y agricultura S/. 414 261 076 soles	Proporción de los otros sectores en caso de que el monto total de los sectores de viviendas y agriculturas se defina como 1: 2.05
Cultura	21 931 041 (Costo de restauración y recuperación)		
Acueducto y alcantarillado	1 624 760 (Monto de daños)		
Transporte y telecomunicaciones	3 720 000 (Costo de restauración y recuperación)		
Energía eléctrica	338,512,613 (Costo de restauración y recuperación)		
Agricultura	6 048 480 (Costo de restauración y recuperación)		
Industria pesquera	1 086 800 (Costo de restauración y recuperación)		
Industria manufacturera	468 120 (Costo de restauración y recuperación)		
Turismo	29 851 462 (Costo de restauración y recuperación)		

Fuente : Tabla elaborada por el Equipo de Estudio a partir de la “Evaluación del impacto socioeconómico de la temporada de lluvias 2010 en la región Cusco (INDECI)”

(4) Daños por erosión en la ribera

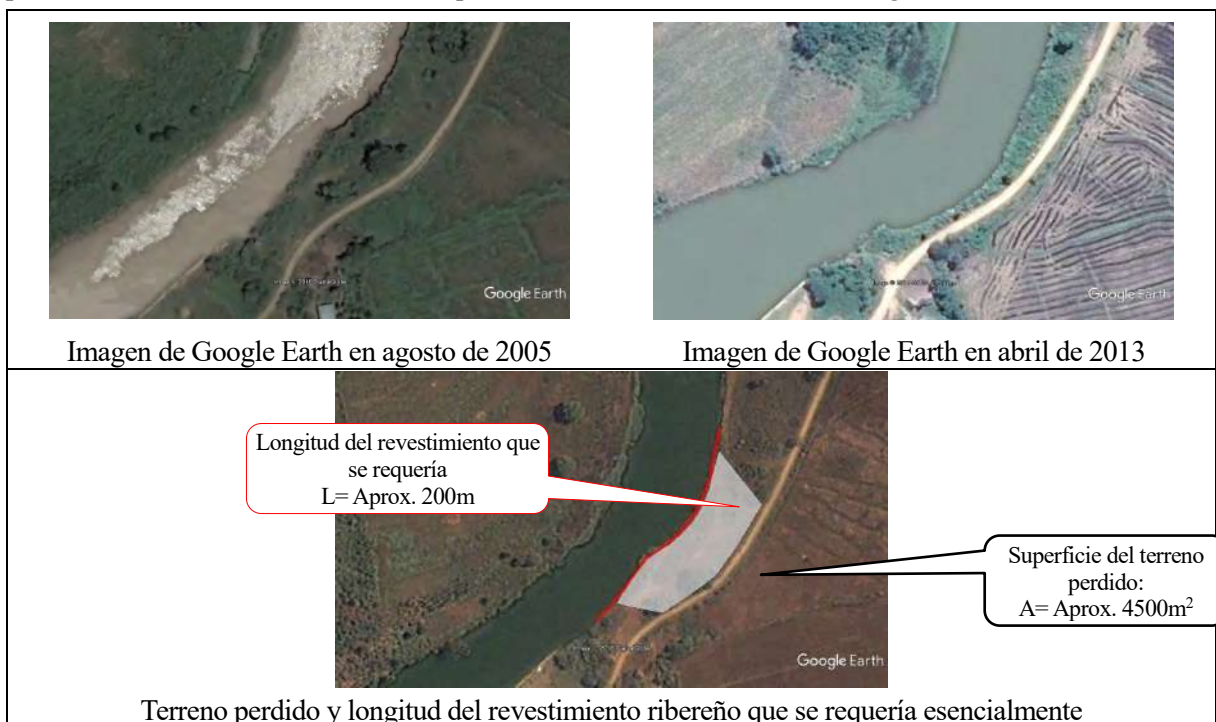
Para calcular los daños por erosión y los beneficios de las obras de protección ribereña, se verificarán los daños por erosión realmente generados en diferentes lugares del Perú mediante el reconocimiento de campo y a través de fotos satelitales de Google Earth, etc., y se comprobará el traslado del canal normal del río, así como la superficie del terreno que puede sufrir pérdidas. Sin embargo, en la práctica, cuando hay bienes que pueden sufrir daños por erosión, en la mayoría de los casos se instala el revestimiento ribereño y/o espolón aunque sea insuficiente. En tales casos, los daños por erosión quedan mitigados hasta cierto grado por las medidas ya efectuadas, por lo cual es difícil calcular correctamente la diferencia del monto de daños entre el caso con proyecto y el caso sin proyecto. En el presente Estudio se ha determinado revisar casos de daños

reales por erosión realizando el reconocimiento de campo y verificar “dentro de la posibilidad casos de daños en tramos donde no se hayan tomado medidas”, con lo cual se intentará revisar comprobar el efecto del revestimiento ribereño/espolón.

A continuación se mostrarán 2 casos reales de daños por erosión que el Equipo de Estudio verificó en el reconocimiento de campo, y después se determinará su unidad de daño que se utiliza para el cálculo de daños en el presente Estudio.

(a) Actualidad de la erosión en el río Cisa (cuenca del río Huallaga)

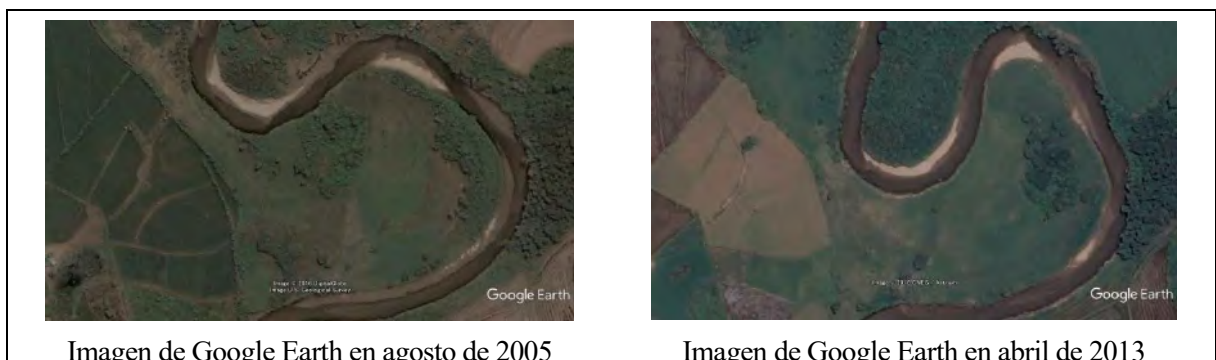
Como muestran las siguientes imágenes, la erosión de la parte curvada del río Cisa ha avanzado aproximadamente en los últimos 8 años de 30 a 40 cm y se perdieron 4500 m² de terreno. Para prevenir la pérdida del terreno, esencialmente se requería el revestimiento ribereño a lo largo de unos 170 m.



Fuente : Figura elaborada por el Equipo de Estudio a partir de las imágenes satelitales de Google Earth

Figura 10.3.1 Situación de erosión en el río Cisa de la cuenca del río Huallaga

En el curso inferior del río Cisa también se observa un caso de erosión y como muestran las siguientes imágenes, el canal del río se movió unos 100 m aproximadamente en los últimos 8 años y se perdieron 13,600m² de terreno.





Fuente : Figura elaborada por el Equipo de Estudio a partir de las imágenes satelitales de Google Earth

Figura 10.3.2 Situación de erosión en el río Cisa de la cuenca del río Huallaga 2

(b) Estimación de daños

Al resumir daños por erosión de acuerdo con los 2 casos arriba mostrados y calcular el precio unitario del daño, como muestra la siguiente tabla, es posible controlar el fenómeno de erosión en 3 m² por año respecto a 1 metro de revestimiento ribereño.

Tabla 10.3.13 Relación entre la erosión verificada en el Perú y la longitud necesaria de revestimiento ribereño

Nombre del río	Nombre del área	Período de erosión	Superficie de erosión	Longitud necesaria del revestimiento	Nota
Río Cisa	Yurac Yacu	Aprox. 8 años	4 500m ²	200m	Parte curvada
	C.P. Carhuapoma	Aprox. 8 años	10 300m ²	300m	En progreso
Ámbito de impacto por erosión definido que se utiliza en el presente Estudio			Prevenir la erosión en 3 m ² por año respecto a 1 m de revestimiento ribereño *1		

Nota: *1: (4,500m² + 10,300m²) ÷ (200m + 300m) ÷ 8 años = Aprox. 3.7m²/m/año

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

Si se considera el monto de daños por erosión en base al resultado arriba para verificar el efecto de las medidas contra erosión, pueden obtenerse las condiciones del cálculo y el precio unitario de daño indicados en la siguiente tabla.

Tabla 10.3.14 Base de cálculo del monto estimado de daños por erosión para verificar el efecto de las medidas contra erosión

Ítems básicos	Cantidades básicas
Duración de la erosión	10 años
Condición de uso de la tierra	Siembra (campos de arroz)
Precio unitario del terreno	S/. 5/m ² (*1)
Productividad del uso de la tierra	9700kg/ha (*2)
Ítems calculados	Cantidad correspondiente a 1 m de obras de revestimiento ribereño
Área de Tierra a ser Protegida	3m ² /año
Área Máxima a ser Protegida	30m ²
Área de Tierra Perdida a Erosión	30m ²

Otros ítems	Otros
Valores de tierra recientemente generada al otro lado del río	Se presume que a partir de 5 años después de la manifestación de la erosión, cada año se genera nuevas áreas aprovechables al lado contrario del río. La proporción en la que se genera estas áreas es la misma con la que se erosiona el otro lado.
Valores de áreas de cultivos recientemente generadas al otro lado del río.	Se presume que a partir de 5 años después de la manifestación de la erosión, cada año se generan nuevas áreas de sembrío al lado contrario del río. La proporción en la que se genera esta tierra de sembrío es la misma con la que se erosiona el otro lado.

Nota : *1: Ver la Tabla 10.4.8 (adoptar el precio unitario del campo agrícola de nivel más bajo considerando la seguridad)

*2: Ver la Tabla 10.3.7

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

Si se calcula el monto de daños por metro de revestimiento ribereño de acuerdo con la base arriba defenido, el resultado es como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 10.3.15 Cálculo de daños por erosión para estimar la efectividad de las obras de revestimiento

Años después de la instalación del revestimiento	Pérdida de terreno (S/.)	Reducción de la producción agrícola (S/.)	Total por año (S/.)	Total acumulado (S/.)
1	$5 \times 30 = 150$	$(30 \times 1) \times 0.97 = 29$	179	179
2	$5 \times (30 \times 1) = 150$	$(30 \times 2) \times 0.97 = 58$	208	387
3	$5 \times (30 \times 1) = 150$	$(30 \times 3) \times 0.97 = 87$	237	625
4	$5 \times (30 \times 1) = 150$	$(30 \times 4) \times 0.97 = 116$	266	891
5	$5 \times (30 \times 1) = 150$	$(30 \times 5) \times 0.97 = 146$	296	1,187
6	$5 \times (30 \times 1) \times 0 = 0$	$(30 \times 6) \times 0.97 - 29 = 146$	146	1,332
7	$5 \times (30 \times 1) \times 0 = 0$	$(30 \times 7) \times 0.97 - 58 = 146$	146	1,478
8	$5 \times (30 \times 1) \times 0 = 0$	$(30 \times 8) \times 0.97 - 87 = 146$	146	1,623
9	$5 \times (30 \times 1) \times 0 = 0$	$(30 \times 9) \times 0.97 - 116 = 146$	146	1,769
10	$5 \times (30 \times 1) \times 0 = 0$	$(30 \times 10) \times 0.97 - 146 = 146$	146	1,914
Total	S/. 750	S/. 1,164	S/. 1,914	1,914

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

De acuerdo con el resultado arriba se evaluará el costo y los beneficios de las medidas contra erosión junto con la mitigación de inundaciones por el proyecto de control de inundaciones que propone el presente Estudio.

A la hora de realizar la evaluación, se hará el cálculo de acuerdo con la suposición indicada en la siguiente tabla.

Tabla 10.3.16 Supuestos para estimar el costo y efectividad de las obras de control de erosión

Concepto	Suposición en el presente Estudio
Tramo donde se toman medidas contra erosión	Se limitarán a los tramos objeto de la prevención de inundaciones indicados en el capítulo 9. Se tomarán como objeto los tramos señalados como puntos críticos por la ANA, puesto que se observa erosión, entre los tramos objeto de la prevención de inundaciones.
Longitud del tramo	La longitud del tramo se determinará conforme al informe de la ALA, pero en caso de que no haya indicación de la longitud, se determinará que un tramo es de 200 m.
Altura necesaria del revestimiento ribereño	Se tomará como base la altura del canal normal del río en la sección, pero en caso de que se desconozca la altura exacta del canal normal, se supone que la altura necesaria del revestimiento ribereño es de 5 metros tomando como referencia la altura del canal normal del río Cisa citado como caso en el presente Estudio, y se calculará el costo junto con el dique.
Espesor necesario del revestimiento ribereño	Mismo espesor del dique para defensa ribereña

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

10.3.2 Cálculo de la reducción de las pérdidas en cada cuenca seleccionada

Con la ejecución del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto en el Capítulo 9 se reducirán las inundaciones de acuerdo con el resultado del análisis de inundación del río actual descrito en el Capítulo 7, con lo cual puede calcularse el efecto del proyecto. El impacto del proyecto ha sido revisado en términos de la reducción de pérdidas multiplicando el nivel de inundación reducido y la superficie inundada (calculados aplicando los criterios básicos indicados en la Sección 10.3.1) por la cantidad y el precio unitario de los daños correspondientes. Los detalles del cálculo de la reducción de daños se presentan en el Anexo 8-1. A continuación se muestra el resumen de los resultados obtenidos.

(1) Cuenca de los ríos Piura-Chira

La reducción del monto de daños en la cuenca de los ríos Piura-Chira por la ejecución del proyecto de mitigación de inundaciones indicado en el Capítulo 9, puede resumirse como muestra la siguiente tabla.

Tabla 10.3.17 Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para las cuencas de los ríos Piura-Chira

Concepto	Unidad	Escala del proyecto del río Piura					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Actividades humanas	Población afectada	341	3 226	11 489	25 021	37 242	47 889
	Días de inundación + 1 día	3	4	4	5	5	5
	S/.	102 300	1 290 400	4 595 600	12 510 500	18 621 000	23 944 500
Casas y bienes de la casa	S/.	615 275	4 508 632	15 567 911	37 881 656	61 384 159	86 561,174
Agricultura	Superficie (ha)	545	5 428	10 126	15 071	18 254	21 274
	S/.	1 109 758	11 055 962	20 627 622	30 698 674	37 183 821	43 336 040
Infraestructuras	S/.	1 039 814	7 619 588	26,309,769	64,019,998	103 739 228	146 288,384
SubTotal	S/.	2 867 147	24,474,582	67,100,902	145,110,827	220,928,208	300,130,098

Concepto	Unidad	Escala del proyecto del río Chira					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Actividades humanas	Población afectada	18	120	716	1629	3258	4256
	Días de inundación + 1 día	1	1	1	2	2	3
	S/.	1800	12,000	71,600	325,800	651,600	1,276,800
Casas y bienes de la casa	S/.	17,383	124,284	992,234	2,482,582	4,900,597	7,694,218
Agricultura	Superficie (ha)	10	78	975	2300	4581	6415
	S/.	19,800	158,397	1,986,564	4,685,915	9,332,230	13,067,762
Infraestructuras	S/.	29,378	210,040	1,676,875	4,195,564	8,282,009	13,003,229
Subtotal	S/.	68,361	504,721	4,727,273	11,689,861	23,166,436	35,042,009

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

De acuerdo con el resultado arriba el promedio anual de la reducción del monto de daños según la escala del proyecto se resume como muestran las siguientes tablas.

Tabla 10.3.18 Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Piura

Periodo de retorno	Monto de daños (S/.)		Reducción del monto de daños	Promedio de la reducción del monto de daños (S/.)	Probabilidad	Promedio del monto de beneficios (S/.)	Promedio anual del monto de beneficios (S/.)
	Sin P.	Con P.	S/.				
1/1.01			573 429	1 720 288	0.500	860 144	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 2 años 860 144
1/2	2 867 147	0	2 867 147	13 670 865	0.300	4 101 259	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 5 años 4 961 403
1/5	24 474 582	0	24 474 582	45 787 742	0.100	4 578 774	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 10 años 9 540 178
1/10	67 100 902	0	67 100 902	106 105 865	0.060	6 366 352	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 25 años 15 906 530
1/25	145 110 827	0	145 110 827	183 019 518	0.020	3 660 390	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 50 años 19 566 920
1/50	220 928 208	0	220 928 208	260 529 153	0.010	2 605 292	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 100 años 22 172 211
1/100	300 130 098	0	300 130 098				

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

Tabla 10.3.19 Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Chira

Periodo de retorno	Monto de daños (S/.)		Reducción del monto de daños	Promedio de la reducción del monto de daños (S/.)	Probabilidad	Promedio del monto de beneficios (S/.)	Promedio anual del monto de beneficios (S/.)
	Sin P.	Con P.	S/.				
1/1.01			13 672	41 017	0.500	20 508	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 2 años 20 508
1/2	68 361	0	68 361	286 541	0.300	85 962	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 5 años 106 471
1/5	504 721	0	504 721	2 615 997	0.100	261 600	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 10 años 368 070
1/10	4 727 273	0	4 727 273	8 208 567	0.060	492 514	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 25 años 860 584
1/25	11 689 861	0	11 689 861	17 428 149	0.020	348 563	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 50 años 1 209 147
1/50	23 166 436	0	23 166 436	29 104 223	0.010	291 042	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 100 años

Periodo de retorno	Monto de daños (S/.)		Reducción del monto de daños	Promedio de la reducción del monto de daños (S/.)	Probabilidad	Promedio del monto de beneficios (S/.)	Promedio anual del monto de beneficios (S/.)
	Sin P.	Con P.	S/.				
1/100	35 042 009	0	35 042 009				1 500 190

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

Tabla 10.3.20 Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuencas de los ríos Piura -Chira (Total) (incluyendo el revestimiento ribereño en 3 sitios)

Periodo de retorno	Monto de daños (S/.)		Reducción del monto de daños	Promedio de la reducción del monto de daños (S/.)	Probabilidad	Promedio del monto de beneficios (S/.)	Promedio anual del monto de beneficios (S/.)
	Sin P.	Con P.	S/.				
1/1.01			587 102	1 761 305	0.500	880 652	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 2 años 880 652
1/2	2 935 508	0	2 935 508	13 957 406	0.300	4 187 222	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 5 años 5 067 874
1/5	24 979 303	0	24 979 303	48 403 739	0.100	4 840 374	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 10 años 9 908 248
1/10	71 828 175	0	71 828 175	114 314 432	0.060	6 858 866	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 25 años 16 767 114
1/25	156 800 688	0	156 800 688	200 447 666	0.020	4 008 953	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 50 años 20 776 067
1/50	244 094 644	0	244 094 644	289 633 376	0.010	2 896 334	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 100 años 23 672 401
1/100	335 172 107	0	335 172 107				

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

Cabe recordar que el cálculo de los beneficios indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de los 41 puntos especificados en el Capítulo 9. Sus beneficios se especifican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.3.21 Impacto de las medidas contra la socavación de los 41 puntos de los ríos Chira-Piura

Inicio del proyecto	Beneficios (en millones de soles)	Inicio del proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 2°	0.537	Año 8°	11.041
Año 3°	1.698	Año 9°	12.233
Año 4°	3.430	Año 10°	13.428
Año 5°	5.399	Año 11°	14.620
Año 6°	7.609	Año 12°	15.376
Año 7°	9.517	Año 13° y subsiguientes	15.695

Fuente: Equipo de Estudio

(2) Cuenca del río Rímac

La reducción del monto de daños en la cuenca del río Rímac por la ejecución del proyecto de mitigación

de inundaciones indicado en el Capítulo 9 puede resumirse como muestra la siguiente tabla.

Tabla 10.3.22 Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca del río Rímac

Concepto	Unidad	Escala del proyecto de mitigación de inundaciones					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Actividades humanas	Población afectada	84	94	94	112	119	120
	Días de inundación + 1 día	1	1	1	2	2	2
	S/.	8 400	9 400	9 400	22 400	23 800	24 000
Casas y bienes de la casa	S/.	163 850	231 317	231 317	253 346	322 001	325 110
Agricultura	Superficie (ha)	23	29	29	29	58	62
	S/.	46 199	59 399	59 399	59 399	118 798	125 398
Infraestructuras	S/.	276 906	390 926	390 926	428 156	544 181	549 436
Subtotal	S/.	495 355	691 042	691 042	763 301	1 008 780	1 023 944

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

De acuerdo con el resultado arriba el promedio anual de la reducción del monto de daños del proyecto de mitigación de inundaciones según la escala del proyecto se resume como muestra la siguiente tabla.

Tabla 10.3.23 Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Rímac

Periodo de retorno	Monto de daños (S/.)		Reducción del monto de daños	Promedio de la reducción del monto de daños (S/.)	Probabilidad	Promedio del monto de beneficios (S/.)	Promedio anual del monto de beneficios (S/.)
	Sin P.	Con P.	S/.				
1/1.01			99 071				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 2 años 148 607
				297 213	0.500	148 607	
1/2	495 355	0	495 355	593 199	0.300	177 960	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 5 años 326 566
1/5	691 042	0	691 042	691 042	0.100	69 104	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 10 años 395 670
1/10	691 042	0	691 042	727 172	0.060	43 630	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 25 años 439 301
1/25	763 301	0	763 301	886 041	0.020	17 721	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 50 años 457 021
1/50	1 008 780	0	1 008 780	1 016 362	0.010	10 164	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 100 años 467 185
1/100	1 023 944	0	1 023 944				

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

Cabe recordar que el cálculo de los beneficios indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de los 18 puntos especificados en el Capítulo 9. Sus beneficios se especifican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.3.24 Impacto de las medidas contra la socavacion de los 18 puntos del río Rímac

Inicio del Proyecto	Beneficios (en millones de soles)	Inicio del Proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 2°	0.537	Año 8°	5.233
Año 3°	1.268	Año 9°	5.756
Año 4°	2.107	Año 10°	6.281
Año 5°	3.048	Año 11°	6.803
Año 6°	4.096	Año 12°	6.890
Año 7°	4.708	Año 13° y subsiguientes	6.890

Fuente: Equipo de Estudio

(3) Cuenca del río Ica

La reducción del monto de daños en la cuenca del río Ica por la ejecución del proyecto de mitigación de inundaciones indicado en el Capítulo 9, puede resumirse como muestra la siguiente tabla.

Tabla 10.3.25 Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca del río Ica

Concepto	Unidad	Escala del proyecto de mitigación de inundaciones					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Actividad humana	Población afectada	263	7 843	8 812	17 289	18,659	21,853
	Días de inundación + 1 día	2	2	2	3	3	3
	S/.	52 600	1 568 600	1 762 400	5 186 700	5 597 700	6 555 900
Casas y bienes de la casa	S/.	298 984	11 931 700	13 967 464	36 120 181	40 174 803	58 011 969
Agricultura	Superficie (ha)	32	807	1 053	2 339	2 650	3 616
	S/.	122 472	3 049 553	3 980 340	8 842 478	10 018 210	13 667 875
Infraestructuras	S/.	505 283	20 164 573	23 605 014	61 043 107	67 895 418	98 040 228
Subtotal	S/.	979 339	36 714 426	43 315 218	111 192 466	123 686 131	176 275 972

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

De acuerdo con el resultado arriba el promedio anual de la reducción del monto de daños del proyecto de mitigación de inundaciones según la escala del proyecto se resume como muestra la siguiente tabla.

Tabla 10.3.26 Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Ica

Periodo de retorno	Monto de daños (S/.)		Reducción del monto de daños	Promedio de la reducción del monto de daños (S/.)	Probabilidad	Promedio del monto de beneficios (S/.)	Promedio anual del monto de beneficios (S/.)
	Sin P.	Con P.	S/.				
1/1.01			195 868	587 603	0.500	293 802	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 2 años
							293 802
1/2	979 339	0	979 339	18 846 883	0.300	5 654 065	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 5 años
							5 947 866
1/5	36 714 426	0	36 714 426	40 014 822	0.100	4 001 482	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 10 años
1/10	43 315 218	0	43 315 218				9 949 349

Periodo de retorno	Monto de daños (S/.)		Reducción del monto de daños	Promedio de la reducción del monto de daños (S/.)	Probabilidad	Promedio del monto de beneficios (S/.)	Promedio anual del monto de beneficios (S/.)
	Sin P.	Con P.	S/.				
				77 253 842	0.060	4 635 231	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 25 años 14 584 579
1/25	111 192 466	0	111 192 466	117 439 299	0.020	2 348 786	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 50 años 16 933 365
1/50	123 686 131	0	123 686 131	149 981 052	0.010	1 499 811	Proyecto correspondiente a la probabilidad de años 18 433 176
1/100	176 275 972	0	176 275 972				

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

Cabe recordar que el cálculo de los beneficios indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de los 23 puntos especificados en el Capítulo 9. Sus beneficios se especifican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.3.27 Impacto de las medidas contra la socavación de los 23 puntos del río Ica

Inicio del Proyecto	Beneficios (en millones de soles)	Inicio del Proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 2°	0.537	Año 8°	6.565
Año 3°	1.447	Año 9°	7.234
Año 4°	2.494	Año 10°	7.904
Año 5°	3.673	Año 11°	8.572
Año 6°	4.987	Año 12°	8.804
Año 7°	5.895	Año 13° y subsiguientes	8.804

Fuente: Equipo de Estudio

(4) Cuenca del río Huallaga

La reducción del monto de daños en la cuenca del río Huallaga por la ejecución del proyecto de mitigación de inundaciones indicado en el Capítulo 9, puede resumirse como muestra la siguiente tabla.

Tabla 10.3.28 Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca del río Huallaga

Concepto	Unidad	Escala del proyecto de mitigación de inundaciones					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Actividades humanas	Población afectada	29 602	45 720	55 261	69 888	75 484	79 687
	Días de inundación + 1 día	14	16	17	18	18	19
	S/.	41 442 800	73 152 000	93 943 700	125 798 400	135 871 200	151 405 300
Casas y bienes de la casa	S/.	34 457 683	66 088 802	83 249 838	111 521 084	135 112 540	150 580 711
Agricultura	Superficie (ha)	69 136	133 201	153 908	186 617	204 281	225 242
	S/.	140,830 155	271 330 470	313 510 651	380 138 121	416 120 398	458 817 071
Infraestructuras	S/.	58 233 484	111 690 075	140 692 226	188 470 631	228 340 192	254 481 402
Subtotal	S/.	274 964 122	522 261 347	631 396 415	805 928 236	915 444 330	1 015 284 484

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

De acuerdo con el resultado arriba, el promedio anual de la reducción del monto de daños del proyecto de mitigación de inundaciones según la escala del proyecto se resume como muestra la siguiente tabla.

Tabla 10.3.29 Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Huallaga

Periodo de retorno	Monto de daños (S/.)		Reducción del monto de daños S/.	Promedio de la reducción del monto de daños (S/.)	Probabilidad	Promedio del monto de beneficios (S/.)	Promedio anual del monto de beneficios (S/.)
	Sin P.	Con P.					
1/1.01			54 992 824				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 2 años 82 489 237
				164 978 473	0.500	82 489 237	
1/2	274 964 122	0	274 964 122				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 5 años 202 073 057
				398 612 735	0.300	119 583 820	
1/5	522 261 347	0	522 261 347				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 10 años 259 755 945
				576 828 881	0.100	57 682 888	
1/10	631 396 415	0	631 396 415				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 25 años 302 875 685
				718 662 326	0.060	43 119 740	
1/25	805 928,236	0	805 928 236				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 50 años 320 089 410
				860 686 283	0.020	17 213 726	
1/50	915 444,330	0	915 444 330				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 100 años 329 743 054
				965 364 407	0.010	9 653 644	
1/100	1 015 284 484	0	1 015 284 484				

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

Cabe recordar que el cálculo de los beneficios indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de los 24 puntos especificados en el Capítulo 9. Sus beneficios se especifican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.3.30 Impacto de las medidas contra la socavación de los 24 puntos del río HuallagaHuallaga

Inicio del Proyecto	Beneficios (en millones de soles)	Inicio del Proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 2°	0.537	Año 8°	6.832
Año 3°	1.483	Año 9°	7.529
Año 4°	2.572	Año 10°	8.228
Año 5°	3.798	Año 11°	8.926
Año 6°	5.165	Año 12°	9.187
Año 7°	6.133	Año 13° y subsiguientes	9.187

Fuente: Equipo de Estudio

(5) Cuenca del río Mantaro

La reducción del monto de daños en la cuenca del río Mantaro por la ejecución del proyecto de mitigación de inundaciones indicado en el Capítulo 9, puede resumirse como muestra la siguiente tabla.

Tabla 10.3.31 Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca del río Mantaro

Concepto	Unidad	Escala del proyecto de mitigación de inundaciones					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Actividades humanas	Población afectada	868	2329	2927	3213	3245	3471
	Días de inundación + 1 día	6	7	8	9	10	10
	S/.	520 800	1 630 300	2 341 600	2 891 700	3 245 000	3 471 000
Casas y bienes de la casa	S/.	1 459 650	2 665 835	2 994 135	2 886 006	2 949 896	3 105 055
Agricultura	Superficie (ha)	1 037	3 133	3 686	4 124	4 193	4 470
	S/.	2 111 962	6 382 817	7 509 197	8 400 914	8 541 711	9 104 901
Infraestructuras	S/.	2 466 809	4 505 261	5 060 088	4 877 350	4 985 324	5 247 543
Subtotal	S/.	6 559 221	15 184 213	17 905 020	19 055 970	19 721 931	20 928 499

Fuente : Equipo de Estudio

De acuerdo con el resultado arriba el promedio anual de la reducción del monto de daños según la escala del proyecto se resume como muestra la siguientes tabla.

Tabla 10.3.32 Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Mantaro

Periodo de retorno	Monto de daños (S/.)		Reducción del monto de daños	Promedio de la reducción del monto de daños (S/.)	Probabilidad	Promedio del monto de beneficios (S/.)	Promedio anual del monto de beneficios (S/.)
	Sin P.	Con P.	S/.				
1/1.01			1 311 844	3 935 533	0.500	1,967,766	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 2 años 1,967,766
1/2	6 559 221	0	6 559 221	10 871 717	0.300	3 261 515	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 5 años 5 229 281
1/5	15 184 213	0	15 184 213	16 544 617	0.100	1 654 462	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 10 años 6 883 743
1/10	17 905 020	0	17 905 020	18 480 495	0.060	1 108 830	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 25 años 7 992 573
1/25	19 055 970	0	19 055 970	19 388 951	0.020	387 779	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 50 años 8 380 352
1/50	19 721 931	0	19 721 931	20 325 215	0.010	203 252	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 100 años 8 583 604
1/100	20 928 499	0	20 928 499				

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

Cabe recordar que el cálculo de los beneficios indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de los 23 puntos especificados en el Capítulo 9. Sus beneficios se especifican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.3.33 Impacto de las medidas contra la socavación de los 23 puntos del río Mantaro

Inicio del proyecto	Beneficios (en millones de soles)	Inicio del proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 2°	0.537	Año 8°	6.565
Año 3°	1.447	Año 9°	7.234
Año 4°	2.494	Año 10°	7.904
Año 5°	3.673	Año 11°	8.572
Año 6°	4.987	Año 12°	8.804
Año 7°	5.895	Año 13° y subsiguientes	8.804

Fuente: Equipo de Estudio

(6) Cuenca del río Urubamba

La reducción del monto de daños en la cuenca del río Urubamba por la ejecución del proyecto de mitigación de inundaciones indicado en el Capítulo 9, puede resumirse como muestra la siguiente tabla.

Tabla 10.3.34 Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca del río Urubamba

Concepto	Unidad	Escala del proyecto de mitigación de inundaciones					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Actividades humanas	Población afectada	9 875	9 875	26 378	39 969	41 621	58 787
	Días de inundación + 1 día	2	2	3	5	8	8
	S/.	1 975 000	1 975 000	7 913 400	19 984 500	33 296 800	47 029 600
Casas y bienes de la casa	S/.	6 546 444	6 546 444	41 525 013	75 898 785	87 316 692	114 834 723
Agricultura	Superficie (ha)	0	3 353	6 705	13 203	14 652	16 935
	S/.	0	5 866 560	11 733 120	23 103 360	25 643 520	29 635 200
Infraestructuras	S/.	13 092 888	13 092 888	83 050 026	151 797 570	174 633 384	229 669 446
Subtotal	S/.	21 614 332	27 480 892	144 221 559	270 784 215	320 890 396	421 168 969

Fuente : Equipo de Estudio

Según el análisis de la precipitación, la probabilidad de ocurrencia de la inundación generada alrededor de Cusco en 2010 fue de una vez por cada 10 a 25 años. De acuerdo con el informe del INDECI los daños causados por esta inundación en el sector de viviendas fueron de alrededor de 179 millones de soles, los daños agrícolas fueron de alrededor de 22 millones de soles y el monto total de daños alcanzó alrededor de 615 millones de soles. Por otra parte, los daños por inundaciones en el presente Estudio son de 144 millones de soles en caso de inundación de 10 años y 271 millones de soles en caso de inundación de 25 años excepto los daños en las actividades humanas. Al comparar el monto de daños estimado por INDECI y el monto estimado en el presente Estudio para las inundaciones de 2010, se tiene que el segundo es entre una quinta parte o la mitad de los daños reales reportados en 2010. Esta diferencia se debe a que el presente Estudio calcula solamente los daños por inundaciones a lo largo del curso principal, mientras tanto, se supone que el informe del INDECI incluye también los daños causados por desastres por lodo y piedra e inundaciones en afluentes pequeños.

El promedio anual de la reducción del monto de daños según la escala del proyecto que el presente Estudio calcula, se resume como muestra la siguiente tabla.

Tabla 10.3.35 Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Urubamba

Periodo de retorno	Monto de daños (S/.)		Reducción del monto de daños	Promedio de la reducción del monto de daños (S/.)	Probabilidad	Promedio del monto de beneficios (S/.)	Promedio anual del monto de beneficios (S/.)
	Sin P.	Con P.	S/.				
1/1.01			4 322 866				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 2 años 6 484 300
				12 968 599	0.500	6 484 300	
1/2	21 614 332	0	21 614 332				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 5 años 13 848 583
				24 547 612	0.300	7 364 284	
1/5	27 480 892	0	27 480 892				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 10 años 22 433 706
				85 851 226	0.100	8 585 123	
1/10	144 221 559	0	144 221 559				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 25 años 34 883 879
				207 502 887	0.060	12 450 173	
1/25	270 784 215	0	270 784 215				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 50 años 40 800 625
				295 837 306	0.020	5 916 746	
1/50	320 890 396	0	320 890 396				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 100 años 44 510 922
				371 029 683	0.010	3 710 297	
1/100	421 168 969	0	421 168 969				

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

Cabe recordar que el cálculo de los beneficios indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de los 18 puntos especificados en el Capítulo 9. Sus beneficios se especifican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.3.36 Impacto de las medidas contra la socavación de los 18 puntos del río Urubamba

Inicio del proyecto	Beneficios (en millones de soles)	Inicio del proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 2°	0.537	Año 8°	5.233
Año 3°	1.268	Año 9°	5.756
Año 4°	2.107	Año 10°	6.281
Año 5°	3.048	Año 11°	6.803
Año 6°	4.096	Año 12°	6.890
Año 7°	4.708	Año 13° y subsiguientes	6.890

Fuente: Equipo de Estudio

(7) Monto de reducción de daños de otras cuencas modelo

(a) Cuenca del río Biabo

La reducción del monto de daños en la cuenca del río Biabo por la ejecución del proyecto de mitigación de inundaciones indicado en el Capítulo 9, puede resumirse como muestra la siguiente tabla.

Tabla 10.3.37 Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca del río Biabo

Concepto	Unidad	Escala del proyecto de mitigación de inundaciones					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Actividades humanas	Población afectada	0	86	92	120	176	204
	Días de inundación + 1 día	0	2	2	3	4	4
	S/.	0	17 200	18 400	36 000	70 400	81 600
Casas y bienes de la casa	S/.	0	77 308	82 101	167 067	407 987	600 369
Agricultura	Superficie (ha)	0	189	236	302	566	858
	S/.	0	384 140	480 174	614 623	1 152 419	1 747 835
Infraestructuras	S/.	0	130 651	138 751	282 343	689 497	1 014 624
Subtotal	S/.	0	609 299	719 426	1 100 033	2 320 303	3 444 428

Fuente : Equipo de Estudio de Estudio

De acuerdo con el resultado arriba el promedio anual de la reducción del monto de daños del proyecto de mitigación de inundaciones según la escala del proyecto se resume como muestra la siguiente tabla.

Tabla 10.3.38 Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Biabo

Periodo de retorno	Monto de daños (S/.)		Reducción del monto de daños	Promedio de la reducción del monto de daños (S/.)	Probabilidad	Promedio del monto de beneficios (S/.)	Promedio anual del monto de beneficios (S/.)
	Sin P.	Con P.	S/.				
1/1.01			0	0	0.500	0	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 2 años 0
1/2	0	0	0	304 650	0.300	91 395	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 5 años 91 395
1/5	609 299	0	609 299	664 363	0.100	66 436	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 10 años 157 831
1/10	719 426	0	719 426	909 730	0.060	54 584	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 25 años 212 415
1/25	1 100 033	0	1 100 033	1 710 168	0.020	34 203	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 50 años 246 618
1/50	2 320 303	0	2 320 303	2 882 366	0.010	28 824	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 100 años 275 442
1/100	3 444 428	0	3 444 428				

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

Cabe recordar que el cálculo de los beneficios indicados arriba no incluyen las medidas contra la socavación de los puntos especificados en el Capítulo 9. Sus beneficios se especifican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.3.39 Impacto de las medidas contra la socavación en un punto del río Baibo

Inicio del proyecto	Beneficios (en millones de soles)	Inicio del proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 2º	0.036	Año 7º	0.266
Año 3º	0.077	Año 8º	0.296
Año 4º	0.125	Año 9º	0.325
Año 5º	0.178	Año 10º	0.354
Año 6º	0.237	Año 11º y subsiguientes	0.383

Fuente: Equipo de Estudio

(b) Cuenca del río Locumba

La reducción del monto de daños en la cuenca del río Locumba por la ejecución del proyecto de mitigación de inundaciones indicado en el Capítulo 9, puede resumirse como muestra la siguiente tabla.

Tabla 10.3.40 Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca del río Locumba

Concepto	Unidad	Escala del proyecto de mitigación de inundaciones					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Actividades humanas	Población afectada	0	0	1	6	15	18
	Días de inundación + 1 día	0	0	2	2	2	2
	S/.	0	0	200	1200	3000	3600
Casas y bienes de la casa	S/.	0	0	669	6 689	19 529	27 343
Agricultura	Superficie (ha)	0	0	0	36	109	127
	S/.	0	0	0	74 073	222 220	259 257
Infraestructuras	S/.	0	0	1130	11 304	33 003	46 210
Subtotal	S/.	0	0	1999	93 266	277 752	336 410
Erosión	5 sitios	-	-	Se agrega a cada año fiscal el valor resultante de multiplicar el valor unitario de beneficio por 1000 metros de extensión del revestimiento ribereño.			

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

De acuerdo con el resultado arriba el promedio anual de la reducción del monto de daños según la escala del proyecto se resume como muestra la siguientes tabla.

Tabla 10.3.41 Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Locumba (no incluye control de erosión)

Periodo de retorno	Monto de daños (S/.)		Reducción del monto de daños	Promedio de la reducción del monto de daños (S/.)	Probabilidad	Promedio del monto de beneficios (S/.)	Promedio anual del monto de beneficios (S/.)
	Sin P.	Con P.	S/.				
1/1.01			0	0	0.500	0	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 2 años 0
1/2	0	0	0				
1/5	0	0	0	1 000	0.100	100	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 10 años 100
1/10	1 999	0	1 999				

Periodo de retorno	Monto de daños (S/.)		Reducción del monto de daños	Promedio de la reducción del monto de daños (S/.)	Probabilidad	Promedio del monto de beneficios (S/.)	Promedio anual del monto de beneficios (S/.)
	Sin P.	Con P.	S/.				
				47 633	0.060	2 858	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 25 años 2 958
1/25	93 266	0	93 266	185 509	0.020	3 710	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 50 años 6 658
1/50	277 752	0	277 752	307 081	0.010	3 071	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 100 años 9 739
1/100	336 410	0	336 410				

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

Cabe recordar que el cálculo de los beneficios indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de los 6 puntos especificados en el Capítulo 9. Sus beneficios se especifican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.3.42 Impacto de las medidas contra la socavación de los 6 puntos del río Locumba

Inicio del proyecto	Beneficios (en millones de soles)	Inicio del proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 2°	0.215	Año 7°	1.598
Año 3°	0.464	Año 8°	1.774
Año 4°	0.750	Año 9°	1.948
Año 5°	1.069	Año 10°	2.123
Año 6°	1.424	Año 11° y subsiguientes	2.297

Fuente: Equipo de Estudio

(c) Cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque

La reducción del monto de daños en la cuenca del río Chancay-Lambayeque por la ejecución del proyecto de mitigación de inundaciones indicado en el Capítulo 9, puede resumirse como muestra la siguiente tabla.

Tabla 10.3.43 Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque

Concepto	Unidad	Escala del proyecto de mitigación de inundaciones					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Actividades humanas	Población afectada	706	3 321	5 160	8 785	10 839	15 213
	Días de inundación + 1 día	2	2	3	3	4	4
	S/.	141 192	664 226	1 547 931	2 635 456	4 335 720	6 085 055
Casas y bienes de la casa	S/.	835 399	4 044 648	7 623 470	15 326 780	19 844 056	28 297 629
Agricultura	Superficie (ha)	576	1 380	2 769	4 924	6 228	8 184
	S/.	1 174 316	2 810 658	5 640 566	10 029 812	12 686 461	16 671 435
Infraestructuras	S/.	1 411 825	6 835 455	12 883 664	25 902 258	33 536 455	47 822 992
Subtotal	S/.	3 562 732	14 354 987	27 695 630	53 894 306	70 402 693	98 877 111

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

De acuerdo con el resultado arriba el promedio anual de la reducción del monto de daños según la escala del proyecto se resume como muestra la siguientes tabla.

Tabla 10.3.44 Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque

Periodo de registro	Monto de daños (S/.)		Reducción del monto de daños	Promedio de la reducción del monto de daños (S/.)	Probabilidad	Promedio del monto de beneficios (S/.)	Promedio anual del monto de beneficios (S/.)
	Sin P.	Con P.	S/.				
1/1.01			712 546	2 137 639	0.500	1 068 820	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 2 años 1 068 820
1/2	3 562 732	0	3 562 732	8 958 860	0.300	2 687 658	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 5 años 3 756 477
1/5	14 354 987	0	14 354 987	21 025 309	0.100	2 102 531	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 10 años 5 859 008
1/10	27 695 630	0	27 695 630	40 794 968	0.060	2 447 698	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 25 años 8 306 706
1/25	53 894 306	0	53 894 306	62 148 500	0.020	1 242 970	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 50 años 9 549 676
1/50	70 402 693	0	70 402 693	84 639 902	0.010	846 399	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 100 años 10 396 075
1/100	98 877 111	0	98 877 111				

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

Cabe recordar que el cálculo de los beneficios indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de los 8 puntos especificados en el Capítulo 9. Sus beneficios se especifican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.3.45 Impacto de las medidas contra la socavación de los 8 puntos de los ríos Chancay-Lambayeque

Inicio del Proyecto	Beneficios (en millones de soles)	Inicio del Proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 2°	0.286	Año 7°	2.131
Año 3°	0.619	Año 8°	2.365
Año 4°	1.000	Año 9°	2.597
Año 5°	1.426	Año 10°	2.830
Año 6°	1.899	Año 11° y subsiguientes	3.062

Fuente: Equipo de Estudio

(d) Cuenca del río Nanay

La reducción del monto de daños en la cuenca del río Nanay por la ejecución del proyecto de mitigación de inundaciones indicado en el Capítulo 9, puede resumirse como muestra la siguiente tabla. Según el resultado del análisis, en cuanto al río Nanay se generan inundaciones solamente en el área urbana ubicada en el curso inferior y no hay daños agrícolas.

Tabla 10.3.46 Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca del río Nanay

Concepto	Unidad	Escala del proyecto de mitigación de inundaciones					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Actividades humanas	Población afectada	7 530	7 837	12 067	13 941	19 812	21 522
	Días de inundación + 1 día	28	69	77	85	90	94
	S/.	21 084 000	54 075 300	92 915 900	118 498 500	178 308 000	202 306 800
Casas y bienes de la casa	S/.	13 677 114	16 973 935	26 812 756	28 621 390	33 588 594	43 621 596
Agricultura	Superficie (ha)	0	0	0	0	0	0
	S/.	0	0	0	0	0	0
Infraestructuras	S/.	23 114 322	28 685 951	45 313 558	48 370 150	56 764 725	73 720 498
Subtotal	S/.	57 875 436	99 735 186	165 042 214	195 490 040	268 661 319	319 648 894

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

De acuerdo con el resultado arriba el promedio anual de la reducción del monto de daños según la escala del proyecto se resume como muestra la siguientes tabla.

Tabla 10.3.47 Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Nanay

Periodo de retorno	Monto de daños (S/.)		Reducción del monto de daños S/.	Promedio de la reducción del monto de daños (S/.)	Probabilidad	Promedio del monto de beneficios (S/.)	Promedio anual del monto de beneficios (S/.)
	Sin P.	Con P.					
1/1.01			11 575 087				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 2 años 17 362 631
				34 725 262	0.500	17 362 631	
1/2	57 875 436	0	57 875 436				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 5 años 41 004 224
				78 805 311	0.300	23 641 593	
1/5	99 735 186	0	99 735 186				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 10 años 54 243 094
				132 388 700	0.100	13 238 870	
1/10	165 042 214	0	165 042 214				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 25 años 65 059 062
				180 266 127	0.060	10 815 968	
1/25	195 490 040	0	195 490 040				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 50 años 69 700 575
				232 075 680	0.020	4 641 514	
1/50	268 661 319	0	268 661 319				Proyecto correspondiente a la probabilidad de 100 años 72 642 126
				294 155 107	0.010	2 941 551	
1/100	319 648 894	0	319 648 894				

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

(e) Cuenca del río Ramis

La reducción del monto de daños en la cuenca del río Ramis por la ejecución del proyecto de mitigación de inundaciones indicado en el Capítulo 9, puede resumirse como muestra la siguiente tabla.

Tabla 10.3.48 Efecto del proyecto de mitigación de inundaciones propuesto para la cuenca del río Ramis

Concepto	Unidad	Escala del proyecto de mitigación de inundaciones					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Actividades humanas	Población afectada	2 346	5 834	6 270	6 663	7 886	10 162
	Días de inundación + 1 día	4	5	5	5	6	7
	S/.	938 400	2 917 000	3 135 000	3 331 500	4 731 600	7 113 400
Casas y bienes de la casa	S/.	2 195 356	6 580 279	7 422 783	8 072 937	9 937 452	13 796 602
Agricultura	Superficie (ha)	2134	6146	7103	8207	10 304	12 807
	S/.	4 347 874	12 518 878	14 467 925	16 716 826	20 989 736	26 087 244
Infraestructuras	S/.	3 710 152	11 120 671	12 544 504	13 643 264	16 794 294	23 316 257
Subtotal	S/.	11 191 782	33 136 828	37 570 212	41 764 527	52 453 082	70 313 503

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

De acuerdo con el resultado arriba el promedio anual de la reducción del monto de daños según la escala del proyecto se resume como muestra la siguientes tabla.

Tabla 10.3.49 Cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños del proyecto de mitigación de inundaciones en la cuenca del río Ramis

Periodo de retorno	Monto de daños (S/.)		Reducción del monto de daños	Promedio de la reducción del monto de daños (S/.)	Probabilidad	Promedio del monto de beneficios (S/.)	Promedio anual del monto de beneficios (S/.)
	Sin P.	Con P.	S/.				
1/1.01			2 238 356	6 715 069	0.500	3 357 535	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 2 años 3 357 535
1/2	11 191 782	0	11 191 782	22 164 305	0.300	6 649 292	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 5 años 10 006 826
1/5	33 136 828	0	33 136 828	35 353 520	0.100	3 535 352	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 10 años 13 542 178
1/10	37 570 212	0	37 570 212	39 667 370	0.060	2 380 042	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 25 años 15 922 220
1/25	41 764 527	0	41 764 527	47 108 805	0.020	942 176	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 50 años 16 864 396
1/50	52 453 082	0	52 453 082	61 383 293	0.010	613 833	Proyecto correspondiente a la probabilidad de 100 años 17 478 229
1/100	70 313 503	0	70 313 503				

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

Cabe recordar que el cálculo de los beneficios indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de los 10 puntos especificados en el Capítulo 9. Sus beneficios se especifican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.3.50 Impacto de las medidas contra la socavación de los 10 puntos del río Ramis

Inicio del proyecto	Beneficios (en millones de soles)	Inicio del proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 2º	0.358	Año 7º	2.664

Inicio del proyecto	Beneficios (en millones de soles)	Inicio del proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 3°	0.774	Año 8°	2.956
Año 4°	1.250	Año 9°	3.246
Año 5°	1.782	Año 10°	3.538
Año 6°	2.374	Año 11° y subsiguientes	3.828

Fuente: Equipo de Estudio

10.4 Estimación del costo de proyectos en borrador para Mitigación de Inundaciones

10.4.1 Determinación del costo unitario de construcción estándar y de la cantidad

Las medidas de prevención de inundaciones que se considerarán en el presente Estudio para las cuencas objeto, son principalmente las siguientes obras/medidas como se ha explicado en el Capítulo 9.

- Mejora del río (construcción del dique, ampliación del ancho del río y excavación del río, revestimiento y espigón)
- Cuenca de retardo (excavación en el terreno de la cuenca de retardo (según las necesidades), terraplén alrededor de la cuenca de retardo, otros)
- Cambio de reglas de la presa existente (mantener siempre bajo el nivel de agua para asegurar la capacidad de control de inundaciones) o construcción de nueva presa de control de inundaciones
- Medidas contra erosión (construcción del revestimiento/espigón)

Asimismo, las obras arriba mencionadas requieren los siguientes costos dependiendo del estado del área de obras.

- Costo de traslado de viviendas
- Costo de expropiación de terreno

En este capítulo se calculará el precio unitario de las obras arriba mencionadas y los costos necesarios, señalando al mismo tiempo sus fundamentos, para estimar el costo del proyecto de prevención de inundaciones propuesto para cada cuenca objeto.

(1) Precio unitario de las obras

(a) Relación entre la composición del costo del proyecto y las obras fluviales

En principio, cuando se calcula el costo estimado del proyecto, se hace recolectando los precios unitarios de los materiales, la mano de obra y los alquileres de máquinas y acumulando respectivamente sus cantidades necesarias para el proyecto.

Por otra parte, en el presente Estudio se requiere calcular el costo estimado del proyecto para los 12 ríos objeto con la misma precisión a partir de las cantidades necesarias de las principales partidas de las obras para cada proyecto de prevención de inundaciones. Por lo tanto, se definirá de antemano la proporción de cada partida de gastos respecto a las obras fluviales, tomando como referencia los datos del cálculo de proyectos pasados de control de inundaciones similares del Perú, y se calculará el costo estimado a partir del costo de

las obras. Para tal efecto, en el presente Estudio se ha estimado los componentes del costo del proyecto y sus proporciones como se indican en la siguiente Tabla 10.4.1, conforme al estudio de desarrollo de JICA efectuado en el año 2013 con el título de “Estudio Preparatorio sobre el Programa de Protección de Valles y Poblaciones Rurales Vulnerables ante Inundaciones en la República del Perú (2013)” (en adelante se llamará “estudio de desarrollo de JICA 2013”).

Tabla 10.4.1 Composición de cada partida de gastos para calcular el costo de las obras públicas

Partida de gastos	Fórmula de cálculo	Partida de gastos concreta	Proporción en el estudio de desarrollo de JICA 2013 *1
Costo total del proyecto			1.86 + Costo de adquisición de terreno
Costo de medidas estructurales			1.74
Costo de construcción			1.55
① Costo directo de construcción	A + B + C	A. Obras fluviales Obras provisionales Obras preparatorias Obras actuales B. Costo de obras de compensación C. Costo de medidas ambientales/ fortalecimiento de la capacidad	1.05 1.00 0.02 0.03
② Gastos diversos	①×15%		0.16
③ Beneficios	①×10%		0.10
④ Costo de obras	① + ② + ③		1.31
⑤ IGV	④×18%		0.24
⑥ Costo de construcción	④ + ⑤		1.55
Costo de consultoría			0.19
⑦ Costo de diseño detallado			0.08
⑧ Costo de supervisión de obras			0.11
⑨ Costo de consultoría	⑦ + ⑧		0.19
1) Costo de medidas estructurales	⑥ + ⑨		1.74
Costo de adquisición de terreno			0.06
2) Costo de adquisición de terreno			0.06
Costo de administración durante el período de ejecución del proyecto			0.07
3) Costo de administración durante el período de ejecución del proyecto			0.07
Costo total del proyecto	1) + 2) + 3)		1.86 + Costo de adquisición de terreno
Costo anual de mantenimiento			0.01

*1: Porcentaje de costo de proyecto cuando el costo directo de mitigación es 1.00 (calculado por el Equipo de Estudio de acuerdo con el informe del estudio de desarrollo de JICA 2013)

Fuente : Tabla elaborada por el Equipo de Estudio de acuerdo con el informe del “Estudio de Desarrollo de JICA 2013”

Si se estiman las obras de mitigación, su costo es 1.0 incluyendo las obras provisionales y preparatorias, luego

el costo total del proyecto puede ser estimado (proporción del costo total del proyecto es 1.86+0.06 (Costo de adquisición de terreno)). Por lo tanto, esta proporción del costo total del proyecto será utilizado en este estudio.

(b) Precio unitario de cada tipo de obra (Obras fluviales)

En el presente Estudio, se calculará el precio unitario de cada tipo de las “A. Obras fluviales” indicadas en la Tabla 10.4.1, de acuerdo con las cantidades necesarias de las principales partidas de las obras, tomando como referencia los resultados del estudio de desarrollo de JICA 2013, etc. En el estudio de desarrollo de JICA 2013 se efectuó un estudio de nivel de estudio de factibilidad sobre el programa de control de inundaciones en 5 ríos del Perú y junto con esto se calculó la cantidad aproximada de cada partida de las obras y el costo estimado del programa. Al ordenar estos resultados, pueden calcularse los precios unitarios de las siguientes obras necesarias para la “mejora del río”, la “construcción de la cuenca de retardo” y las “medidas contra erosión”.

- Obras de construcción del dique (por m³)
- Obras de revestimiento ribereño (Por m³)
- Obras de excavación del canal del río (por m³)
- Obras de construcción del dique-toma (por m³ de concreto (se incluyen compuertas y obras suplementarias)

En el estudio de desarrollo de JICA del año 2013, se utilizaron los precios unitarios de la mano de obra y las máquinas de construcción indicados en la siguiente Tabla 10.4.2.

Tabla 10.4.2 Precios unitarios de la mano de obra y las máquinas de construcción

Partida de gastos	Unidad	Precio unitario adoptado (S/.)	Nota
Trabajador especializado en perforación	Hora	15~16	Remuneración básica, bonificación unificada de construcción, seguro, gastos misceláneas, etc.
Jefe	Hora	17~18	
Trabajador especializado	Hora	15~16	
Trabajador ordinario	hora	13~14	
Trabajador de trabajos diversos	hora	11~12	
Retroexcavadora	hora	120~130	158HP / PC220
Camión volquete	hora	110~120	6x4 / 318-395HP / 10-12M3
Bulldozer	hora	150~160	160-195 HP 3.5 YD3

Fuente : Tabla elaborada por el Equipo de Estudio de acuerdo con el informe del “Estudio de Desarrollo de JICA 2013”

Estos datos no han experimentado grandes cambios al año 2017, por lo que se utilizarán los mismos datos. Además, en el “Estudio de Desarrollo de JICA 2013”, se calculan la cantidad y el costo de las obras fluviales, utilizando estos precios unitarios, como muestra la siguiente Tabla 10.4.3.

Tabla 10.4.3 Costo y cantidad de las obras fluviales generales

Río	Código	Costo de las obras (S/.)	Construcción del dique (m ³)	Obras de revestimiento por piedras gigantes (m ³)	Excavación del canal del río (m ³)	Obras de protección del revestimiento (m ³)	Dique-toma (LS / m ³)	Proporción entre las obras de revestimiento y la construcción del dique
Río -A	A-1	2,002,424		9,230		5430		N.A.
	A-2	5,457,362	113,700	28,200				25%
	A-3	3,696,057	1630	16,730	80,270			
	A-4	1,619,416	20,150	7,300	34,400			36%
	A-5	3,092,046	95,125	14,000				15%
Río -B	B-1	3,869,704	60,160	23,700				39%
	B-2	1,533,855	5500	23,700	20,000			431%
	B-3	9,533,669	20,350	7,400			1 / 9500	36%
	B-4	5,129,938	49,900	37,000				74%
	B-5	6,480,309	37,700	32,200	123,500			85%
Río -C	C-1	5,703,661	92,900	32,200				35%
	C-2	5,252,094	42,520	25,000	74,900			59%
	C-3	1,992,899	33,900	12,600				37%
	C-4	1,163,790	17,400	8060				46%
	C-5	2,757,593	29,900	10,600	67,600			35%
	C-6	22,178,280	217,600	83,000	496,000			38%
Río -D	MC-1	8,130,313	155,700	44,300				28%
	MC-2	2,776,927	43,100	18,300				42%
	MC-3	10,548,430	169,000	59,000				35%
Río -E	MC-4	2,861,288	75,200	17,700				24%
	MC-5	7,211,419	179,000	39,400				22%
	MC-6	9,075,444	235,000	51,400				22%
	MC-7	6,862,786	32,300	27,500				85%

Fuente : Tabla elaborada por el Equipo de Estudio de acuerdo con el informe del “Estudio de Desarrollo de JICA 2013”

De acuerdo con el costo estimado de las obras fluviales y sus cantidades arriba descritas, se define el precio unitario de cada obra como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 10.4.4 Precios unitarios de las obras fluviales que se utilizan en el presente Estudio

Tipo de obra	Unidad	Precio unitario definido	Nota
Construcción del dique	m ³	S/. 20	Se incluyen obras provisionales y preparatorias.
Revestimiento ribereña	m ³	S/. 110	
Excavación del canal del río (pequeña escala)	m ³	S/. 18	
Excavación del canal del río (gran escala)	m ³	S/. 10	
Obras de protección del revestimiento	m ³	S/. 180	
Dique-toma (se incluyen compuertas y obras suplementarias)	1 sitio	S/. 8,000,000	
	m ³ (concreto)	S/. 900	

Fuente : Tabla elaborada por el Equipo de Estudio de acuerdo con el informe del “Estudio de Desarrollo de JICA 2013”

(c) Precio unitario de cada tipo de obras 2 (cambio de reglas de la presa existente o construcción de nuevas presas de control de inundaciones)

Como ya se ha descrito detalladamente, el Equipo de Estudio ha propuesto como una de las alternativas de las medidas de mitigación de inundaciones en cada cuenca del río, el cambio de reglas de la presa existente en la cuenca.

Concretamente, se cambiará el nivel máximo de agua en tiempos normales para prepararse ante inundaciones, con lo cual se podrá almacenar una mayor cantidad de agua de inundación proveniente del curso superior y así reducir la cantidad de agua de inundación que fluya hacia el curso inferior. Por consiguiente, se trata de una alternativa por la cual se pueden reducir daños en el curso inferior, lo cual permite disminuir la escala de construcción del dique del curso inferior.

La reducción de daños por inundaciones arriba mencionada ya se ha aclarado en el Capítulo 9, por lo que en este capítulo se definirán los precios unitarios para calcular el costo que se requiere para este cambio de reglas de operación de la presa existente.

En otras palabras, el costo del cambio de reglas de operación de la presa puede considerarse como pérdidas que acompañan al cambio de dichas reglas. Concretamente, los siguientes fenómenos son pérdidas.

- En caso de presas para la irrigación, debido a la reducción de la cantidad de agua de irrigación, se reducirán las áreas de siembra y producción agrícola.
- En caso de presas para el agua del grifo, debido a la reducción del consumo de agua, se reducirán los ingresos por tarifas de consumo de agua.
- En caso de presas para la generación eléctrica, debido a la reducción de la energía eléctrica generada, se reducirán los ingresos por tarifas de luz.

Las presas seleccionadas de las cuencas objeto, han sido construidas con sus respectivos objetivos de uso y entre ellas hay bastante número de presas multipropósito. Además, para calcular el costo de las pérdidas arriba mencionadas se requieren cálculos complicados. Adicionalmente, se considera que al construir nuevas presas de control de inundaciones se lograría el mismo impacto que el cambio de las reglas operacionales de las presas existentes.

Por lo tanto, en el presente Estudio, el costo que acompaña el aseguramiento de la capacidad de control de inundaciones mediante el cambio de reglas operacionales de la presa existente, se calcula

- como costo de construcción de una nueva presa que se construya en el curso superior o inferior a la actual presa para el control de inundaciones.

El costo de construcción por unidad de la capacidad de almacenamiento de agua de una nueva presa, se estimará de acuerdo con los datos sobre planes de construcción de nuevas presas o planes de fortalecimiento de la capacidad de presas existentes mediante la elevación, la eliminación de arena, etc. efectuados en los últimos años en el Perú. Y como resultado, se ha determinado que el costo unitario de la presa es de 10/m³ de soles de acuerdo con los planes señalados en la Tabla 10.4.5.

Tabla 10.4.5 Costo unitario de la construcción de la presa que se utiliza en el presente Estudio

Nombre de la presa	Capacidad de embalse de diseño	Costo	Año estimado	Costo de construcción por m3	Fuente de información
Presa Marripon Cruz de Colaya	6.0 MMC	S/. 30 Million	2011	S/. 5	Estudio a Nivel de Perfil
La presa La Peñita	80 MMC	S/. 300 Million	2013	S/. 4	Newspaper http://www.andina.com.pe
Afianzamiento de la presa Poechos	400 MMC *	S/. 250 Million	2013	S/. 1	Newspaper http://www.andina.com.pe
Costo unitario que se adopta en el presente Estudio				S/. 10	

Nota : *1 : Valores calculados por el Equipo de Estudio con base en las especificaciones del embalse existente

Fuente : Estudio realizado por el Equipo de Estudio

(2) Costo de adquisición de terreno y costo de traslado de viviendas

(a) Precio unitario de terreno para calcular el costo de adquisición de terreno

En cuando al costo de adquisición de terreno se adoptarán los precios unitarios indicados en la Tabla 10.4.8, tomando como referencia los precios de terrenos indicados en las Tabla 10.4.6 y Tabla 10.4.7, que son datos obtenidos a través de las entrevistas con autoridades locales y personas involucradas realizadas durante la primera y segunda etapa de estudio en el Perú.

Tabla 10.4.6 Resultados de las entrevistas sobre precio unitario de adquisición de terreno 1

Categoría	Unidad	Región					
		Sierra (Cusco)		Selva (San Martin)		Costa (Lima)	
		Mínimo	Máximo	Min.	Max.	Min.	Max.
Urbano (Residencial)	m2	60	1,100	12	500	200	1,200
Rural (Campo)		25	100	10	80	25	100

Fuente : Estudio realizado por el Equipo de Estudio

Tabla 10.4.7 Resultados de las entrevistas sobre costo unitario de adquisición de terreno 2

Categoría	Unidad	Region					
		Sierra (Huanuco)		Selva (Loreto)		Costa (Piura)	
		Mínimo	Máximo	Min.	Max.	Min.	Max.
Urbano (Residencial)	m2	60	300	30	900	40	600
Rural (Campo)		15	60	5	60	10	40

Fuente : Estudio realizado por el Equipo de Estudio

Tabla 10.4.8 Precio unitario de adquisición de tierra adaptado en las cuencas prioritarias /modelo

Tipo	Cuenca modelo (planteada)	Costo de adquisición de terreno (m2)	
		Residencial	Rural
Tipo 1	Biabo	100	10-40
Tipo 2	Locumba	300	10-40
Tipo 3	Chancay-Lambayeque	300	10-40
Tipo 4	Piura-Chira	300	10-40
Tipo 5	Rímac	700	10-50
	Ica	500	10-50
Tipo 6	Mantaro	200	10-40
Tipo 7	Huallaga	250	10-50
Tipo 8	Nanay	500	10-50
Tipo 9	Urubamba	100	10-50
Tipo 10	Ramis	250	10-50

Fuente : Estudio realizado por el Equipo de Estudio

(b) Precio unitario de la vivienda para calcular el costo de traslado de viviendas

En cuanto al precio unitario de la vivienda para calcular los beneficios del proyecto de prevención de inundaciones en cada cuenca seleccionada, se utilizará el valor obtenido multiplicando el precio unitario básico de la vivienda nuevamente construida, que ha sido calculado en la “Estimación de Daños Económicos por Activación de Quebradas” (véase el documento adjunto 8-2 del presente informe) elaborada por ANA-DEPHM en agosto de 2016, por el porcentaje indicado en la Tabla 10.3.1. Asimismo, el costo unitario del traslado de viviendas está presentado en la Tabla 10.4.9.

Tabla 10.4.9 Proporción de viviendas según 3 regiones y tipos de vivienda

Tipo de vivienda	Costo unitario de nueva construcción (S/.)	%		
		Sierra	Selva	Costa
Adobe	57 186	45	5	10
Material noble	80 222	52	25	85
Madera	71 816	3	70	5
Región	Cuenca objeto	Valor unitario de daño (S/.)		
Sierra	Biabo	70 000		
	Mantaro			
	Huallaga			
	Urubamba			
	Ramis			
Costa	Chancay-Lambayeque	77 500		
	Piura-Chira			
	Rímac			
	Ica			
	Locumba			
Selva	Nanay	73 000		

Fuente: Estimación de Daños Económicos por Activación de Quebradas y Censos Nacionales XI de Población y VI de Vivienda 2007

Tabla elaborada por el Equipo de Estudio de acuerdo con la Tabla 10.3.1.

Nota: En la Sección 9.3 "Propuesta de medidas de inundaciones" para la estimación del costo de proyectos en el presente Estudio no se ha calculado el número de viviendas a ser desplazadas, y consecuentemente no se utilizó esta Tabla.

(c) Costos para la adquisición de tierras y reubicación de viviendas

En este estudio, se investigaron los costos unitarios para la adquisición de tierras y la reubicación de viviendas. Sin embargo, es difícil poder confirmar lo grande que debería ser el área de terreno para ser adquirido a lo largo del canal del río. Por lo que, los costos para la adquisición de tierras y reubicación de viviendas han sido citados de un estudio previo de JICA en el 2013. Como resultado de esto, en este estudio se adopta el 6% del costo directo de cada proyecto de control de inundaciones.

(3) Costo de medidas contra erosión (obras de revestimiento ribereño y protección del pie)

(a) Base del cálculo del costo

Como medidas contra erosión en la ribera tal y como se ha mencionado en la sección 10.3.1 (3) de este capítulo, puede considerarse

- la instalación del revestimiento ribereño y protección del pie o
- la instalación del espigón

En el cálculo del costo de las medidas contra erosión del presente Estudio, se considerará el costo necesario en caso de instalar el revestimiento ribereño más la protección del pie, debido a las siguientes razones.

- Frecuentemente las medidas con el espigón son menos costosas, pero hay casos en los que no surten efecto y se requiere verificar fenómenos hidrológicos prudentemente en el diseño.
- El presente Estudio tiene como objetivo verificar el efecto del proyecto de control de inundaciones, por lo que desde las consideraciones de la seguridad se calculará el costo de las medidas con “revestimiento y protección del pie” y se hará una verificación básica sobre la economía de las medidas contra erosión.

(b) Sección básica para calcular el costo

Respecto al costo estimado de las obras necesarias como medidas contra erosión, se considerará el costo necesario para realizar las obras indicadas en la siguiente figura de acuerdo con la sección del canal ordinario del río, que se ha utilizado anteriormente para el estudio de caso.

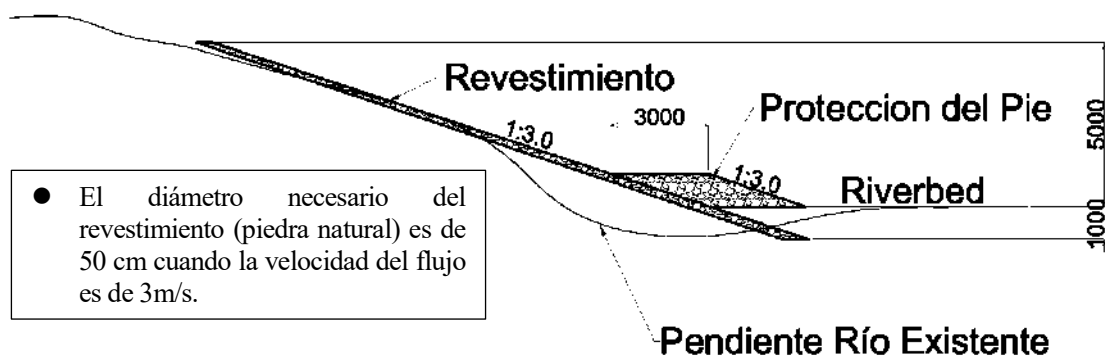


Figura 10.4.1 Sección estándar del revestimiento/protección del pie como medidas contra erosión (plan)

Tomando como base la Figura 10.4.1, el costo del proyecto por 1 metro de obras de prevención de la erosión se estima 1,407 soles por metro como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 10.4.10 Costo estimado del proyecto por 1 metro de obras de prevención de la erosión

Tipo de obra	Ítem de cantidad /Costo unitario	Cantidad/Costo	Nota
Revestimiento	A1 : Área seccional de obras de prevención (m ²)	4	Diámetro necesario: 50cm
	A2 : Longitud de una unidad de obras de prevención (m)	1	
	A3 : Volumen de las obras de prevención (m ³) (= A1 × A2)	4	
	A4 : Costo unitario (S/. /m ³)	110	
	A5 : Costo necesario de obras de prevención (S/.) (= A3 × A4)	429	
Proteccion del Pie	B1 : Área seccional de obras de prevención (m ²)	2.975	Diámetro necesario: 50cm
	B2 : Longitud de una unidad de obras de prevención (m)	1	
	B3 : Volumen de las obras de prevención (m ³) (= B1 × B2)	3	
	B4 : Costo unitario (S/. /m ³)	110	
	B5 : Costo necesario de obras de prevención (S/.) (= B3 × B4)	327	
Sub-total	C1 : Subtotal de costos (S/.) (= A5 + B5)	756	
Costo Unitario del Proyecto para Control de Erosión (S/./m) (= C1 × 1.86)		1 407	1.86 veces

Fuente : Equipo de Estudio

10.4.2 Cálculo del costo estimado del proyecto en cada cuenca objeto

El costo estimado del proyecto de las 2 alternativas propuestas en el Capítulo 9 para los ríos seleccionados, se ha calculado de la siguiente manera de acuerdo con la sección anterior 10.4.1. Los detalles del cálculo se indicarán en el documento adjunto 8-3.

(1) Cuenca del río Piura-Chira

(a) Alternativa-1 : Costo estimado para proyecto de obras de mejora de río

El costo estimado del proyecto de control de inundaciones en la cuenca de los ríos Piura-Chira se ha calculado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.11 Costo estimado del proyecto para el río Piura-Chira en el caso de la Alternativa -1

Ítems	Costo Estimado de Proyecto (S/. millón)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Total de obras en río	1.33	20.40	68.33	119.91	187.50	354.12	Todos los Ítems relacionados a las obras en río están incluidos.
Adquisición de tierra	0.04	0.66	2.20	3.87	6.05	11.42	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Costo total	1.37	21.06	70.54	123.78	193.55	365.54	

Nota: No Incluye los Costos de Obras de Control de Erosion en cada uno de los "Puntos Críticos".

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

(b) Alternativa-2 : Costo estimado del proyecto que considera la cuenca de retardo y el cambio de reglas operacionales de la presa

El costo estimado del proyecto de control de inundaciones que considera la cuenca de retardo del río Piura-Chira (cuenca del río Piura) y el cambio de reglas operacionales de la presa (río Chira) junto con la mejora del río, se ha calculado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.12 Costo estimado del proyecto para los ríos Piura-Chira en el caso de la Alternativa -2

Ítems	Costo Estimado de Proyecto (S/. millon)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Total de obras de construcción para cuenca de retardo	0	205.90	205.90	205.90	205.90	205.90	Todos los ítems relacionados a las obras en río están incluidos.
Adquisición de tierra	0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Desarrollo de la capacidad de control de inundacion en la presa existente	0	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	Todos los ítems relacionados a las obras en río están incluidos.
Total de obras en río	1.33	10.73	36.29	89.30	151.11	273.97	Todos los ítems relacionados a las Obras en Río están incluidos.
Adquisición de tierra	0.04	0.35	1.17	2.88	4.87	8.84	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Costo total	1.37	616.98	643.36	698.07	761.88	888.70	

Nota: No Incluye los Costos de Obras de Control de Erosion en cada uno de los "Puntos Criticos".

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

(c) Costo estimado del proyecto de control de socavación

El cálculo indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de los 41 puntos especificados en el Capítulo 9. Los costos estimados se indican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.4.13 Costo estimado del proyecto de control de socavación de los 41 puntos de los ríos Chira-Piura

Inicio del Proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 1º	4.221
Año 2º	4.221
Año 3º	3.095

Fuente: Equipo de Estudio

(2) Cuenca del Río Rímac

(a) Alternativa-1 : Costo estimado para proyecto de obras de mejora de río

El costo estimado del proyecto de control de inundaciones en la cuenca del río Rímac centrado en el dique, se ha calculado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.14 Costo estimado del proyecto para el río Rímac en el caso de la Alternativa -1

Ítems	Costo Estimado de Proyecto (S/. millón)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Total de obras en río	1.18	1.72	1.72	2.48	3.46	3.84	Todos los ítems relacionados a las obras en río están incluidos.
Adquisición de tierra	0.04	0.06	0.06	0.08	0.11	0.12	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Costo total	1.21	1.77	1.77	2.56	3.57	3.96	

Nota: no Incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos críticos".

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

(b) Alternativa-2 : Costo estimado del proyecto de control de inundaciones principalmente compuesto por la construcción de cuenca de retardo

No se considerará, puesto que no hay sitio candidato para la cuenca de retardo.

(c) Costo de los proyectos de control de socavación

El cálculo indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de los 18 puntos especificados en el Capítulo 9. Los costos estimados del proyecto se indican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.4.15 Costo estimado del proyecto de control de socavación de los 18 puntos del río Rimac

Inicio del Proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 1°	4.221
Año 2°	0.844

Fuente: Equipo de Estudio

(3) Cuenca del Río Ica

(a) Alternativa-1 : Costo estimado para proyecto de obras de mejora de río

El costo estimado del proyecto de control de inundaciones en la cuenca del río Ica centrado en el dique, se ha calculado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.16 Costo estimado del proyecto para el río Ica en el caso de la Alternativa -1

Ítems	Costo Estimado de Proyecto (S/. millón)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Total de obras en río	0.00	0.00	0.61	17.56	38.71	137.13	Todos los ítems relacionados a las Obras en Río están incluidos.
Adquisición de tierra	0.00	0.00	0.02	0.57	1.25	4.42	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Costo total	0.00	0.00	0.62	18.13	39.96	141.55	

Nota: No Incluye los Costos de Obras de Control de Erosion en cada uno de los "Puntos Críticos".

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

(b) Alternativa-2 : Costo estimado del proyecto de control de inundaciones principalmente compuesto por la construcción de cuenca de retardo

El costo estimado del proyecto de control de inundaciones en la cuenca del río Ica centrado en la cuenca de retardo, se ha calculado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.17 Costo estimado del proyecto para el río Ica en el caso de la Alternativa -2

Ítems	Costo Estimado de Proyecto (S/. millón)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Total de obras de construcción para cuenca de retardo	0	0	76.89	76.89	76.89	76.89	Todos los ítems relacionados a la construcción están incluidos..
Adquisición de tierra	0	0	2.48	2.48	2.48	2.48	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Total obras en río	0	0	0	0.61	17.56	38.71	Todos los ítems relacionados a las Obras en Río están incluidos.
Adquisición de tierra	0	0	0	0.02	0.57	1.25	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Costo total	0	0	79.37	79.99	97.50	119.33	

Nota: No Incluye los Costos de Obras de Control de Erosion en cada uno de los "Puntos Críticos".

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

(c) Costo estimado del proyecto de control de socavación

El cálculo indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de los 23 puntos especificados en el Capítulo 9. Los costos estimados del proyecto se indican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.4.18 Costo estimado del proyecto de control de socavación de los 23 puntos del río Ica

Inicio del Proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 1º	4.221
Año 2º	2.251

Fuente: Equipo de Estudio

(4) Cuenca del río Huallaga

(a) Alternativa-1 : Costo estimado para proyecto de obras de mejora de río

El costo estimado del proyecto de control de inundaciones en la cuenca del río Huallaga centrado en el dique, se ha calculado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.19 Costo estimado del proyecto para el río Huallaga en el caso de la Alternativa -1

Ítems	Costo Estimado de Proyecto (S/. millón)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Total de obras en río	324.85	506.26	625.44	771.24	835.24	905.50	Todos los ítems relacionados a las obras en río están incluidos.
Adquisición de tierra	10.48	16.33	20.18	24.88	26.94	29.21	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Costo total	335.33	522.59	645.62	796.12	862.18	934.71	

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos críticos".

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

(b) Alternativa-2 : Costo estimado del proyecto de control de inundaciones principalmente compuesto por la construcción de cuenca de retardo

El costo estimado del proyecto de control de inundaciones en la cuenca del río Huallaga centrado en la cuenca de retardo, se ha calculado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.20 Costo estimado del proyecto para el río Huallaga en el caso de la Alternativa -2

Ítems	Costo Estimado de Proyecto (S/. millon)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Total de obras de construcción para cuenca de retardo	0	0	1 171.79	1 171.79	1 171.79	1 171.79	Todos los ítems relacionados a la construcción están incluidos..
Adquisición de tierra			37.80	37.80	37.80	37.80	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Total obras en río	324.85	506.26	506.26	625.44	771.24	835.24	Todos los ítems relacionados a las Obras en Río están incluidos.
Adquisición de tierra	10.48	16.33	16.33	20.18	24.88	26.94	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Costo total	335.33	522.59	1 732.18	1 855.21	2 005.71	2 071.77	

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos críticos".

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

(c) Costo estimado del proyecto de control de socavación

El cálculo indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de los 24 puntos especificados en el Capítulo 9. Los costos estimados del proyecto se indican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.4.21 Costo estimado del proyecto de control de socavación de los 24 puntos del río Huallaga

Inicio del Proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 1º	4.221
Año 2º	2.533

Fuente: Equipo de Estudio

(5) Cuenca del río Mantaro

(a) Alternativa-1 : Costo estimado para proyecto de obras de mejora de río

El costo estimado del proyecto de control de inundaciones en la cuenca del río Mantaro centrado en el dique, se ha calculado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.22 Costo estimado del proyecto para el río Mantaro en el caso de la Alternativa -1

Ítems	Costo Estimado de Proyecto (S/. million)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Total obras en río	36.27	71.22	72.28	77.16	91.48	118.74	Todos los ítems relacionados con las obras en río están incluidos.
Adquisición de tierra	1.17	2.30	2.33	2.49	2.95	3.83	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Costo total	37.44	73.51	74.61	79.65	94.44	122.57	

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos críticos".

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

(b) Alternativa-2 : Costo estimado para el proyecto compuesto por la combinación de obras de mejora del río y cambio de operaciones de dique existente

El costo estimado del proyecto de control de inundaciones que considera el dique y la capacidad de control de inundaciones de la presa existente, se ha calculado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.23 Costo estimado del proyecto para el río Mantaro en el caso de la Alternativa -2

Ítems	Costo estimado de proyecto (S/. million)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Desarrollo de la capacidad de control de inundación en la presa existente	0	0	52.8	52.8	52.8	52.8	Capacidad desarrollada: 0.7MCM
Total obras en río	36.27	71.22	71.22	72.29	77.16	91.48	
Adquisición de tierra	1.17	2.30	2.30	2.33	2.49	2.95	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Costo total	37.44	73.51	126.31	127.41	132.45	147.24	

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos críticos".

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

(c) Costo estimado del proyecto de control de socavación

El cálculo indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de los 23 puntos especificados en el Capítulo 9. Los costos estimados del proyecto se indican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.4.24 Costo estimado del proyecto de control de socavación de los 23 puntos del río Mantaro

Inicio del proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 1º	4.221
Año 2º	2.251

Fuente: Equipo de Estudio

(6) Cuenca del río Urubamba

(a) Alternativa-1 : Costo estimado para proyecto de obras de mejora de río

El costo estimado del proyecto aproximado de control de inundaciones en la cuenca del río Urubamba centrado en el dique, se ha calculado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.25 Costo estimado del proyecto para el río Urubamba en el caso de la Alternativa -1

Ítems	Costo Estimado de Proyecto (S/. million)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Total de obras en río	4.19	4.19	101.17	313.47	469.02	569.55	Todos los ítems relacionados a las obras en río están incluidos.
Adquisición de tierra	0.14	0.14	3.26	10.11	15.13	18.37	6% del costo directo
Reubicación de casas							
costo total	4.32	4.32	104.44	323.58	484.15	587.92	

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos críticos".

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

(b) Alternativa-2 : Costo estimado del proyecto de control de inundaciones principalmente compuesto por la construcción de cuenca de retardo

El costo estimado del proyecto de control de inundaciones en la cuenca del río Urubamba centrado en la cuenca de retardo, se ha calculado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.26 Costo estimado del proyecto para el río Urubamba en el caso de la Alternativa -2

Ítems	Costo estimado aproximado de proyecto (S/. millon)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Total de obras de construcción para cuenca de retardo	0	0	148.35	148.35	148.35	148.35	Todos los ítems relacionados a la construcción están incluidos..
Adquisición de tierra	0	0	4.79	4.79	4.79	4.79	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Total obras en río	4.19	4.19	4.19	101.17	313.47	469.02	Todos los ítems relacionados a las obras en río estan incluidos.
Adquisición de tierra	0.14	0.14	0.14	3.25	10.11	15.13	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Costo total	4.32	4.32	157.46	257.58	476.72	637.29	

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos criticos”.

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

(c) Costo estimado del proyecto de control de socavación

El cálculo indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de los 18 puntos especificados en el Capítulo 9. Los costos estimados del proyecto se indican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.4.27 Costo estimado del proyecto de control de socavación de los 18 puntos del río Urubamba

Inicio del Proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 1°	4.221
Año 2°	0.844

Fuente: Equipo de Estudio

(7) Estimación de costo estimado para proyectos de mitigación de inundación en otras cuencas modelo

(a) Cuenca del río Biabo

Alternativa-1 : Costo estimado para proyecto de obras de mejora de río

El costo estimado para el Proyecto de Control de Inundaciones en el río Locumba en el que la construcción de un dique es el principal componente ha sido estimado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.28 Costo estimado del proyecto para el río Biabo en el caso de la Alternativa -1

Ítems	Costo estimado de proyecto (S/. millon)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Total obras en río	0.00	0.45	1.95	8.02	21.28	33.53	Todos los Items relacionados a las Obras en Río estan incluidos.
Adquisición de tierra	0.00	0.01	0.06	0.26	0.69	1.08	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Costo total	0.00	0.46	2.02	8.27	21.96	34.61	

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos criticos".

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

Alternativa-2 : Costo estimado del proyecto de control de inundaciones principalmente compuesto por la construcción de cuenca de retardo

El costo estimado para el Proyecto de Control de Inundaciones en el río Biabo en el que la construcción de una cuenca de retardo es el principal componente ha sido estimado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.29 Costo estimado del proyecto para el río Biabo en el caso de la Alternativa -2

Ítems	Ítems	Costo Estimado de Proyecto (S/. millon)						Notas
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Total de obras de construcción para cuenca de retardo	Total de Obras de Construcción para Cuenca de Retardo	0	0	335.36	335.36	335.36	335.36	Todos los Items relacionados a la construcción estan incluidos..
Adquisición de tierra	Adquisición de Tierra	0	0	10.82	10.82	10.82	10.82	6% del costo directo
Reubicación de viviendas	Reubicación de casas							
Total obras en río	Total Obras en Río	0	0.45	0.45	1.95	8.02	21.28	Todos los Items relacionados a las Obras en Río estan incluidos.
Adquisición de tierra	Adquisición de Tierra	0	0.01	0.01	0.06	0.26	0.28	6% del costo directo
Reubicación de viviendas	Reubicación de casas							
Costo total	Costo Total	0	0.46	346.64	348.19	354.45	368.14	

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos criticos".

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

Costo estimado del proyecto de control de socavación

El cálculo indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de un punto especificado en el Capítulo 9. Los costos estimados se indican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.4.30 Costo estimado del proyecto de control de socavación de un punto del río Biabo

Inicio del Proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 1º	0.281

Fuente: Equipo de Estudio

(b) Cuenca del río Locumba

Alternativa-1: Costo estimado de proyecto de control de inundación principalmente compuesto por obras de mejora de río (Construcción de Dique)

El costo estimado para el Proyecto de Control de Inundaciones en el río Locumba en el que la construcción de un dique es el principal componente ha sido estimado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.31 Costo estimado del proyecto para el río Locumba en el caso de la Alternativa -1

Items	Costo Estimado de Proyecto (S/. millon)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Total Obras en Rio	0.00	0.00	0.32	0.68	1.59	3.48	Todos los Items relacionados a las Obras en Rio estan incluidos.
Adquisición de Tierra	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.11	6% del costo directo
Reubicación de casas							
Costo Total	0.00	0.00	0.33	0.70	1.64	3.60	

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos criticos”.

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

Alternativa-2 : Costo estimado para el proyecto compuesto por la combinación de obras de mejora del río y construcción de cuenca de retardo

Para el rio Locumba River, no hay alternativa.

Costo del proyecto de control de socavación

El cálculo indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de los 6 puntos especificados en el Capítulo 9. Los costos estimados se indican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.4.32 Costo estimado del proyecto de control de socavación de los 6 puntos del río Locumba

Inicio del Proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 1º	1.688

Fuente: Equipo de Estudio

(c) Cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque

Alternativa-1 : Costo estimado para proyecto de obras de mejora de río

El costo estimado para el Proyecto de Control de Inundaciones en el río Chancay-Lambayeque en el que la construcción de un dique es el principal componente ha sido estimado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.33 Costo estimado del proyecto para el los ríos Chancay-Lambayeque en el caso de la Alternativa -1

Ítems	Costo Estimado de Proyecto (S/. millon)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Total Obras en Río	3.61	15.17	34.73	68.74	95.08	144.69	Todos los Items relacionados a las Obras en Río estan incluidos.
Adquisición de Tierra	0.12	0.49	1.12	2.22	3.07	4.67	6% del costo directo
Reubicación de casas							
Costo Total	3.73	15.66	35.85	70.96	98.14	149.36	

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos criticos”.

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

Alternativa-2 : Costo estimado del proyecto de control de inundaciones principalmente compuesto por la construcción de cuenca de retardo

El costo del proyecto que considera la construcción del dique en la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque y la construcción de la cuenca de retardo aguas arriba, ha sido estimado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.34 Costo estimado del proyecto para los ríos Chancay-Lambayeque en el caso de la Alternativa -2

Items	Costo Estimado de Proyecto (S/. millon)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Costo total de construcción de la cuenca de retardo	29.50	48.97	48.97	48.97	48.97	48.97	22 MMC reservados
Adquisición de tierra	30.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	Área requerida ×S/.10
Reubicación de viviendas							
Total obras en río	3.61	4.27	16.20	36.53	70.32	95.54	Todos los Items relacionados a las Obras en Río están incluidos
Adquisición de tierra	0.12	0.14	0.52	1.18	2.27	3.08	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Costo total	63.22	88.38	100.69	121.68	156.56	182.59	

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos criticos”.

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

Costo estimado del proyecto de control de socavación

El cálculo indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de los 8 puntos especificados en el Capítulo 9. Los costos estimados se indican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.4.35 Costo estimado del proyecto de control de socavación de los 8 puntos de los ríos Chancay - Lambayeque

Inicio del Proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 1°	2.251

Fuente: Equipo de Estudio

(d) Cuenca del río Nanay

Alternativa-1 : Costo estimado para proyecto de obras de mejora de río

El costo estimado para el Proyecto de Control de Inundaciones en el río Nanay en el que la construcción de un dique es el principal componente ha sido estimado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.36 Costo estimado del proyecto para el río Nanay en el caso de la Alternativa -1

Items	Costo Estimado de Proyecto (S/. millon)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Total obras en río	38.15	51.55	59.09	75.68	95.35	103.46	Todos los Items relacionados a las obras en río están incluidos.
Adquisición de tierra	1.23	1.66	1.91	2.44	3.08	3.34	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Costo total	39.38	53.21	61.00	78.12	98.43	106.80	

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos críticos".

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

Alternativa-2 : Costo Estimado para el proyecto compuesto por reubicacion de casas

El costo estimado del proyecto que considera el traslado de habitantes del área siempre azotada por inundaciones en la cuenca del río Nanay sin efectuar la mejora del río, se ha calculado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.37 Costo estimado del proyecto para el río Nanay en el caso de la Alternativa -2

Items	Costo Estimado de Proyecto (S/. millon)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Total obras en río	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Adquisición de tierra							Compensación por relocalación es S/.70,000 por familia.
Reubicación de viviendas	131.81	137.2	211.19	244.02	346.71	376.67	
Costo total	131.81	137.2	211.19	244.02	346.71	376.67	

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos críticos".

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

(e) Cuenca del río Ramis

Alternativa-1 : Costo estimado para proyecto de obras de mejora de río

El costo estimado para el Proyecto de Control de Inundaciones en el río Ramis en el que la construcción de un dique es el principal componente ha sido estimado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.38 Costo estimado del proyecto para el río Ramis en el caso de la Alternativa -1

Ítems	Costo Estimado de Proyecto (S/. millon)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Total obras en río	26.95	105.00	140.44	173.43	212.85	258.99	Todos los ítems relacionados a las obras en río están incluidos.
Adquisición de tierra	0.87	3.39	4.53	5.59	6.87	8.35	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Costo total	27.82	108.38	144.97	179.02	219.72	267.35	

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos críticos".

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

Alternativa-2 : Costo estimado del proyecto de control de inundaciones principalmente compuesto por la construcción de cuenca de retardo

El costo estimado para el Proyecto de Control de Inundaciones en el río Ramis en el que la construcción de una cuenca de retardo es el principal componente ha sido estimado de la siguiente manera.

Tabla 10.4.39 Costo Estimado del proyecto para el río Ramis en el caso de la Alternativa -2

Ítems	Costo Estimado de Proyecto (S/. millon)						Notas
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	
Costo total de construcción de la cuenca de retardo	0	0	571.18	571.18	571.18	571.18	Todos los ítems relacionados con la construcción están incluidos.
Adquisición de tierra	0	0	18.43	18.43	18.43	18.43	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Total obras en río	26.95	105.00	105.00	140.44	173.43	212.85	Todos los ítems relacionados a las obras en río están incluidos.
Adquisición de tierra	0.87	3.39	3.39	4.53	5.59	6.86	6% del costo directo
Reubicación de viviendas							
Costo total	27.82	108.38	697.98	734.57	768.62	809.32	

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos críticos".

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo 8-3)

Costo estimado del proyecto de control de socavación

El cálculo indicado arriba no incluye las medidas contra la socavación de los 10 puntos especificados en el Capítulo 9. Los costos estimados se indican a continuación, como información adicional a la Tabla anterior.

Tabla 10.4.40 Costo estimado del proyecto de control de socavación de los 10 puntos del río Ramis

Inicio del Proyecto	Beneficios (en millones de soles)
Año 1°	2.814

Fuente: Equipo de Estudio

10.5 Evaluación económica para borrador de proyectos de mitigación de inundación

El detalle de la evaluación económica para borrador de proyectos de mitigación de inundación propuestos para las cuencas seleccionadas se mostrará en el documento adjunto 8-4. Aquí se presenta el resumen de los resultados.

10.5.1 Cálculo del TIRS, VANS y C/B para cada cuencas de río modelo/priorizadas

Respecto a los indicadores económicos basados en el promedio del monto anual de daños y el costo estimado del proyecto en cada cuenca seleccionada en el presente Estudio, se han conseguido los siguientes resultados.

Tabla 10.5.1 TIRS, VANS y C/B para cada una de las cuencas objetivo

Tipo	Nombre de la cuenca	alternativa	Índice *1	Escala de inundación (periodo de retorno)					
				2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Cuenca de río priorizada	Piura-Chira	1	TIRS	53%	38%	23%	21%	17%	11%
			VANS	51M	66M	62M	72M	78M	15M
			B/C	6.5	3.7	2.0	1.8	1.6	1.1
		2	TIRS	48%	-11%	1%	3%	4%	3%
			VANS	50M	-408M	-111M	-100M	-99M	-120M
			B/C	5.6	0.2	0.5	0.6	0.6	0.6
	Rímac	1	TIRS	43%	43%	44%	42%	40%	40%
			VANS	35M	36M	36M	36M	35M	35M
			B/C	5.9	5.8	5.8	5.5	5.1	4.9
	Ica	1	TIRS	54%	158%	230%	92%	57%	21%
			VANS	33M	71M	97M	116M	117M	65M
			B/C	7.2	14.5	18.1	7.6	4.7	1.7
		2	TIRS	54%	158%	22%	29%	27%	25%
			VANS	33M	71M	48M	77M	81M	78M
			B/C	7.2	14.5	1.9	2.4	2.2	2.0
	Mantaro	1	TIRS	21%	18%	20%	19%	19%	13%
			VANS	30M	32M	42M	42M	42M	16M
			B/C	1.9	1.6	1.7	1.7	1.6	1.2
		2	TIRS	21%	18%	13%	14%	14%	12%
			VANS	30M	32M	17M	23M	22M	15M
			B/C	1.9	1.6	1.2	1.3	1.3	1.2
	Huallaga	1	TIRS	37%	54%	56%	53%	52%	50%
			VANS	355M	809M	1,023M	1,013M	1,035M	962M
			B/C	1.5	4.7	4.8	4.8	4.7	4.6
2		TIRS	37%	54%	24%	26%	25%	25%	
		VANS	355M	809M	402M	448M	430M	438M	
		B/C	1.5	4.7	2.2	2.4	2.4	2.3	
Urubamba	1	TIRS	99%	193%	33%	17%	13%	12%	
		VANS	76M	125M	116M	77M	47M	25M	
		B/C	9.4	14.9	2.6	1.5	1.2	1.1	
	2	TIRS	99%	193%	23%	22%	14%	11%	
		VANS	76M	125M	87M	109M	50M	10M	
		B/C	9.4	14.9	1.9	1.8	1.3	1.0	

Tipo	Nombre de la cuenca	Alternativa	Índice	Escala de inundación (periodo de retorno)					
				2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Tipo 1	Biabo	1	TIRS	50%	40%	19%	0%	-11%	-16%
			VANS	1M	2M	1M	-3M	-12M	-20M

Tipo	Nombre de la Cuenca	Alternativa	Índice	Escala de inundación (periodo de retorno)					
				2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
			B/C	7.0	4.0	1.6	0.5	0.2	0.1
		2	TIRS	50%	40%	Incompatible ya que el costo es muy alto comparado con el beneficio.			
	VANS		1M	2M					
	B/C		7.0	4.0					
Tipo 2	Locumba	1	TIRS	50%	50%	50%	44%	38%	30%
	VANS		12M	12M	12M	11M	11M	9M	
	B/C		7.0	7.0	6.3	5.6	4.5	3.1	
Tipo 3	Chancay-Lambayeque	1	TIRS	53%	38%	23%	21%	17%	11%
			VANS	51M	66M	62M	72M	78M	15M
			B/C	6.5	3.7	2.0	1.8	1.6	1.1
		2	TIRS	48%	-11%	1%	3%	4%	3%
			VANS	50M	-408M	-111M	-100M	-99M	-120M
	B/C	5.6	0.2	0.5	0.6	0.6	0.6		
Tipo 4	Piura-Chira	Vea las tablas anteriores							
Tipo 5	Rímac	Vea las tablas anteriores							
	Ica	Vea las tablas anteriores							
Tipo 6	Mantaro	Vea las tablas anteriores							
Tipo 7	Huallaga	Vea las tablas anteriores							
Tipo 8	Nanay	1	TIRS	61%	107%	124%	116%	99%	95%
			VANS	91M	236M	317M	366M	383M	396M
			B/C	4.5	7.7	8.8	8.4	7.2	6.9
		2	TIRS	16%	40%	35%	36%	27%	26%
			VANS	30M	171M	199M	232M	196M	190M
			B/C	1.4	3.0	2.7	2.8	2.2	2.1
Tipo 9	Urubamba	Vea las tablas anteriores							
Tipo 10	Ramis	1	TIRS	24%	14%	13%	12%	10%	8%
			VANS	22M	16M	18M	15M	3M	-19M
			B/C	2.0	1.2	1.2	1.1	1.0	0.9
		2	TIRS	24%	14%	-3%	-2%	-2%	-2%
			VANS	22M	16M	-159M	-155M	-156M	-160M
			B/C	2.0	1.2	0.4	0.4	0.4	0.4

Nota: *1: TIRS: Tasa interna de retorno social, VANS: Valor actual neto, B/C: relación beneficios – costos

Fuente: Equipo de Estudio JICA (Ver Anexo8-4)

10.5.2 Cálculo del TIRS, VANS y C/B para obras de control de erosión

Como se muestra en la Tabla 10.5.1, un proyecto de control de inundaciones varía considerablemente según los bienes existentes en cada cuenca, el régimen hidrológico y "qué tramos proteger y hasta dónde". La evaluación de los proyectos arriba indicados, incluyó el impacto no solo de las medidas de control de inundaciones sino también del control de socavación. Como se observa en la Tabla 10.5.1, por ejemplo en el caso del río Locumba, la economía del proyecto ha sido altamente calificada por las medidas de control de socavación, y no por las medidas de control de inundaciones que han sido pocas. Mientras tanto, en los ríos Piura, y Chancay-Lambayeque, el costo del proyecto ha sido estimado asumiendo que se ejecutará el proyecto de control de inundaciones en las áreas donde las éstas afectan una extensa superficie, con base en los resultados del simulacro, pero la evaluación abarcó también las áreas donde el impacto del control es reducido, razón por la cual la economía del proyecto ha sido relativamente baja en comparación con otras cuencas.

10.6 Costos y beneficios estimados de las medidas de control de inundaciones calculados en el presente Estudio

Como se muestra en la Tabla 10.5.1 de la sección 10.5 sobre los resultados de la evaluación económica de las medidas de control de inundaciones, tienen características y tendencias diferentes el costo estimado del proyecto, el beneficio y la evaluación económica de las medidas propuestas en cada cuenca objetivo. Además, incluso en la misma cuenca, las características y tendencias cambian en función del contenido del plan de medidas contra inundaciones.

Por ejemplo, en ríos donde la mayoría de los canales fluyen por tierras de cultivo y humedales, donde están dispersas las áreas de concentración de poblaciones y propiedades, las contramedidas de inundación cuyo componente principal es la mejora del canal de río (construcción de diques y ampliación del ancho de río) son económicamente ventajosas. Por otra parte, en ríos donde la mayoría del trayecto fluyen por tierras de áreas densamente concentradas de propiedades, las medidas que consisten en la construcción de una instalación de control de inundaciones en parte superior del río tienen ventajas económicas según el caso. De igual manera, en caso de que la adquisición de terreno necesario para la mejora del canal de río necesite bastante tiempo y de poder establecer fácilmente las instalaciones del control de inundaciones en parte superior del río, tendrá ventajas económicas la medida de control a través de la construcción de una instalación de control de inundaciones en parte superior del río, según el caso, porque se extenderá el efecto de control por toda la cuenca en breve.

10.7 Formulación del Plan de Cronograma de Implementación del Proyecto

Los proyectos planteados en la sección anterior 10.6 como proyectos de control de inundaciones más adecuados para las respectivas cuencas objeto del presente Estudio, son las medidas para mitigar daños en todas las áreas con riesgo de inundaciones encabezadas por las áreas que se encuentran alrededor de los principales ríos de las cuencas, y como se ha indicado en la sección 10.4.2, el costo total del proyecto que responde a las circunstancias de cada cuenca varía mucho según las cuencas. Por ejemplo, en caso de los proyectos que corresponden a la precipitación de 50 años de probabilidad de ocurrencia, su costo varía entre 4 y 835 millones de soles aproximadamente. Se considera difícil implementar estos proyectos en el marco del mismo programa/proyecto. Es deseable efectuar cada proyecto de acuerdo con fondos y régimen adecuados para cada proyecto. Por consiguiente, en la Sección 13.1 del Capítulo 13 junto con la propuesta de financiación se presentará el plan de cronograma de los proyectos.

10.8 Resultado de la evaluación inicial del ambiente

En este estudio básico se ha realizado un estudio muy inicial del estado del ambiente y las implicancias que los proyectos propuestos podrían ejercer sobre el ambiente local. En la medida de que estos proyectos propuestos sean considerados objeto de un estudio más detallado con vistas a su implementación, los estudios ambientales deberán ser profundizados.

En esta etapa, se puede concluir lo siguiente:

Los proyectos propuestos en este estudio básico para controlar la inundación beneficiará tres sectores principales: a) la población ribereña; b) las instalaciones de servicios públicos y; c) las áreas destinadas a la agricultura. En cuanto a la población ribereña, se espera un gran impacto positivo en su calidad de vida y economía tras evitar los daños y pérdidas; en cuanto a las instalaciones de servicios públicos, se espera que habrá un beneficio directo en la salud de la población beneficiaria debido a la continuidad de los servicios; por ultimo al proteger las áreas agrícolas se estará manteniendo o incrementando la condición socio-económica de la población debido a la sostenible producción agrícola.

En esta etapa, se puede recomendar lo siguiente:

Es posible que aparezcan algunos impactos adversos sobre el ambiente debido a la implementación del proyecto los cuales pueden ser minimizados a través de las medidas de mitigación propuestas. En este sentido se debe prestar la debida atención a la construcción de las cuencas de retardo ya que puede lidiar con una gran intervención física y podría necesitar la relocalización de la gente que vive en el lugar.

Capítulo 11 Estimación del Costo Total del Proyecto para las 159 Cuencas Basada en el Resultado del Estudio de las Cuencas Modelo

11.1 Propósito del Estudio en este Capítulo

En el presente Estudio se han clasificado las 159 cuencas de río que se encuentran en todo el territorio peruano en 10 tipos de acuerdo con sus características socioeconómicas y naturales (véase el Capítulo 4) y en el Capítulo 10 se han considerado el contenido y el costo estimado del proyecto de mitigación de inundaciones necesario para cada tipo. En la siguiente tabla se mostrarán de nuevo las cuencas de río modelo que representan los respectivos tipos, las características de cada tipo y supuestos puntos de atención a considerar al planificar el control de inundaciones, así como el número de cuencas que pertenecen a cada tipo.

Tabla 11.1.1 Resultado de la selección de cuencas modelo y sus características

Tipo	Características	Puntos a considerar al planificar y diseñar control de inundación (Referir al Capítulos 7 y 10)	No. de cuencas de río	Cuenca de río modelo
Tipo1	Población pequeña y PBI per capita pequeño	Se espera que el área protegida sea limitada, de tal manera que se supone un beneficio no tan alto.	57	Biabo
Tipo2	Población pequeña y PBI per capita grande. El sector económico secundario es el típico	Al igual que las cuencas de tipo 1, el área protegida será limitada. Se espera la protección inteligente de lugares importantes como carreteras y sembríos debido a beneficios limitados	30	Locumba
Tipo3	Cuencas del Pacífico. Población grande y PBI per capita pequeño. Poca lluvia y pendiente del río pronunciada	No solo mitigación de inundación, también el manejo de sedimentos debe de ser considerado debido a las características topográficas. Va a ser necesario definir el orden de prioridad del proyecto.	7	Chancay-Lambayeque
Tipo4	Cuencas del Pacífico. Población grande y PBI per capita pequeño. Poca lluvia y pendiente del río suave. El sector económico terciario es típico.	Medidas de mitigación típicas japonesas pueden ser aplicables debido a la similitud de características del río. Va a ser necesario definir el orden de prioridad del proyecto.	3	Piura-Chira*
Tipo5	Cuencas del Pacífico. Población grande y PBI per capita grande. Poca lluvia y pendiente del río pronunciada.	Se deberá de considerar la reubicación de un gran número de viviendas debido a la construcción de una gran presa	24	Rímac*
				Ica*
Tipo6	Cuencas del Amazona. Población grande y PBI per capita pequeño. Poca lluvia y pendiente del río pronunciada.	No solo mitigación de inundación, también el manejo de sedimentos debe de ser considerado debido a las características topográficas	9	Mantaro*
Tipo7	Cuencas del Amazona. Población grande y PBI per capita pequeño. Mucha lluvia y pendiente del río pronunciada.	No solo mitigación de inundación, también el manejo de sedimentos debe de ser considerado debido a las características topográficas	8	Huallaga*
Tipo8	Cuencas del Amazona. Población grande y PBI per capita pequeño. Mucha lluvia y pendiente del río suave.	Se espera la protección inteligente de lugares importantes como sembríos y áreas residenciales.	7	Nanay

Tipo	Características	Puntos a considerar al planificar y diseñar control de inundación (Referir al Capítulos 7 y 10)	No. de cuencas de río	Cuenca de río modelo
Tipo9	Cuenca del Amazonas. Población grande y PBI per capita grande. Pendiente del río pronunciada. El sector económico secundario es el típico.	No solo mitigación de inundación, también el manejo de sedimentos debe de ser considerado debido a las características topográficas La red de transporte y manufactura tiene que ser protegida.	4	Urubamba*
Tipo10	Cuencas del Titicaca. Población grande y PBI per capita pequeño. Poca lluvia y pendiente del río pronunciada. El sector económico primario es el típico.	Se espera la protección inteligente de lugares importantes como carreteras y sembríos.	6	Ramis**

* : Cuencas de río priorizadas ** : Cuencas de río recomendadas como cuencas de río priorizadas

En este capítulo se calculará el monto total de demanda de fondos de cada tipo, considerando el número de cuencas que pertenecen a cada tipo.

11.2 Método para estimar costos totales y los beneficios totales de proyecto para las 159 cuencas de río

A partir de los beneficios y costos totales calculados para la cuenca modelo, se estimarán los beneficios y costos totales de las cuencas agrupadas por tipos. Incluyendo el flujo de consideración correspondiente a los capítulos anteriores, se presenta en la siguiente Figura 11.2.1 el flujo para calcular el monto total de demanda de fondos por tipos.

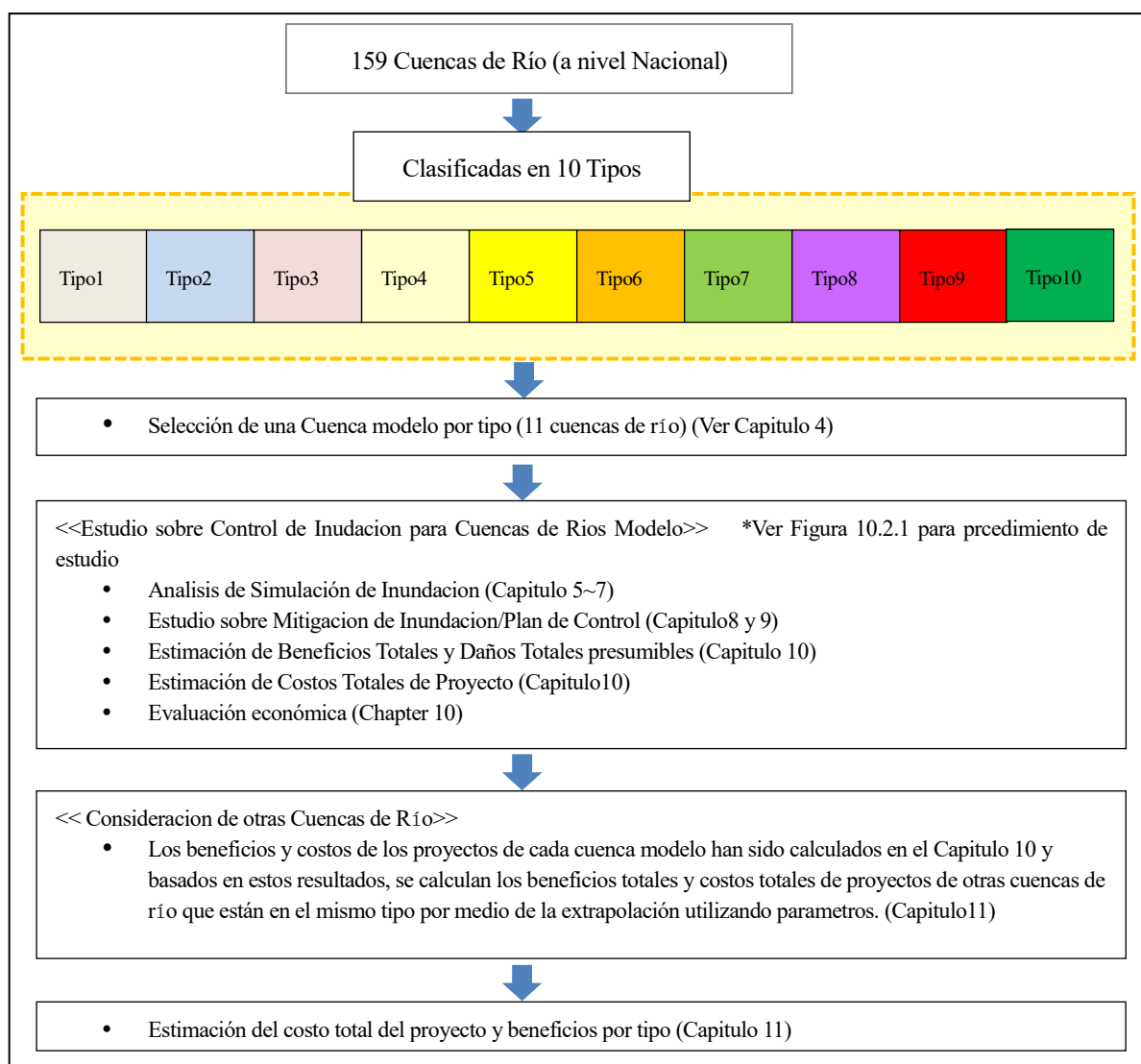


Figura 11.2.1 Flujo del estudio para la estimación de costo y beneficio en todas las cuencas por tipo

11.2.1 Hipótesis para estimar costos totales y beneficios totales del proyecto para las 159 cuencas de río

El costo total estimado de la demanda de fondos de cada tipo excluyendo las cuencas modelo, se calculará suponiendo que, debido a que se han considerado las características sociales y naturales (pendiente del río, precipitación anual) a la hora de tipificar las cuencas, el menú y la configuración de las medidas de prevención de inundaciones para las cuencas del mismo tipo deben ser homogéneos conforme a la proporción de los indicadores básicos de las cuencas (mismo tipo de medidas para las cuencas de similar tamaño).

Por consiguiente, se definirán múltiples índices tipificados como parámetros (coeficientes) y se estimará el supuesto monto total, multiplicando el supuesto costo del proyecto de control de inundaciones de la cuenca modelo por parámetros. Se definirán varios índices básicos de la cuenca, y se estimará el costo de los proyectos de control de inundaciones en las 159 cuencas, aplicando el índice que se considere más

apropiado. Asimismo, el costo estimado del proyecto de una cuenca modelo que servirá de base se definió en el valor básico de la Alternativa 1 para cada modelo (encauzamiento + control de inundaciones).

11.2.2 Selección de los indicadores básicos de cuenca (parámetros)

Como se ha descrito arriba, con el objetivo de considerar los beneficios y costos totales de las cuencas, se definirán los índices para los tipos como parámetros y se calcularán los valores de las respectivas cuencas, utilizando el monto de daños y el costo del proyecto de la cuenca modelo. En el presente estudio los parámetros indicados a continuación se definen como parámetros para la estimación.

Tabla 11.2.1 Parámetros para la estimación de beneficios totales y costos totales de proyecto por cada tipo

No.	Parámetros	Índices a ser considerados	Razones de su selección como parámetros
1	Áreas de captación	Beneficio total costo total del proyecto	.Se espera que el número de lugares y zonas inundadas esté por supuesto relacionado con el tamaño de la cuenca del río.
2	Longitud del canal de río	Beneficio total costo total del proyecto	Igual que el parámetro nº 1: áreas de captación, la longitud del canal del río es otro de los índices para medir el tamaño de la cuenca del río. Se espera que la longitud del canal del río sea uno de los factores de escala del coste del proyecto.
3	Población	Beneficio total costo total del proyecto	Se espera una correlación entre el número de habitantes con propiedades en la misma zona. Como resultado, la población está relacionada con el potencial daño de inundación.
4	Número de puntos críticos*1	Beneficio total costo total del proyecto	El número de puntos críticos designados por ANA en cada río está correlacionado con el coste del proyecto y en cierta medida con el beneficio.

*1; Basados en los resultados de ANA (2014-2016)

11.2.3 Método de cálculo del costo total de proyecto por cada tipo

Se calcularán el costo total estimado y el beneficio total mediante estimación de ratio que define como valor básico (denominador) el valor del parámetro de la sección anterior correspondiente a la cuenca modelo, y como numerador, el total de los valores del parámetro de las cuencas del tipo.

$$\text{Ratio Estimado (R)} = \frac{\text{Valor Total (numero/volumen) de parametro en todas las cuencas de río de tipo a ser estimadas}}{\text{Valor (numero/volumen) de parametro en cuenca de río modelo}}$$

Beneficio total de proyecto en tipo (b) = ratio estimado (r) x beneficio total proyecto en cuenca de río modelo

Beneficio total de proyecto en tipo (c) = ratio estimado (r) x costo total proyecto en cuenca de río modelo

11.3 Resultado del cálculo de los beneficios totales y de los costos estimados de los proyectos

(1) Cálculo de los costos totales estimados y los beneficios totales de proyecto para cada tipo

Aplicando cada parámetro arriba mencionado, se calcula el beneficio total y el costo total estimado del proyecto de cada caso y cada tipo.

(a) Beneficio total y costo total estimado de cada tipo

La siguiente tabla muestra el beneficio total de cada tipo (promedio anual de la reducción del monto de daños).

**Tabla 11.3.1 Beneficio Total de proyecto en cuenca de río tipo -1
(cantidad anual esperada de mitigación de daños)**

Unidad:\$/ millón

Escala de control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	0.0	0.0	0.0	0.0
5 años	5.1	2.8	2.3	3.3
10 años	8.9	4.9	3.9	5.7
25 años	11.9	6.6	5.3	7.6
50 años	13.8	7.6	6.2	8.9
100 años	15.4	8.5	6.9	9.9

Nota: no incluye los beneficios de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos críticos".

**Tabla 11.3.2 Beneficio total de proyecto en cuenca de río tipo -2
(cantidad anual esperada de mitigación de daños)**

Unidad:\$/ millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	0	0	0	0
5 años	0	0	0	0
10 años	0.002	0.002	0.001	0.001
25 años	0.055	0.064	0.046	0.028
50 años	0.125	0.144	0.104	0.064
100 años	0.183	0.211	0.152	0.094

Nota: no incluye los beneficios de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos críticos".

**Tabla 11.3.3 Beneficio total de proyecto en cuenca de río tipo -3
(cantidad anual esperada de mitigación de daños)**

Unidad:\$/ millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	6.1	5.6	4.6	7.0
5 años	21.6	19.6	16.1	24.7
10 años	33.7	30.6	25.1	38.6
25 años	47.8	43.3	35.5	54.7
50 años	54.9	49.8	40.8	62.9
100 años	59.8	54.3	44.5	68.4

Nota: no incluye los beneficios de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos críticos".

**Tabla 11.3.4 Beneficio total de proyecto en cuenca de río tipo -4
(cantidad anual esperada de mitigación de daños)**

Unidad:S/. millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	3.3	3.8	3.3	4.0
5 años	7.8	9.0	7.9	9.6
10 años	13.0	15.1	13.3	16.0
25 años	20.5	23.7	20.8	25.2
50 años	24.8	28.8	25.2	30.5
100 años	28.0	32.4	28.4	34.4

Nota: no incluye los beneficios de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

**Tabla 11.3.5 Beneficio total de proyecto en cuenca de río tipo -5
(cantidad anual esperada de mitigación de daños)**

Unidad:S/. millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	5.7	5.0	0.7	3.5
5 años	80.6	71.1	10.5	49.0
10 años	132.9	117.2	17.3	80.8
25 años	192.9	170.3	25.1	117.4
50 años	223.3	197.1	29.1	135.9
100 años	242.7	214.2	31.6	147.7

Nota: no incluye los beneficios de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

**Tabla 11.3.6 Beneficio total de proyecto en cuenca de río tipo -6
(cantidad anual esperada de mitigación de daños)**

Unidad:S/. millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	6.7	7.0	5.1	4.5
5 años	17.7	18.7	13.5	11.9
10 años	23.3	24.6	17.7	15.6
25 años	27.1	28.6	20.6	18.1
50 años	28.4	30.0	21.6	19.0
100 años	29.1	30.7	22.1	19.5

Nota: no incluye los beneficios de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

**Tabla 11.3.7 Beneficio Total de proyecto en cuenca de río tipo -7
(cantidad anual esperada de mitigación de daños)**

Unidad:S/. millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	161.0	155.1	120.8	150.2
5 años	394.4	379.9	295.8	368.1
10 años	507.0	488.4	380.3	473.1
25 años	591.2	569.4	443.4	551.7
50 años	624.8	601.8	468.6	583.0
100 años	643.6	619.9	482.7	600.6

Nota: no incluye los beneficios de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

**Tabla 11.3.8 Beneficio total de proyecto en cuenca de río tipo -8
(cantidad anual esperada de mitigación de daños)**

Unidad:S/. millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	102.1	67.8	48.9	23.2
5 años	241.1	160.1	115.5	54.7
10 años	319.0	211.8	152.8	72.3
25 años	382.6	254.0	183.2	86.7
50 años	409.9	272.2	196.3	92.9
100 años	427.2	283.6	204.6	96.9

Nota: no incluye los beneficios de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos críticos"

**Tabla 11.3.9 Beneficio total de proyecto en cuenca de río tipo -9
(cantidad anual esperada de mitigación de daños)**

Unidad:S/. millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	12.5	13.7	11.0	13.2
5 años	26.7	29.2	23.4	28.2
10 años	43.3	47.4	38.0	45.6
25 años	67.3	73.7	59.1	71.0
50 años	78.8	86.2	69.1	83.0
100 años	85.9	94.0	75.4	90.6

Nota: no incluye los beneficios de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos críticos".

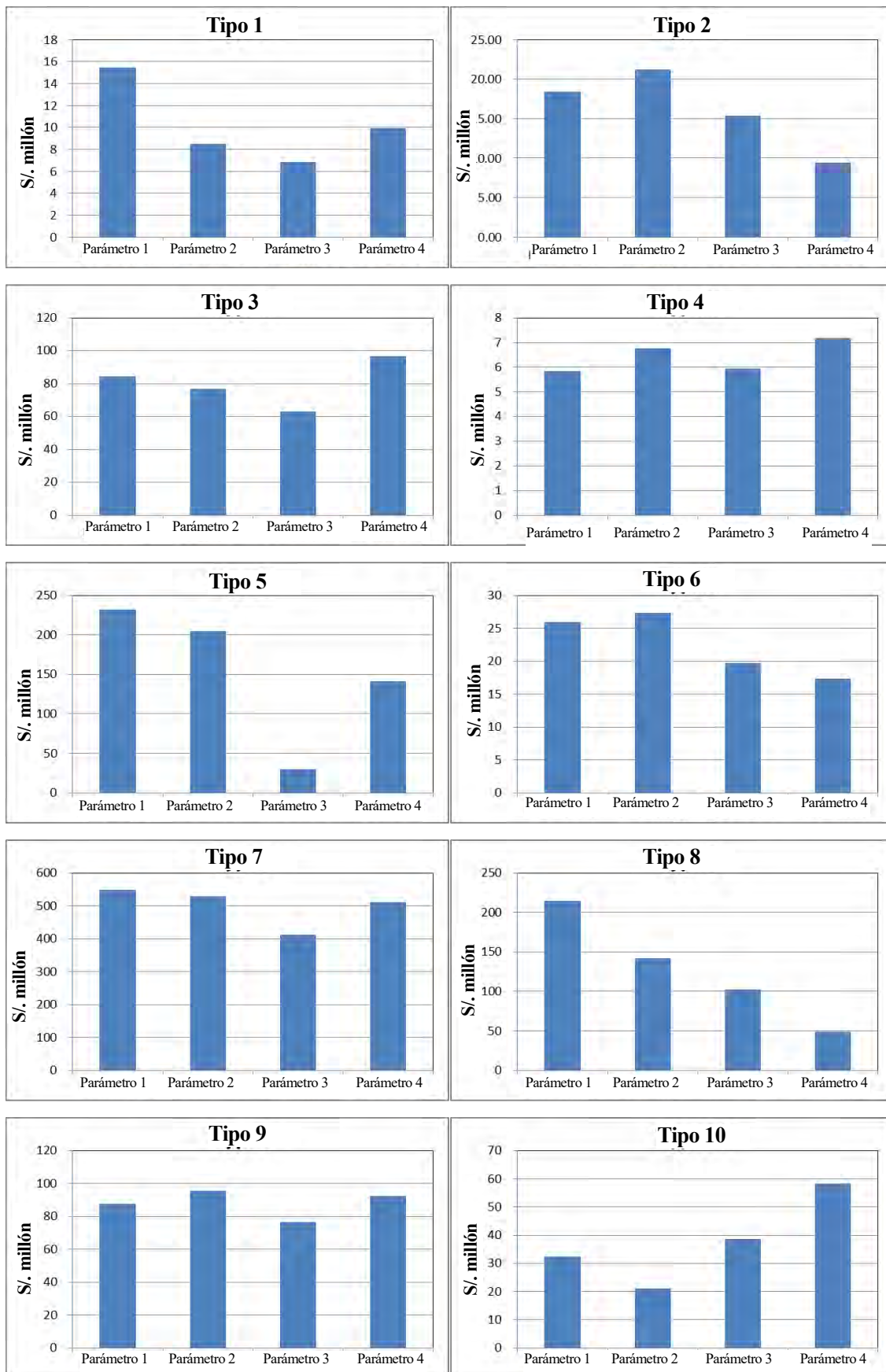
**Tabla 11.3.10 Beneficio total de proyecto en cuenca de río tipo -10
(cantidad anual esperada de mitigación de daño)**

Unidad:S/. millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	6.8	4.4	8.1	12.2
5 años	20.3	13.2	24.2	36.5
10 años	27.5	17.9	32.8	49.3
25 años	32.3	21.0	38.5	58.0
50 años	34.2	22.3	40.8	61.4
100 años	35.4	23.1	42.3	63.7

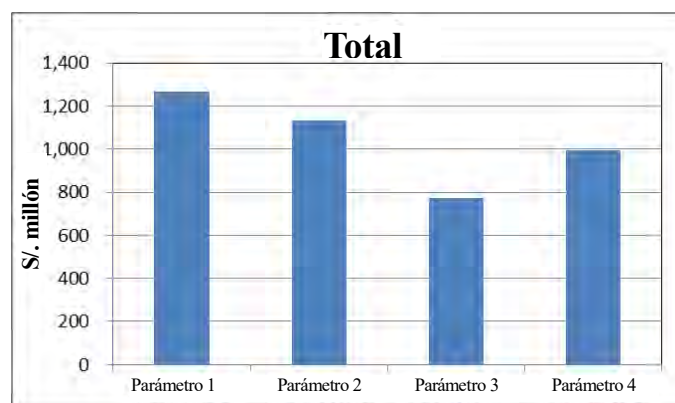
Nota: no incluye los beneficios de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos críticos".

Asimismo, el beneficio total (promedio anual de la reducción del monto de daños) en caso de realizar el proyecto de escala de probabilidad de 100 años) puede expresarse en figura como se presenta a continuación.



Nota: no incluye los beneficios de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”..

Figura 11.3.1 Beneficio total por periodo de retorno del proyecto de 100 años por cada tipo (cantidad anual de daños mitigados esperado)



Nota: no incluye los beneficios de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

Figura 11.3.2 Beneficios totales globales de los proyectos en las 159 cuencas con periodo de retorno de 100 años(cantidad anual esperado de daños mitigados)

Tabla 11.3.11 Resumen de beneficios totales de control de inundación en cada cuenca de río tipo (cantidad anual esperada de mitigación de daños) (Parámetro 1)

Unidad:S/.millón

Tipo	Cuenca modelo	Escala de control de inundación (periodo de retorno)					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo	0.0	5.1	8.9	11.9	13.8	15.4
2	Locumba	0.0	0.0	18.2	18.3	18.4	18.4
3	Chancay-Lambayeque	6.1	21.6	33.7	47.8	54.9	59.8
4	Piura & Chira	3.3	7.8	13.0	20.5	24.8	28.0
5	Rímac & Ica	5.7	80.6	132.9	192.9	223.3	242.7
6	Mantaro	6.7	17.7	23.3	27.1	28.4	29.1
7	Huallaga	161.0	394.4	507.0	591.2	624.8	643.6
8	Nanay	102.1	241.1	319.0	382.6	409.9	427.2
9	Urubamba	12.5	26.7	43.3	67.3	78.8	85.9
10	Ramis	6.8	20.3	27.5	32.3	34.2	35.4
Total		241.3	304.2	815.4	1 126.8	1 391.9	1 511.3

Nota: no incluye los beneficios de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

Tabla 11.3.12 Resumen de Beneficios totales de control de inundación en cada cuenca de río tipo (cantidad anual esperada de mitigación de daños) (Parámetro 2)

Unidad:S/. millón

Tipo	Cuenca modelo	Escala de control de inundación (periodo de retorno)					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo	0.0	2.8	4.9	6.6	7.6	8.5
2	Locumba	0.0	0.0	21.0	21.1	21.2	21.2
3	Chancay-Lambayeque	5.6	19.6	30.6	43.3	49.8	54.3
4	Piura & Chira	3.8	9.0	15.1	23.7	28.8	32.4
5	Rímac & Ica	5.0	71.1	117.2	170.3	197.1	214.2
6	Mantaro	7.0	18.7	24.6	28.6	30.0	30.7
7	Huallaga	155.1	379.9	488.4	569.4	601.8	619.9
8	Nanay	67.8	160.1	211.8	254.0	272.2	283.6
9	Urubamba	13.7	29.2	47.4	73.7	86.2	94.0
10	Ramis	4.4	13.2	17.9	21.0	22.3	23.1
Total		213.1	262.4	703.8	978.9	1 211.7	1 316.8

Nota: no incluye los beneficios de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

Tabla 11.3.13 Resumen de beneficios totales de control de inundación en cada cuenca de río tipo (cantidad anual esperada de mitigación de daños) (Parámetro 3)

Unidad:S/. millón

Tipo	Cuenca modelo	Escala de control de inundación (periodo de retorno)					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo	0.0	2.3	3.9	5.3	6.2	6.9
2	Locumba	0.0	0.0	15.2	15.2	15.3	15.3
3	Chancay-Lambayeque	4.6	16.1	25.1	35.5	40.8	44.5
4	Piura & Chira	3.3	7.9	13.3	20.8	25.2	28.4
5	Rímac & Ica	0.7	10.5	17.3	25.1	29.1	31.6
6	Mantaro	5.1	13.5	17.7	20.6	21.6	22.1
7	Huallaga	120.8	295.8	380.3	443.4	468.6	482.7
8	Nanay	48.9	115.5	152.8	183.2	196.3	204.6
9	Urubamba	11.0	23.4	38.0	59.1	69.1	75.4
10	Ramis	8.1	24.2	32.8	38.5	40.8	42.3
Total		165.2	202.4	509.2	696.2	846.8	912.9

Nota: no incluye los beneficios de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”

Tabla 11.3.14 Resumen de beneficios totales de control de inundación en cada cuenca de río tipo (cantidad anual esperada de mitigación de daño) (Parámetro 4)

Unidad:S/. millón

Tipo	Cuenca modelo	Escala de control de inundación (periodo de retorno)					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo	0.0	3.3	5.7	7.6	8.9	9.9
2	Locumba	0.0	0.0	9.4	9.4	9.4	9.5
3	Chancay-Lambayeque	7.0	24.7	38.6	54.7	62.9	68.4
4	Piura & Chira	4.0	9.6	16.0	25.2	30.5	34.4
5	Rímac & Ica	3.5	49.0	80.8	117.4	135.9	147.7
6	Mantaro	4.5	11.9	15.6	18.1	19.0	19.5
7	Huallaga	150.2	368.1	473.1	551.7	583.0	600.6
8	Nanay	23.2	54.7	72.3	86.7	92.9	96.9
9	Urubamba	13.2	28.2	45.6	71.0	83.0	90.6
10	Ramis	12.2	36.5	49.3	58.0	61.4	63.7
Total		184.9	217.8	585.9	806.5	999.8	1 087.0

Nota: no incluye los beneficios de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”..

(b) Costos totales estimados del proyecto por tipo

En la siguiente tabla están ordenados los costos totales del proyecto por tipo en caso de realizar la Alternativa-1.

Tabla 11.3.15 Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo 1 (Alternativa-1)

Unidad: S/. millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	0	0	0	0
5 años	22	12	10	14
10 años	96	53	43	61
25 años	393	217	175	252
50 años	1,043	575	464	669
100 años	1,644	906	732	1 055

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

Tabla 11.3.16 Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo2 (Alternativa-1)

Unidad: S/. millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	0	0	0	0
5 años	0	0	0	0
10 años	5	6	4	3
25 años	11	13	9	6
50 años	26	30	21	13
100 años	56	65	47	29

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

Tabla 11.3.17 Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo 3 (Alternativa-1)

Unidad: S/. millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	18	17	14	21
5 años	77	69	57	88
10 años	175	159	130	201
25 años	347	315	258	397
50 años	480	435	357	549
100 años	730	662	543	836

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

Tabla 11.3.18 Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo 4 (Alternativa-1)

Unidad: S/. millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	1	1	1	2
5 años	19	22	20	24
10 años	65	75	66	80
25 años	114	132	116	140
50 años	178	207	181	219
100 años	337	390	343	414

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

Tabla 11.3.19 Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo 5 (Alternativa-1)

Unidad: S/. millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	13	11	2	8
5 años	19	17	2	11
10 años	25	22	3	15
25 años	219	193	28	133
50 años	460	406	60	280
100 años	1539	1358	200	936

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

Tabla 11.3.20 Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo 6 (Alternativa-1)

Unidad: S/. millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	104	110	79	70
5 años	205	217	156	137
10 años	208	220	158	139
25 años	222	235	169	149
50 años	263	278	200	177
100 años	342	361	260	229

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

Tabla 11.3.21 Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo 7 (Alternativa-1)

Unidad: S/. millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	539	519	404	503
5 años	840	809	630	784
10 años	1 038	999	778	968
25 años	1 280	1 232	960	1 194
50 años	1 386	1 335	1 039	1 293
100 años	1 502	1 447	1 127	1 402

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

Tabla 11.3.22 Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo 8 (Alternativa-1)

Unidad: S/. millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	191	127	91	43
5 años	258	171	123	58
10 años	295	196	141	67
25 años	378	251	181	86
50 años	477	316	228	108
100 años	517	343	248	117

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

Tabla 11.3.23 Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo 9 (Alternativa-1)

Unidad: S/. millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	7	8	6	7
5 años	7	8	6	7
10 años	166	182	146	175
25 años	514	563	451	542
50 años	770	842	675	811
100 años	935	1 022	820	985

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

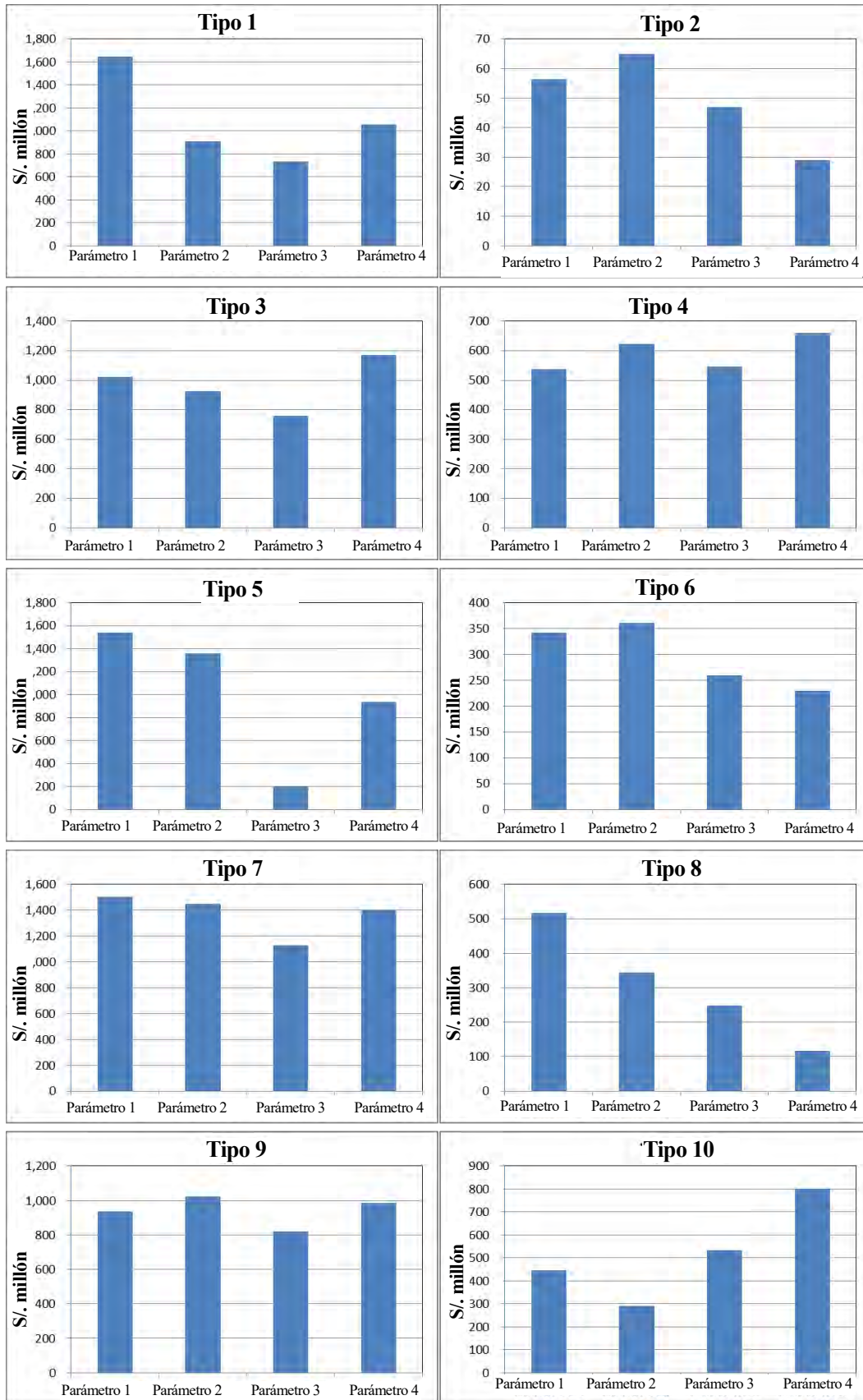
Tabla 11.3.24 Costos totales estimados del proyecto de control de inundación tipo 10 (Alternativa-1)

Unidad: S/. millón

Escala control de inundación (periodo de retorno)	Parámetro 1	Parámetro 2	Parámetro 3	Parámetro 4
2 años	46	30	55	83
5 años	181	118	216	325
10 años	242	158	289	435
25 años	299	195	357	537
50 años	367	239	438	659
100 años	446	291	533	802

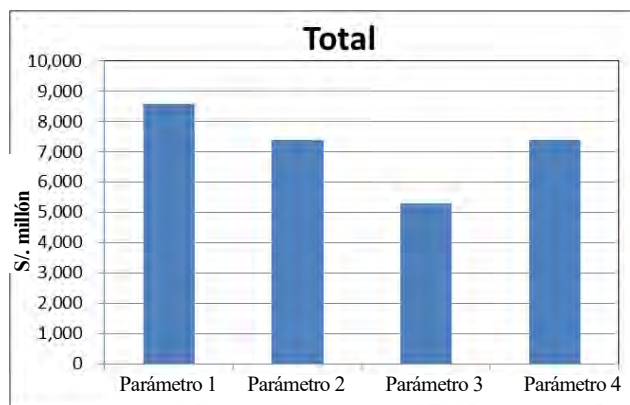
Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

Asimismo, los costos totales estimados del proyecto en caso de realizar un proyecto de escala de probabilidad de 100 años pueden mostrarse en figuras como la figura de abajo.



Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

Figura 11.3.3 Costos totales estimados de proyecto en cada tipo (periodo de retorno de 100 años)



Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

Figura 11.3.4 Costo total estimado de proyectos de control de inundación en las 159 cuencas (periodo de retorno de 100 años)

Tabla 11.3.25 Resumen costos totales estimados del proyecto de control de inundación por tipo (Parámetro 1)

Unidad: S/. millón

Tipo	Cuenca modelo	Escala de control de inundación (periodo de retorno)					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo	0	21.9	95.8	393.0	1 043.3	1 644.1
2	Locumba	0	0	5.2	11.0	25.7	56.5
3	Chancay-Lambayeque	18.2	76.6	175.3	347.0	480.0	730.5
4	Piura & Chira	1.3	19.4	65.0	114.1	178.4	336.9
5	Rímac & Ica	12.8	18.8	25.4	218.8	460.3	1 538.8
6	Mantaro	104.5	205.1	208.2	222.2	263.4	341.9
7	Huallaga	539.0	839.9	1 037.7	1 279.6	1 385.7	1 502.3
8	Nanay	190.7	257.7	295.4	378.3	476.6	517.2
9	Urubamba	6.9	6.9	166.0	514.4	769.6	934.6
10	Ramis	46.4	180.9	242.0	298.8	366.8	446.3
Total		919.8	1627.2	2 315.9	3 777.2	5 449.9	8 049.1

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

Tabla 11.3.26 Resumen costos totales estimados del proyecto de control de inundación por tipo (Parámetro 2)

Unidad: S/. millón

Tipo	Cuenca modelo	Escala de control de inundación (periodo de retorno)					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo	0	12.1	52.8	216.6	575.0	906.1
2	Locumba	0	0	36.1	45.9	71.9	113.3
3	Chancay-Lambayeque	16.5	69.5	159.0	314.7	435.3	662.5
4	Piura & Chira	1.5	22.5	75.3	132.1	206.6	390.3
5	Rímac & Ica	11.3	16.6	22.4	193.1	406.2	1 358.0
6	Mantaro	110.3	216.5	219.8	234.6	278.2	361.0
7	Huallaga	519.1	809.0	999.5	1 232.5	1 334.8	1 447.1
8	Nanay	126.6	171.1	196.1	251.2	316.5	343.4
9	Urubamba	7.5	7.5	181.6	562.8	842.0	1 022.5
10	Ramis	30.2	117.8	157.5	194.5	238.8	290.5
Total		823.1	1 442.6	2 100.2	3 378.0	4 705.3	6 894.7

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los “puntos críticos”.

Tabla 11.3.27 Resumen costos totales estimados del proyecto de control de inundación por tipo (Parámetro 3)

Unidad: S/. millón

Tipo	Cuenca modelo	Escala de Control de Inundación (Periodo de Retorno)					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo	0	9.8	42.6	174.9	464.4	731.8
2	Locumba	0	0	26.1	33.2	51.9	81.8
3	Chancay-Lambayeque	13.5	56.9	130.3	257.9	356.7	542.8
4	Piura & Chira	1.3	19.7	66.1	116.0	181.4	342.6
5	Rímac & Ica	1.7	2.4	3.3	28.5	59.9	200.3
6	Mantaro	79.4	155.8	158.1	168.8	200.1	259.8
7	Huallaga	404.2	630.0	778.3	959.7	1039.3	1126.8
8	Nanay	91.3	123.4	141.5	181.2	228.3	247.7
9	Urubamba	6.0	6.0	145.6	451.1	674.9	819.5
10	Ramis	55.5	216.1	289.0	356.9	438.0	533.0
Total		652.9	1220.1	1780.9	2728.0	3694.9	4886.1

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos críticos".

Tabla 11.3.28 Resumen costos totales estimados del proyecto de control de inundación por tipo (Parámetro 4)

Unidad: S/. millón

Tipo	Cuenca modelo	Escala de control de inundación (periodo de retorno)					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo	0	14.1	61.4	252.1	669.2	1 054.6
2	Locumba	0	0	16.1	20.4	32.0	50.5
3	Chancay-Lambayeque	20.9	87.7	200.6	397.1	549.2	835.8
4	Piura & Chira	1.6	23.9	79.9	140.3	219.4	414.3
5	Rímac & Ica	7.8	11.4	15.4	133.1	280.1	936.4
6	Mantaro	70.0	137.4	139.5	148.9	176.5	229.1
7	Huallaga	502.9	783.8	968.3	1 194.0	1 293.1	1 401.9
8	Nanay	43.2	58.4	67.0	85.8	108.1	117.3
9	Urubamba	7.2	7.2	175.0	542.1	811.1	984.9
10	Ramis	83.4	325.1	434.9	537.0	659.1	802.0
Total		737.1	1 449.0	2 158.1	3 450.8	4 797.7	6 826.6

Nota: no incluye los costos de obras de control de erosión en cada uno de los "puntos críticos".

(2) Evaluación económica de proyecto por tipo

Se efectúa la evaluación económica de acuerdo con el beneficio total y el costo total estimado del proyecto por tipo indicados en la sección anterior. Respecto a los índices de evaluación, se utilizan los siguientes 3 índices estipulados por CME25. Se determina que aquí la tasa de descuento social es de 10%.

Tabla 11.3.29 Característica de los Índices y Formulas para su Computación

Índices de Evaluación	Formula	Característica del Índice
Valor Actual Neto Social (VANS)	$VANS = \sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$	<ul style="list-style-type: none"> ● Comparación entre Valor Neto/Precio y Beneficio del Proyecto ● Computando Valor dependiendo de la Tasa de descuento Social
Tasa Interna de Retorno Social (TIRS)	$\sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+R)^i} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+R)^i}$	<ul style="list-style-type: none"> ● Comparación de eficiencia entre costo (porcentaje) per unidad de inversión ● Comparación con la tasa de Descuento Social
Ratio Costo-Beneficio (B/C)	$B/C = \sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i} / \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$	<ul style="list-style-type: none"> ● Valor computado dependiendo de la tasa de descuento social

Dónde:

Bi: Benéfico en años(i) Ci: Costo en años (i) r: Tasas de Descuento social n: El número de años para la evaluación
R: Tasa Interna

Por otra parte, el costo total estimado y el beneficio total se calculan no solamente de acuerdo con los mismos parámetros, sino que

- El parámetro más adecuado de extrapolación para costo estimado de proyecto podrá ser diferente del de la extrapolación del beneficio del proyecto en correlación respectiva.

Tabla 11.3.30 Combinación de parámetros para cada uno de los casos de cálculo

Caso	Beneficio total (B)	Costo total (C)
Caso-1	A. Área de captación	A. Área de captación
Caso -2	B. Longitud de canal de río	B. Longitud de canal de río
Caso -3	C. Población	C. Población
Caso -4	D. Números de puntos críticos	D. Números de puntos críticos
Caso -5	A. Área de captación	B. Longitud de canal de río
Caso -6	A. Área de captación	C. Población
Caso -7	A. Área de captación	D. Números de puntos críticos
Caso -8	C. Población	A. Área de captación

Los resultados de la evaluación económica son como se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 11.3.31 Resumen de costos totales estimados de proyecto por tipo (Caso-1)

Caso-1 : Parámetro para beneficio /parámetro para costo total estimado: A. Área de captación

Tipo	Cuenca río modelo	Index	Escala de control de inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo (57 ríos)	TIRS	51%	35%	14%	-1%	-12%	-
		VANS	61M	80M	36M	-220M	-674M	-
		B/C	8.6	3.7	1.4	0.4	0.2	0.1
2	Locumba (30 ríos)	TIRS	51%	51%	44%	39%	30%	21%
		VANS	146M	146M	141M	135M	121M	91M
		B/C	8.6	8.6	6.8	5.5	3.7	2.2
3	Chancay-Lambayeque	TIRS	33%	27%	17%	11%	8%	3%
		VANS	29M	89M	84M	18M	-57M	-241M
		B/C	2.6	2.2	1.5	1.1	0.9	0.6
4	Piura-Chira	TIRS	257%	39%	18%	16%	11%	3%
		VANS	24M	40M	35M	43M	13M	-115M
		B/C	19.9	3.1	1.5	1.4	1.1	0.6
5	Rímac, Ica	TIRS	50%	128%	188%	74%	48%	20%
		VANS	652M	1 216M	1 607M	1 803M	1 728M	773M
		B/C	7.7	12.8	15.7	7.2	4.5	1.6
6	Mantaro	TIRS	0%	4%	8%	9%	7%	4%
		VANS	-52M	-65M	-28M	-14M	-43M	-112M
		B/C	0.5	0.7	0.9	0.9	0.8	0.7
7	Huallaga	TIRS	29%	46%	48%	45%	44%	42%
		VANS	612M	1 716M	2 114M	2 273M	2 377M	2 256M
		B/C	2.3	3.5	3.6	3.4	3.3	3.1
8	Nanay	TIRS	53%	93%	107%	100%	85%	82%
		VANS	589M	1492M	2 016M	2 396M	2 361M	2 442M
		B/C	4.1	7.2	8.3	7.7	6.5	6.3
9	Urubamba	TIRS	181%	388%	25%	10%	6%	4%
		VANS	88M	197M	166M	-3M	-152M	-242M
		B/C	14.1	30.0	2.0	1.0	0.8	0.7
10	Ramis	TIRS	12%	8%	8%	7%	5%	2%
		VANS	6M	-24M	-30M	-49M	-99M	-159M
		B/C	1.1	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6
Total		TIRS	32%	49%	47%	36%	27%	19%
		VANS	1 101M	2 885M	4 303M	3 367M	2 695M	1 613M
		B/C	2.5	3.6	4.0	2.9	2.4	1.8

Tabla 11.3.32 Resumen de costos totales estimados de proyecto por tipo (Caso-2)

Caso-2 : Parámetro para beneficio /parámetro para costo total estimado: B. Longitud canal de río

Tipo	Cuenca río modelo	Index	Escala de control de inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo	TIRS	51%	38%	19%	3%	-7%	-13%
		VANS	61M	71M	47M	-94M	-401M	-628M
		B/C	8.6	4.6	1.8	0.6	0.2	0.2
2	Locumba	TIRS	51%	51%	44%	39%	30%	21%
		VANS	146M	146M	141M	135M	121M	91M
		B/C	8.6	8.6	6.8	5.5	3.7	2.2
3	Chancay-Lambayeque	TIRS	33%	27%	17%	11%	8%	3%
		VANS	26M	81M	76M	16M	-51M	-218M
		B/C	2.6	2.2	1.5	1.1	0.9	0.6
4	Piura-Chira	TIRS	257%	39%	18%	16%	11%	3%
		VANS	27M	47M	41M	50M	13M	-134M
		B/C	19.9	3.1	1.5	1.4	1.1	0.6
5	Rímac, Ica	TIRS	50%	119%	173%	75%	48%	20%
		VANS	648M	1 146M	1 491M	1 726M	1 598M	774M
		B/C	7.8	12.4	15.0	7.3	4.6	1.7
6	Mantaro	TIRS	0%	4%	8%	9%	7%	4%
		VANS	-55M	-69M	-29M	-15M	-46M	-118M
		B/C	0.5	0.7	0.9	0.9	0.8	0.7
7	Huallaga	TIRS	29%	46%	48%	45%	44%	42%
		VANS	589M	1 653M	2 158M	2 189M	2 290M	2 173M
		B/C	2.3	3.5	3.6	3.4	3.3	3.1
8	Nanay	TIRS	53%	93%	107%	100%	85%	82%
		VANS	391M	10 49M	1 417M	1 591M	1 660M	1 717M
		B/C	4.1	7.2	8.3	7.7	6.6	6.3
9	Urubamba	TIRS	181%	388%	25%	10%	6%	4%
		VANS	97M	215M	181M	-4M	-164M	-259M
		B/C	14.1	30.0	2.0	1.0	0.8	0.7
10	Ramis	TIRS	12%	8%	8%	7%	5%	3%
		VANS	4M	-16M	-19M	-32M	-64M	-107M
		B/C	1.1	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6
Total		TIRS	31%	48%	46%	35%	27%	19%
		VANS	925M	2 610M	3 867M	3 289M	2 712M	1 606M
		B/C	2.4	3.5	3.9	2.9	2.4	1.8

Tabla 11.3.33 Resumen de costos totales estimados de proyecto por tipo (Caso-3)

Caso-3 : Parámetro para beneficio /parámetro para costo total estimado: C. Población

Tipo	Cuenca río modelo	Index	Escala de control de inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo	TIRS	51%	27%	10%	-4%	-17%	-
		VANS	61M	58M	-2M	-269M	-720	-
		B/C	8.6	2.9	1.0	0.3	0.1	0.1
2	Locumba	TIRS	51%	51%	45%	40%	32%	23%
		VANS	146M	146M	141M	137M	125M	101M
		B/C	8.6	8.6	7.1	5.9	4.1	2.5
3	Chancay-Lambayeque	TIRS	33%	27%	17%	11%	8%	3%
		VANS	21M	66M	62M	13M	-42M	-184M
		B/C	2.6	2.2	1.5	1.1	0.9	0.6
4	Piura-Chira	TIRS	257%	39%	18%	16%	11%	3%
		VANS	24M	41M	36M	44M	13M	-117M
		B/C	19.9	3.1	1.5	1.4	1.1	0.6
5	Rímac, Ica	TIRS	50%	59%	65%	58%	50%	31%
		VANS	625M	699M	750M	784M	783M	660M
		B/C	8.3	9.1	9.6	8.0	6.5	3.4
6	Mantaro	TIRS	0%	4%	8%	9%	7%	4%
		VANS	-40M	-51M	-21M	-10M	-33M	-85M
		B/C	0.5	0.7	0.9	0.9	0.8	0.7
7	Huallaga	TIRS	29%	46%	48%	45%	44%	42%
		VANS	459M	1 365M	1 781M	1 916M	1 890M	1 903M
		B/C	2.3	3.5	3.7	3.4	3.3	3.2
8	Nanay	TIRS	53%	93%	107%	100%	85%	82%
		VANS	282M	757M	1 022M	1 215M	1 197M	1 238M
		B/C	4.1	7.2	8.3	7.8	6.6	6.3
9	Urubamba	TIRS	181%	388%	25%	10%	6%	4%
		VANS	78M	172M	145M	-3M	-134M	-212M
		B/C	14.1	30.0	2.0	1.0	0.8	0.7
10	Ramis	TIRS	12%	8%	8%	7%	5%	2%
		VANS	7M	-29M	-36M	-58M	-115M	-190M
		B/C	1.1	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6
Total		TIRS	30%	41%	38%	30%	24%	18%
		VANS	744M	1 869M	2 193M	2 407M	1 728M	1 312M
		B/C	2.3	3.0	2.8	2.5	2.0	1.7

Tabla 11.3.34 Resumen de costos totales estimados de proyecto por tipo (Caso-4)

Caso-4 : Parámetro para beneficio /parámetro para costo total estimado: D. No.de puntos críticos

Tipo	Cuenca río modelo	Index	Escala de control de inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo	TIRS	51%	37%	18%	2%	-9%	-14%
		VANS	61M	73M	45M	-119M	-453M	-706M
		B/C	8.6	4.3	1.7	0.5	0.2	0.2
2	Locumba	TIRS	51%	51%	47%	44%	37%	29%
		VANS	146M	146M	143M	140M	133M	118M
		B/C	8.6	8.6	7.6	6.7	5.1	3.5
3	Chancay-Lambayeque	TIRS	33%	27%	17%	11%	8%	2%
		VANS	33M	102M	89M	20M	-65M	-267M
		B/C	2.6	2.2	1.5	1.1	0.9	0.6
4	Piura-Chira	TIRS	257%	39%	18%	16%	11%	3%
		VANS	29M	49M	43M	53M	13M	-138M
		B/C	19.9	3.1	1.5	1.4	1.1	0.6
5	Rímac, Ica	TIRS	50%	96%	135%	72%	49%	22%
		VANS	640M	983M	1 221M	1 383M	1 335M	755M
		B/C	8.0	11.3	13.3	7.4	4.8	1.9
6	Mantaro	TIRS	0%	4%	8%	9%	7%	4%
		VANS	-35M	-45M	-19M	-9M	-29M	-75M
		B/C	0.5	0.7	0.9	0.9	0.8	0.7
7	Huallaga	TIRS	29%	46%	48%	45%	44%	42%
		VANS	571M	1 698M	2 091M	2 249M	2 218M	2 105M
		B/C	2.3	3.5	3.6	3.4	3.3	3.1
8	Nanay	TIRS	53%	93%	107%	100%	85%	82%
		VANS	133M	358M	484M	575M	600M	621M
		B/C	4.1	7.2	8.3	7.8	6.6	6.4
9	Urubamba	TIRS	181%	388%	25%	10%	6%	4%
		VANS	93M	207M	175M	-3M	-158M	-255M
		B/C	14.1	30.0	2.0	1.0	0.8	0.7
10	Ramis	TIRS	12%	8%	8%	7%	4%	2%
		VANS	11M	-43M	-54M	-87M	-169M	-269M
		B/C	1.1	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6
Total		TIRS	28%	39%	36%	28%	22%	16%
		VANS	771M	1 995M	2 911M	2 273M	1 864M	984M
		B/C	2.2	2.9	3.1	2.3	1.9	1.5

Tabla 11.3.35 Resumen de costos totales estimados de proyecto por tipo (Caso-5)

Caso-5 : Parámetro para beneficio: A. Área de captación/ parámetro para costo total estimado: B. Longitud canal de río

Tipo	Cuenca río modelo	Index	Escala de control de inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo	TIRS	51%	47%	24%	6%	-4%	-9%
		VANS	61M	89M	79M	-54M	-358M	-584M
		B/C	8.6	5.5	2.3	0.7	0.3	0.2
2	Locumba	TIRS	51%	51%	43%	37%	29%	19%
		VANS	146M	146M	140M	134M	118M	83M
		B/C	8.6	8.6	6.6	5.2	3.4	2.0
3	Chancay-Lambayeque	TIRS	36%	30%	20%	13%	9%	4%
		VANS	30M	96M	100M	48M	-17M	-183M
		B/C	2.9	2.4	1.6	1.2	1.0	0.7
4	Piura-Chira	TIRS	222%	34%	15%	13%	9%	1%
		VANS	23M	37M	25M	26M	-16M	-166M
		B/C	17.2	2.7	1.3	1.2	0.9	0.5
5	Rímac, Ica	TIRS	50%	132%	197%	84%	53%	22%
		VANS	653M	1 218M	1 610M	1 898M	1 776M	930M
		B/C	7.9	13.1	16.1	7.9	5.0	1.8
6	Mantaro	TIRS	0%	3%	7%	8%	6%	3%
		VANS	-58M	-76M	-39M	-26M	-57M	-130M
		B/C	0.5	0.6	0.8	0.9	0.8	0.6
7	Huallaga	TIRS	30%	48%	50%	47%	46%	43%
		VANS	630M	1 741M	2 272M	2 308M	2 415M	2 295M
		B/C	2.4	3.6	3.8	3.5	3.4	3.2
8	Nanay	TIRS	80%	140%	162%	151%	129%	123%
		VANS	652M	1 665M	2 232M	2 515M	2 650M	2 749M
		B/C	6.2	10.9	12.6	11.7	9.9	9.5
9	Urubamba	TIRS	166%	355%	22%	8%	4%	2%
		VANS	88M	196M	150M	-47M	-210M	-305M
		B/C	12.9	27.5	1.8	0.9	0.7	0.6
10	Ramis	TIRS	21%	15%	15%	14%	12%	9%
		VANS	22M	38M	54M	54M	21M	-18M
		B/C	1.7	1.3	1.3	1.3	1.1	0.9
Total		TIRS	36%	55%	53%	40%	31%	22%
		VANS	1 180M	3 189M	4 655M	4 036M	3 397M	2 150M
		B/C	2.7	4.1	4.4	3.3	2.8	2.0

Tabla 11.3.36 Resumen de costos totales estimados de proyecto por tipo (Caso-6)

Caso-6 : Parámetro para beneficio: A. Área de captación/ Parámetro para costo total estimado : C. Población

Tipo	Cuenca río modelo	Index	Escala de control de inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo	TIRS	51%	52%	29%	9%	-2%	-7%
		VANS	61M	92M	89M	-18M	-259M	-463M
		B/C	8.6	6.2	2.8	0.9	0.4	0.3
2	Locumba	TIRS	51%	51%	45%	40%	32%	23%
		VANS	146M	146M	141M	137M	126M	101M
		B/C	8.6	8.6	7.6	6.7	5.2	3.5
3	Chancay-Lambayeque	TIRS	44%	37%	24%	16%	13%	7%
		VANS	33M	108M	128M	101M	60M	-80M
		B/C	3.5	2.9	2.0	1.4	1.2	0.8
4	Piura-Chira	TIRS	253%	38%	18%	16%	11%	3%
		VANS	24M	40M	34M	41M	10M	-121M
		B/C	19.6	3.0	1.5	1.4	1.1	0.6
5	Rímac, Ica	TIRS	55%	170%	283%	266%	213%	95%
		VANS	663M	1 232M	1 628M	2 061M	2 261M	2 179M
		B/C	8.7	15.2	19.6	19.4	16.8	9.0
6	Mantaro	TIRS	4%	8%	12%	14%	11%	8%
		VANS	-27M	-19M	22M	40M	16M	-35M
		B/C	0.6	0.9	1.1	1.2	1.1	0.9
7	Huallaga	TIRS	39%	62%	64%	61%	59%	56%
		VANS	733M	2 000M	2 597M	2 817M	2 792M	2 832M
		B/C	3.0	4.7	4.9	4.6	4.4	4.2
8	Nanay	TIRS	111%	194%	224%	210%	179%	171%
		VANS	686M	1 712M	2 286M	2 731M	2 733M	2 839M
		B/C	8.6	15.1	17.4	16.3	13.7	13.2
9	Urubamba	TIRS	207%	443%	29%	12%	8%	6%
		VANS	89M	197M	186M	54M	-71M	-148M
		B/C	16.0	34.3	2.3	1.1	0.9	0.8
10	Ramis	TIRS	9%	5%	5%	4%	2%	0%
		VANS	-3M	-57M	-74M	-103M	-160M	-237M
		B/C	0.9	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5
Total		TIRS	46%	66%	62%	50%	40%	31%
		VANS	1 399M	3 544M	4 308M	4 963M	4 019M	3 466M
		B/C	3.5	4.9	4.5	4.2	3.3	2.8

Tabla 11.3.37 Resumen de costos totales estimados de proyecto por tipo (Caso-7)

Caso-7 : Parámetro para beneficio:A. Área de captación/ Parámetro para costo total estimado: D. No.de puntos críticos

Tipo	Cuenca río modelo	Index	Escala de control de inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo	TIRS	51%	44%	22%	4%	-6%	-12%
		VANS	61M	88M	70M	-87M	-421M	-673M
		B/C	8.6	5.0	2.0	0.6	0.3	0.2
2	Locumba	TIRS	51%	51%	47%	44%	37%	29%
		VANS	146M	146M	140M	134M	118M	83M
		B/C	8.6	8.6	6.6	5.2	3.4	2.0
3	Chancay-Lambayeque	TIRS	28%	23%	15%	9%	6%	1%
		VANS	26M	78M	54M	-29M	-119M	-320M
		B/C	2.3	1.9	1.3	0.9	0.8	0.5
4	Piura-Chira	TIRS	209%	31%	14%	12%	8%	0%
		VANS	23M	36M	20M	18M	-28M	-181M
		B/C	16.2	2.5	1.3	1.1	0.9	0.5
5	Rímac, Ica	TIRS	52%	143%	221%	109%	70%	30%
		VANS	657M	1 223M	1 616M	1 957M	1 964M	1 334M
		B/C	8.1	13.8	17.3	10.1	6.7	2.6
6	Mantaro	TIRS	5%	10%	15%	16%	14%	10%
		VANS	-18M	-1M	40M	59M	42M	-6M
		B/C	0.7	1.0	1.3	1.4	1.2	1.0
7	Huallaga	TIRS	31%	49%	51%	48%	47%	45%
		VANS	644M	1 868M	2 297M	2 477M	2 446M	2 328M
		B/C	2.4	3.8	3.9	3.6	3.5	3.3
8	Nanay	TIRS	235%	412%	475%	445%	378%	363%
		VANS	734M	1 776M	2 360M	2 825M	3 010M	3 133M
		B/C	18.2	31.9	36.8	34.4	29.3	28.1
9	Urubamba	TIRS	172%	368%	23%	9%	5%	3%
		VANS	88M	196M	157M	-28M	-184M	-283M
		B/C	13.4	28.5	1.9	0.9	0.7	0.6
10	Ramis	TIRS	3%	0%	0%	-1%	-3%	-6%
		VANS	-30M	-160M	-203M	-262M	-345M	-441M
		B/C	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3
Total		TIRS	40%	55%	51%	39%	30%	22%
		VANS	1 327M	3 184M	4 618M	3 835M	3 359M	2 171M
		B/C	3.1	4.1	4.3	3.2	2.7	2.1

Tabla 11.338 Resumen de costos totales estimados de proyecto por tipo (Caso-8)

Caso-8 : Parámetro para beneficio: C. Población / Parámetro para costo total estimado : A. Área de captación

Tipo	Cuenca río modelo	Index	Escala de control de inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo	TIRS	51%	27%	10%	-4%	-17%	-
		VANS	61M	58M	-2M	-269M	-720M	-
		B/C	8.6	2.9	1.0	0.3	0.1	0.1
2	Locumba	TIRS	51%	51%	44%	39%	30%	21%
		VANS	146M	146M	141M	135M	121M	91M
		B/C	8.6	8.6	6.8	5.5	3.7	2.2
3	Chancay-Lambayeque	TIRS	24%	19%	12%	6%	3%	-1%
		VANS	17M	47M	18M	-71M	-153M	-340M
		B/C	1.9	1.6	1.1	0.8	0.6	0.5
4	Piura-Chira	TIRS	261%	40%	19%	16%	11%	4%
		VANS	24M	41M	37M	46M	16M	-112M
		B/C	20.2	3.2	1.6	1.4	1.1	0.6
5	Rímac, Ica	TIRS	46%	51%	54%	28%	19%	5%
		VANS	614M	683M	728M	596M	406M	-321M
		B/C	7.3	7.6	7.7	3.1	1.8	0.7
6	Mantaro	TIRS	-3%	0%	4%	5%	3%	0%
		VANS	-64M	-96M	-68M	-61M	-92M	-162M
		B/C	0.4	0.5	0.7	0.7	0.6	0.5
7	Huallaga	TIRS	21%	34%	35%	33%	33%	31%
		VANS	338M	1 115M	1 382M	1 465M	1 523M	1 422M
		B/C	1.7	2.6	2.7	2.5	2.5	2.3
8	Nanay	TIRS	24%	44%	51%	47%	40%	38%
		VANS	184M	588M	821M	962M	908M	928M
		B/C	2.0	3.4	4.0	3.7	3.1	3.0
9	Urubamba	TIRS	159%	340%	21%	8%	4%	2%
		VANS	77M	172M	125M	-60M	-215M	-306M
		B/C	12.3	26.4	1.8	0.9	0.7	0.6
10	Ramis	TIRS	15%	11%	11%	10%	7%	5%
		VANS	16M	6M	8M	-4M	-51M	-112M
		B/C	1.4	1.0	1.0	1.0	0.9	0.7
Total		TIRS	20%	30%	29%	21%	15%	11%
		VANS	481M	1 380M	2 105M	1 359M	839M	124M
		B/C	1.6	2.2	2.5	1.8	1.4	1.1

La tabla previa el resultado de TIRS (EIRR) como evaluación total de las 159 cuencas en los casos de 1 a 8 arriba mostrados por escala de probabilidad.

Cualquier que sea el caso, tiende a observarse que los proyectos de medidas contra inundaciones de 5 a 10 años de probabilidad producen mayor efecto económico.

Como evaluación de todos los proyectos de las 159 cuencas se adopta la evaluación más segura, por lo que se adopta el caso 8 en el que TIRS es el mejor.

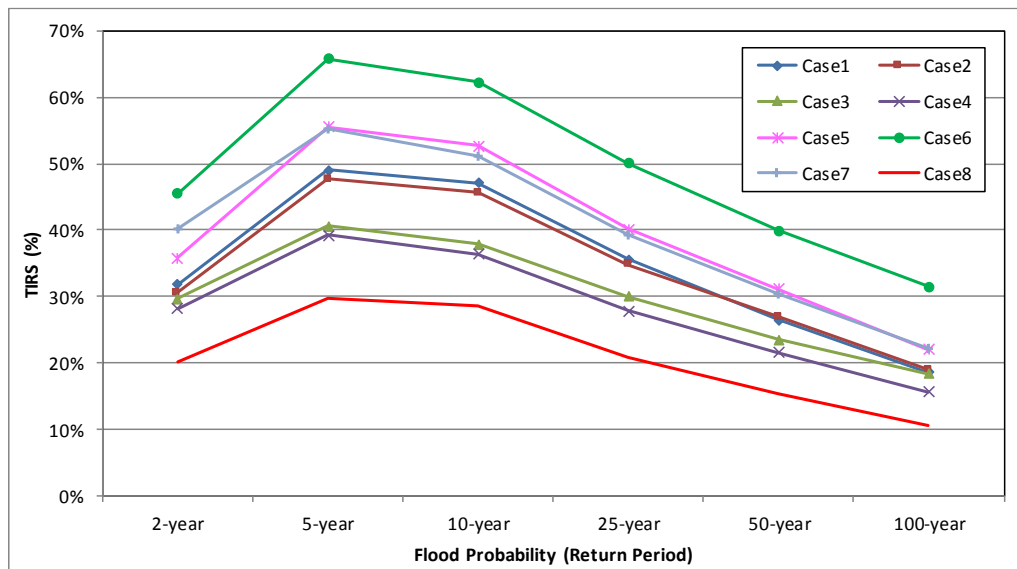


Figura 11.3.5 TIRs para proyectos de control de inundación en las 159 cuencas

11.4 Análisis de sensibilidad de la evaluación del proyecto tomando en consideración el cambio climático

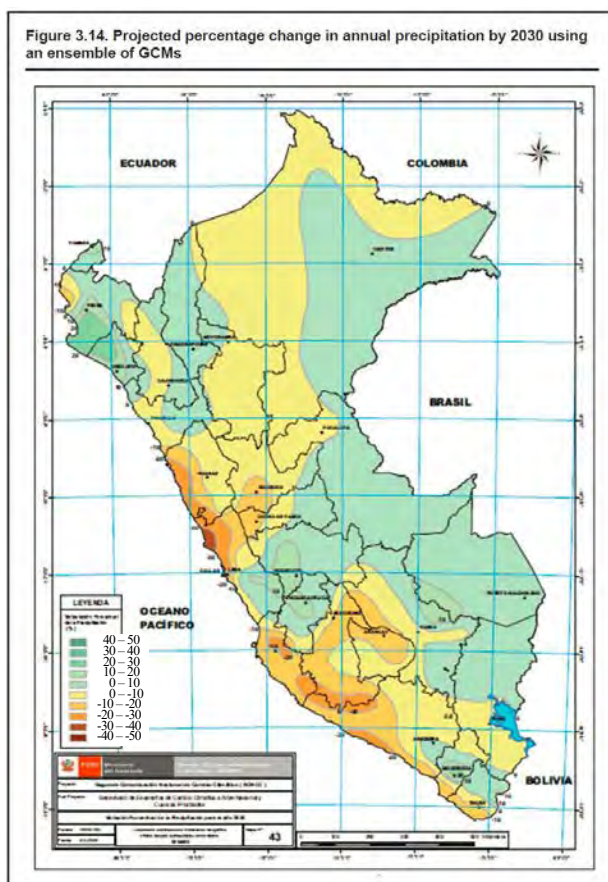
11.4.1 Metodología de Estudio

El impacto negativo del cambio climático en la gestión de los recursos hídricos es un tema que preocupa al Perú. Actualmente se está realizando el pronóstico del cambio climático dentro y fuera del país. A continuación se presenta el resumen de la información recopilada y revisada por el Equipo de Estudio para reflejar la futura variación del caudal fluvial en el dimensionamiento de los proyectos, conocer cuantitativamente la variación del costo total estimado de los proyectos al incorporar en el análisis el componente cambio climático, y finalmente se identificarán el tipo de cuencas que se verá más afectado por los efectos de este cambio.

11.4.2 Recolección y confirmación del fenómeno de cambio climático en el pasado del Perú

(1) Resumen de la investigación del SENAMHI

En el informe “Escenarios climáticos en el Perú para el 2010” publicado por SENAMHI en el 2009, junto con el pronóstico de cambio climático ordenado por IPCC, la tasa de cambio de precipitación anual en el 2030 está expresada en la siguiente figura.



Fuente: SENAMHI (la leyenda fue modificada por el Equipo de Estudio)

Figura 11.4.1 Tasa de cambio de precipitación anual en el 2030

Asimismo, a continuación se presentan tablas en las cuales están resumidas las tendencias de cambio de precipitación según las regiones (costa, sierra, selva) indicadas en el mismo informe.

Tabla 11.4.1 Precipitación anual acumulada proyectada para 2030, y variación porcentual del 2030 en relación al clima actual en la región de la costa

Regiones	PP acumulada para 2030 (mm/año)	Cambios proyectados 2030 (variación porcentual %)	Principales localizaciones
Costa norte	5 – 200	Entre +10 y +20% -10%	La mayor parte de la zona norte de Piura y La Libertad
Costa centro	5 – 50	Hasta -30%	Toda la region
Costa sur	5 – 50	Hasta -20%	Ica y Arequipa

Fuente: SENAMHI (2009) “Climate Scenarios for Peru to 2030”

Tabla 11.4.2 Precipitación anual acumulada proyectada para 2030, y variación porcentual del 2030 en relación al clima actual en la región de la sierra

Regiones	PP acumulada para 2030 (mm/año)	Cambios proyectados 2030 (variación porcentual %)	Principales localizaciones
Región sierra norte	Occidental	200 – 1000	Entre +10% y 10%
	Oriental	500 – 1000	Hasta +10% -10%
Región sierra Centro	Occidental	100 – 1000	Hasta -20% Hasta +20%
	Oriental	500 – 1000	Hasta -20% Hasta 20
Región sierra sur	Occidental	100 – 500	-20% +20%
	Oriental	500 – 1000	-20%
Planicie andina	500 – 1000	Hasta -10% +10%	Parte sur del lago Titicaca Parte norte del lago.

Fuente: SENAMHI (2009) “Climate Scenarios for Peru to 2030”

Tabla 11.4.3 Precipitación anual acumulada proyectada para 2030, y variación porcentual del 2030 en relación al clima actual en la región de la selva

Regiones	PP acumulada al 2030 (mm/año)	Cambios proyectados para 2030 (Variación porcentual %)	Principales localizaciones
Selva norte	1 000 a 4 000	-10% +10%	Parte occidental Parte oriental
Selva central	Baja	2 000 a 3 000	+10%
	Alta	2 000 a 3 000	-10% +10%
Selva sur	1 500 a 5 500	-10% +10% y +20%	Mayor parte de la selva sur, Madre de Dios y Cusco

Fuente: SENAMHI (2009) “Climate Scenarios for Peru to 2030”

(2) Resumen de la investigación en proceso del Profesor Ing. Cayo Ramos en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)

El profesor asociado Cayo Ramos, en su estudio que realizó sobre las 16 cuencas que se ubican en la región andina y pacífica del sur del Perú (concretamente, cuencas mostradas en la siguiente tabla), ordena la tasa de cambio de precipitación media del 2020 al 2039 respecto a la precipitación anual media del 1980 al 1999 de acuerdo con los resultados de los 2 tipos de modelo de pronóstico de cambio climático (GCM). Según los resultados de este estudio, la precipitación anual media de las regiones objeto aumentará en entre 25% y 35%. Como tendencia la tasa de aumento es mayor en la región pacífica y menor en la región andina.

Tabla 11.4.4 Área objetivo de la investigación por ubicación de las principales cuencas en estudio

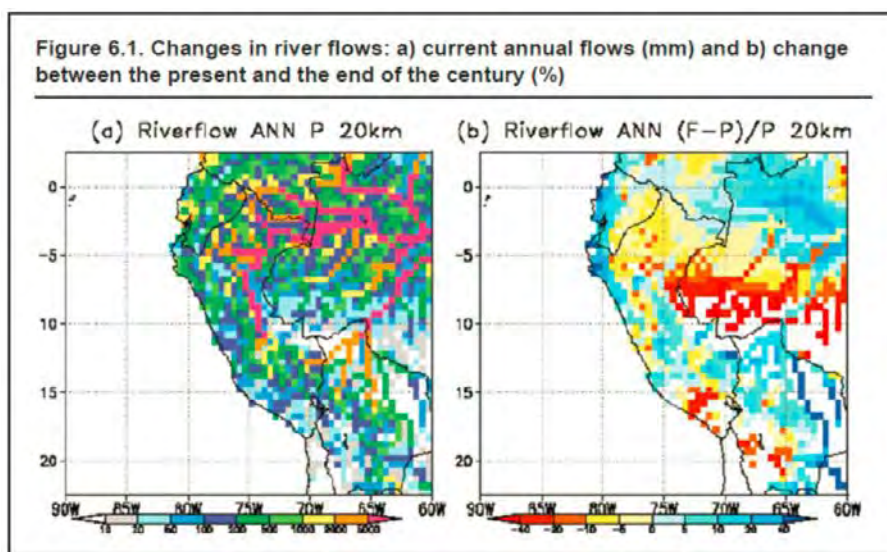
Cuenca	Departamento	Río principal	Extensión (km)
Acarí	Ayacucho-Arequípa-ica	Acarí	4337
Yauca	Ayacucho-Arequípa	Yauca	4399
Caravelí	Arequípa	Caraveli	1932
Ocoña	Arequípa	Ocoña	15,667
Camana	Arequípa	Camana	17,435
Quilca-Vitor-Chili	Arequípa	Chili	12,697
Tambo	Arequípa-Moquegua	Tambo	13,361
Osmore	Moquegua	Ilo-Moquegua	3415

Fuente: Ing. Cayo Ramos in UNALM

※Adicionalmente a los Ríos arriba mencionados, Ríos No "133", "1319", "13711", "13713", "13714", "137151", "137152", "137153" están incluidos en la investigación original

(3) Investigación del reporte preparado por el Banco Mundial

En el informe del Banco Mundial publicado en el 2011 "Assessment of the Impacts of Climate Change on Mountain Hydrology", la comparación entre la precipitación anual actual y la del final de este siglo está resumida como la siguiente figura.



Source: Figure generated under the Memorandum of Understanding (MOU) between the MRI and the World Bank.

Note: Picture a) presents the absolute annual flow, and therefore the scale is in mm. Picture b) presents the change, and the scale is in percentage.

Figura 11.4.2 Predicción del volumen de descarga del río por el reporte del Banco Mundial

11.4.3 Resumen de investigaciones y análisis de la situación de las inundaciones por el presente

Estudio

Tomando como referencia el informe de SENAMHI, el estudio por Cayo Ramos, profesor asociado de la Universidad Nacional Agraria La Molina y el informe de estudio del Banco Mundial arriba mencionados, en el presente estudio se toma en cuenta el impacto del cambio climático de la siguiente manera.

(1) Año objetivo del análisis para los efectos del cambio climático

Al considerar el período necesario para la formulación del borrador del plan para realizar proyectos de control de inundaciones, la aprobación de los proyectos y el diseño de los mismos, etc., así como el período de ejecución de proyectos y el de generación de efectos, se supone que el período del proyecto será desde 2027 hasta 2037 o 2047.

Tabla 11.4.5 Año Objetivo de análisis en este Estudio basado en la presunta implementación del Proyecto

Item	Presunto periodo	Objetivo
Año de este Estudio	1 año	2016~2017
Formulacion del Plan Nacional de Control de Inundaciones, Aprobacion de SNIP y Diseño Detallado, etc.	5 años	2017~2021
Implementacion del Proyecto	5 años	2022~2026
Operación y mantenimiento términos del proyecto	10~20 años	2027~2037~2047

Fuente: preparado el el Equipo de Estudio

De acuerdo con lo anterior se determina que el año base para considerar el impacto del cambio climático es el 2040.

(2) Extracción del incremento y disminución de la precipitación anual de investigaciones previas

Definiendo que el año base para considerar el cambio climático es el 2040 y tomando como referencia los resultados de los 3 estudios arriba mencionados, en el presente estudio se define la tasa de aumento/disminución de precipitación por el cambio climático para cada tipo de cuencas como se indica a continuación.

Tabla 11.4.6 Tasa de aumento-disminución de precipitación anual en cada tipo

Tipo (cuenca de río modelo)	Tasa de aumento-disminución	Tipo (cuenca de río modelo)	Tasa de aumento-disminución
Tipo-1 (Biabo)	-5%	Tipo-6 (Mantaro)	4%
Tipo-2 (Locumba)	3%	Tipo-7 (Huallaga)	-5%
Tipo-3 (Chancay-Lambayeque)	1%	Tipo-8 (Nanay)	5%
Tipo-4 (Piura & Chira)	7%	Tipo-9 (Urubamba)	2%
Tipo-5 (Rímac & Ica)	-13%	Tipo-10 (Ramis)	4%

Fuente: preparado el el Equipo de Estudio

(3) Tasa de probabilidad de inundación incremento – disminución asumida basada en el cambio anual de precipitación

La tasa de aumento/disminución de precipitación definida para cada tipo de cuencas de acuerdo con la Tabla 11.4.6, provoca el cambio de probabilidad de inundación igualmente a cada tipo de cuencas.

Tabla 11.4.7 Tasa de aumento-disminución asumida de probabilidad de inundación por tipo

Tipo (nombre de cuenca de río modelo)	Probabilidad de inundación (periodo de retorno) sin cambio climático					
	2	5	10	20	50	100
Tipo-1 (Biabo)	3	7	15	38	79	132
Tipo-2 (Locumba)	2	5	9	23	44	86
Tipo-3 (Chancay-Lambayeque)	2	5	10	24	47	94
Tipo-4 (Piura & Chira)	2	4	8	20	39	75
Tipo-5 (Rímac & Ica)	3	8	17	41	83	141
Tipo-6 (Mantaro)	1.3	4	8	19	37	70
Tipo-7 (Huellaga)	3	8	20	51	107	159
Tipo-8 (Nanay)	2	4	8	21	39	75
Tipo-9 (Urubamba)	2	5	9	23	46	90
Tipo-10 (Ramis)	1.1	4	7	16	28	52

Fuente: preparado el el Equipo de Estudio

(4) Análisis de sensibilidad de la evaluación del proyecto tomando en consideración el cambio climático

Como se ha mencionado arriba, por el cambio climático cambian el costo y los beneficios estimados de los proyectos en el año meta del control de inundaciones de cada tipo. Al rediseñar la precipitación de diseño tomando en cuenta de manera integral las diferentes documentos de investigación, se concluye que las cuencas más afectadas serán, como se indica en la Tabla 11.4.7 de la página anterior: la cuenca prioritaria del río Mantaro, y la cuenca del río Ramis del tipo 10.

Por lo tanto, sobre estas dos cuencas se comparará los resultados de la evaluación económica en caso de considerar el cambio climático con los resultados en caso de no considerarlo. La siguiente Tabla 11.4.8 muestra los resultados de la comparación.

Tabla 11.4.8 Resultados del análisis de sensibilidad de evaluación del proyecto para el río Mantaro y el río Ramis (en caso de proyecto de control de inundaciones con periodo de retorno de 25 años)

Tipo	Cuenca de río	Caso	Costo total estimado del proyecto (S/. millón)	Cantidad de beneficio anual (S/. millón)	TIRS (%)	VAN (S/.)	B/C (N)
Tipo-6	Mantaro	Sin cambio climático	79,645,041	7,158,074	7%	-10,129,593	0.83
		Con cambio climático		8,890,435	10%	1,655,783	1.03
Tipo-10	Ramis	Sin cambio climático	179,019,648	14,565,795	5%	-31,965,519	0.74
		Con cambio climático		20,288,442	10%	2,914,802	1.02

Fuente: preparado el el Equipo de Estudio

Por lo anterior, estos dos tipos de cuencas pueden incrementar los daños de las inundaciones como consecuencia del cambio climático. Se hace necesario, por lo tanto, dar seguimiento a la tendencia de ocurrencia de los daños de inundaciones en estas cuencas.

Capítulo 12 Preparación del Seminario y Taller a ser llevado a cabo por el Estudio

En el presente Estudio, después de presentar el informe de progreso se realizará el seminario y taller de acuerdo con la discusión que el Equipo de Estudio tuvo con el lado peruano encabezada por la ANA, para que los involucrados compartan el contenido del borrador del informe final, que será el resultado del presente estudio, así como los detalles técnicos concretos del estudio. A continuación se presenta el análisis del contenido del seminario y del taller, así como los logros obtenidos.

12.1 Elaboración del programa de seminario y su ejecución

12.1.1 Propósito del Seminario

Para el compartimiento del contenido del borrador del informe final y la elaboración del informe final se celebró el 10 de mayo de 2017 el seminario destinado a las organizaciones relacionadas peruanas, organizaciones internacionales y donantes bilaterales, etc. Las preguntas y respuestas del seminario de describen en la sección 12.3.1 del presente informe.

12.1.2 Contenido del Seminario (Borrador)

El contenido del seminario (borrador) confirmado entre el Equipo de Estudio y la ANA en la segunda etapa de estudio en el Perú es como se describe en la siguiente Tabla 12.1.1.

Tabla 12.1.1 Perfil del Seminario

Ítem	Descripción		Notas
Fecha:	11 de mayo de 2017 (8:00~13:00)		Medio día
Lugar:	Auditorium - ANA, Calle Diecisiete N° 355, San Isidro		
Hora:	Contenido	Presentador	Tiempo estimado
8:30 ~ 9:00	Registro de Participantes)		30 minutos
9:00	Palabras de bienvenida 1	Ing. Abelardo De la Torre Villanueva (Representante de ANA)	10 minutos
9:10	Palabras debienvenida 2	Señor Tasuya Kabutan, Embajador Extraordinario y Plenipotenciario del Japón en el Perú	10 minutos
9:20	Presentación de actividades de ANA en el área de control de inundaciones	Ing. Freddy Flores (Director de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales)	20 minutos
9:40	Sobre los proyectos de reducción del riesgo de desastres	Mg. Adhemir Ramírez (Sectorista de Análisis de Prevención y Atención de Emergencias Dirección General de Inversión Pública - Ministerio de Economía y Finanzas)	20 minutos
10:00	Presentación del resultado del Estudio	El Equipo de Estudio de JICA	60 minutos
11:00	Preguntas y respuestas		15 minutos


Ítem	Descripción	Notas
11:15	Panel de discusión (Facilitador: Miembro del Equipo de Estudio de JICA) Panelistas: Ing. Eusebio Ingol Blanco, ANA Mg. Adhemir Ramírez Rivera, MEF Ing. Eduardo Chavarri Velarde, UNALM Ing. Ronald Gutiérrez Llanto, PUPC	90 minutos
12:45	Palabras de cierre	Sr. Masayuki Eguchi, Representante Residente de JICA en el Perú
13:00	Almuerzo y Fin.	
Invitados (Para la lista detallada de los participantes, véase la Sección 12.1.3)	BM (2), BID (2), CAF (2), PNUD (2), CENEPRED (2), CEPLAN(2), INGEMMET(2), MEF(3), ANA(15), MinAGRI(5), (PSI/DGIAR/OPP)), MinAM(4), AAA(15), ALA(10), personal de municipalidades (10), MIVIVIENDA (2), Lado Japonés (2-3), Otros (Holanda, China, Alemania, etc.) : aprox. 200 en total	

12.1.3 Revisión del Seminario ejecutado


(1) Organización del Seminario y contenido de las discusiones

En esta sección se presenta el principal contenido del seminario organizado conforme la Tabla 12.1.1, junto con las fotos.

(a) Palabras de apertura

Palabras de la apertura	Contenido
	El seminario moderado por la Ing. Bocanegra de la ANA quien manifestó el agradecimiento a los participantes en el seminario.

(b) Palabras de la apertura 1


Palabras dbienvenida	Contenido
Ing. Abelardo De la Torre Villanueva Jefe de la Autoridad Nacional del Agua 	Bajo la cooperación de JICA iniciada el año pasado, salieron a luz diversos desafíos relacionados con las acciones de control de inundaciones. Estamos seguros de que el gobierno central fomentará la ejecución de las medidas necesarias asegurando el presupuesto basándose en las recomendaciones del presente Estudio, para poder reducir en el futuro los daños de las inundaciones. Nuestro desafío para el siguiente paso es ahondar en los estudios con base en los resultados del presente Estudio. Debemos ejecutar los proyectos para prevenir y reducir los daños de inundaciones en cooperación con JICA y otras instituciones y asegurando el suficiente presupuesto. Ya hemos terminado de evaluar los daños de las instalaciones agrícolas e hidráulicas, así como de los

puentes y otras infraestructuras municipales que dejaron las últimas inundaciones, y estamos en la fase de iniciar los proyectos de rehabilitación post desastre.
Otro desafío que debe abordar la ANA es, como una entidad responsable de manejar los recursos hídricos de las cuencas, continuar invirtiendo esfuerzos para mejorar las condiciones de cada cuenca.


(c) Palabras de apertura 2

Palabras de Apertura	Contenido
<p>Honorable Señor Tatsuya Kabutan Excelentísimo Embajador del Japón</p> 	<p>Pienso que la realización de este seminario, como un espacio para compartir los resultados del estudio e intercambiar nuestras opiniones, tiene mucha importancia. El Japón es un país que ha sufrido grandes daños de inundaciones y de los desastres meteorológicos. Este seminario constituye una oportunidad para compartir los conocimientos y experiencias acumulados en Japón para reducir los riesgos. Nuestra vida es sumamente vulnerable ante los desastres, y hemos sufrido daños en reiteradas ocasiones. Por otro lado, también es cierto que estamos logrando reducir estos daños.</p>
<p>Por consiguiente, este Seminario ofrece una oportunidad para compartir entre ambos países las diferentes políticas y tecnologías para reducir los daños. Con la puesta en práctica de las medidas concretas, se reducirá en un futuro el número de las personas afectadas que se ven obligadas a vivir en campamentos porque sus casas han sido arrastradas. Es necesario reducir los daños no solo de las viviendas, sino también de las infraestructuras importantes como los caminos, etc. Estos desastres llegan en el momento más inesperado y debemos estar preparados oportunamente ante la llegada del siguiente desastre. Entre los preparativos se incluye analizar y decidir el presupuesto necesario y las medidas para reducir los daños de los siguientes desastres. Las lecciones aprendidas nos conducen a realizar adecuadamente los preparativos, y prevenir que tomemos las acciones incorrectas, tanto es así que es necesario interpretar correctamente las lecciones aprendidas de las experiencias del pasado. Para ello, aprovechamos esta oportunidad para presentar algunos ejemplos concretos del Japón, cuyo régimen pluvial es similar al del Perú (véase el material de la presentación). En Japón de los años cincuenta, muchas vidas se han perdido debido a las inundaciones y desastres meteorológicas, incluyendo los tifones. Sin embargo, la pérdida de vidas humanas se ha reducido drásticamente en los últimos años. Este gran logro en la protección de la vida del pueblo se debe al gran monto invertido en las infraestructuras de gestión de riesgos de desastres. La amenaza de la naturaleza es muy grande, pero también es cierto que se puede minimizar dichos fenómenos. La construcción del sistema de alerta temprana es un buen ejemplo. Japón logró reducir la pérdida de muchas vidas humanas como consecuencia de haber construido tal sistema. Si bien es cierto que la gestión de los riesgos de desastres requiere de un elevado monto de presupuesto, existen también las medidas no estructurales que no requieren invertir mucho. También es necesario construir el sistema de alerta temprana y restricción del asentamiento y de las actividades económicas en las áreas de alto riesgo. Aprovecho la oportunidad para dar a conocer sobre el Préstamo Contingente para Emergencias por Desastres Naturales que ofrece Japón. El convenio para este Préstamo ha sido firmado entre el Perú y Japón en 2014, para desembolsar los recursos necesarios destinados a las acciones de rehabilitación post desastre. La tasa de interés es sumamente baja, de 0.01 %. Finalmente, valga la redundancia, quisiera recalcar que ambos países podrán compartir los resultados del presente Estudio que ha demostrado la efectividad de las medidas contra las inundaciones, así como las lecciones aprendidas y las tecnologías del Japón. El Japón está dispuesto a continuar contribuyendo al Perú en la ejecución de mejores medidas de prevención de desastres.</p>	

(d) Medidas de control de inundaciones tomadas por ANA hasta ahora

Acciones de la ANA en el marco de las Declaraciones de Emergencia	Contenido
<p>Ing. Francisco Freddy Flores Sánchez Director de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales-ANA</p> 	<p>Hoy quisiera dar a conocer las acciones de la ANA para rehabilitar y reconstruir los daños de las inundaciones y otros desastres. Cuando ocurre una inundación, la ANA realiza el estudio de evaluación de los daños de las instalaciones agrícolas e hídricas, para elaborar posteriormente un plan de rehabilitación y reconstrucción. Similar estudio es ejecutado también para los daños de la sequía. En este caso, la Autoridad elabora un plan de emergencia que consiste principalmente en el abastecimiento de agua. El Perú es un país que sufre frecuentes desastres con sequías e inundaciones que suceden alternativamente.</p> <p>Una vez entrado en estado de emergencia, la ANA procede inmediatamente a elaborar las contramedidas. Tal ha sido el caso del Valle de Tambo que sufrió una grave sequía el año pasado, para la que la ANA preparó las medidas de emergencia.</p> <p>Las inundaciones se relacionan con El Niño, y en realidad este fenómeno se produce casi todos los años. Por ejemplo, de acuerdo con el informe de INDECI, entre 2003 y marzo de 2017, fueron reportadas 3,617 inundaciones y 1,154 huaycos.</p> <p>Las causas son diversas, entre las que se mencionan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Elevación del lecho del río ● Dragado inapropiado ● Descarga ilegal de los debrís y residuos sólidos en los cauces ● Deficiencia del plan de encauzamiento ● Deforestación y la reducción de la masa boscosa ● Poblados en las áreas de alto riesgo <p>La ANA, a través de las AAAs y ALAs, ha venido implementando un total de 614 proyectos de control de inundaciones que en total suman S/. 248 millones.</p> <p>Adicionalmente, la ANA está determinando las "fajas marginales" conforme la Ley 30556. A la fecha, la ANA, junto con las AAAs y ALAs, terminó de determinar estas fajas para una 1,500 km de ríos, a las que se sumarán otras 400 km en 2017.</p> <p>En cuanto a los desastres de sedimentos, la ANA ejecutó la "Identificación de poblaciones vulnerables por activación de quebradas (Huaycos)" a través de la cual identificó que aprox. 461,000 habitantes están viviendo en los lugares con alto riesgo de generación de huaycos.</p> <p>Con relación a las inundaciones, hemos llevado a cabo el estudio denominado "Identificación de zonas altamente vulnerables por desborde de ríos", a través del cual hemos identificado 627 zonas anegables. En septiembre de 2016 hemos entregado un informe a los organismos relevantes sobre los resultados del estudio, apelando que se necesitan S/. 594 millones para mejorar las condiciones de estas zonas. Sin embargo, lamentablemente, no hemos enterado que se tomó algún tipo de medidas por estos organismos.</p> <p>En 2015 hemos llevado a cabo un estudio a nivel de perfil para el mejoramiento de los servicios de protección contra inundaciones en el río Piura, Sector Medio y Bajo Piura, recomendando realizar la descolmatación de los cauces afectados y el recrecimiento del dique por 1 metro adicional.</p> <p>En el Inventario de Estructuras de Defensas Ribereñas de la Región Hidrográfica del Pacífico, hemos investigado en total 1954 estructuras fluviales, llegando a identificar que solo un 55 % del total se halla en condición sana.</p> <p>Como una medida de control de deslizamientos hemos ejecutado 22 obras de protección con mallas de alambre en nueve quebradas del río Rímac. Estas obras han retenido hasta el día de hoy un total de 10 mil m3 de sedimentos, protegiendo de esta manera la vida de numerosos habitantes.</p>

(e) Sobre los proyectos de reducción del riesgo de desastres

Los Proyectos de Inversión en la Reducción de Riesgos de Desastres	Contenido
<p>Mg. Adhemir Ramírez Rivera Sectorista de Análisis de Prevención y Atención de Emergencias Dirección General de Inversión Pública - Ministerio de Economía y Finanzas</p> 	<p>En primer lugar, quisiera recalcar que el MEF califica altamente la efectividad de las obras de protección con mallas de alambre que ha referido anteriormente la ANA.</p> <p>El fenómeno de El Niño ha producido grandes daños de inundación en 1925, 1983, 1998 y en 2017.</p> <p>El Fenómeno ocurrido en 1997/98 produjo una pérdida económica equivalente al 3.5 % del PIB. Solo los daños directos de las infraestructuras fueron cuantificados en US\$ 1,200 millones en la moneda de entonces. Por otro lado, las pérdidas económicas de los daños de 2017, según el instituto de investigación del BBVA, se estiman en US\$ 4,016 millones.</p> <p>Se dice que los elementos culturales de Mochica en Lambayeque y La Libertad fueron arrastrados por El Niño. Todo esto sustenta la necesidad de fortalecer la gestión de riesgos de los desastres en el Perú.</p> <p>La gestión de los riesgos de desastres debe ser fortalecida en siete procesos según establece la ley. Bajo esta política, debemos emprender las respectivas acciones.</p> <p>El SNIP que regulaba las inversiones públicas fue reestructurado y ahora se denomina INVIERTE.PE. Éste ha preparado tres programas de mitigación de desastres: Prevención, Reducción de Riesgos y Sistema de Alerta Temprana.</p> <p>Por otro lado, fue promulgada la Ley Ley 30556 referente a la reconstrucción post desastre. Para las obras de rehabilitación, INVIERTE.PE preparó cuatro tipos de programas: Capacidad de gestión de información; capacidad de protección contra amenazas; sistema de alerta temprana y capacidad de COE; y capacidad de respuesta.</p> <p>De esta manera, el MEF ha preparado numerosos programas (herramientas) para ejecutar las medidas contra las inundaciones. Sin embargo, a falta de las capacidades de los gobiernos locales, estas herramientas no están siendo utilizadas como se esperaba.</p> <p>Pero tampoco el MEF se queda con los brazos cruzados ante esta limitación. Por ejemplo, la Ley 30458 facilita que los gobiernos regionales implementen los proyectos para hacer frente a los desastres naturales. Del mismo modo, ha promulgado el Decreto de Urgencia N° 004-2017 para apoyar la ejecución de la Ley 30458.</p> <p>Finalmente, quisiera hablar sobre las lecciones aprendidas. Éste es un ejemplo del costo para evitar los daños. Con el proyecto del río Chicama hemos logrado reducir sustancialmente los daños de las inundaciones. Consideramos necesario ir implementando numerosos proyectos de este tipo hacia el futuro.</p>

(f) Presentación del resumen de los resultados del estudio por el Equipo de Estudio





El Equipo de Estudio ofreció una presentación sobre el Estudio siguiendo el contenido del borrador del Informe Final (véase el material de presentación Anexo 9-1). La presentación incluyó los resultados de la evaluación de daños de inundaciones ejecutada por el Equipo de Estudio del 23 de abril al 3 de mayo de 2017, así como las propuestas sobre las futuras medidas de control de inundaciones.

(g) Panel de discusión






El panel de discusión se realizó invitando a cuatro panelistas (dos de los cuales son investigadores en el área de control de inundaciones de las universidades, uno es responsable de los proyectos de reducción de riesgos de desastres del MEF y uno es experto en estudios de la ANA), con quienes se desarrollaron las discusiones en torno a las siguientes preguntas.

- Observaciones sobre las palabras de saludo y las presentaciones realizadas en el presente seminario, y ¿cuál es el aspecto más necesario e importante para la ejecución de los proyectos de control de inundaciones en el Perú? ;
- Respuestas a las preguntas y observaciones a las opiniones de los participantes en el seminario;
- Mirando al futuro: ¿Cuáles son las prioridades para ejecutar los proyectos de control de inundaciones?





A continuación se resumen los aspectos más importantes del primer tema planteado.

Panelistas	Observaciones sobre las palabras de saludo y las presentaciones realizadas en el presente seminario, y ¿cuál es el aspecto más necesario e importante para la ejecución de los proyectos de control de inundaciones en el Perú?
<p>Ing. Ronald Gutiérrez Llantoy, PUPC</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ● La organización de este tipo de seminarios para discutir los problemas de control de inundaciones desde diferentes puntos de vista constituye un paso importante. ● La ejecución sana de los proyectos debe fundamentarse en suficientes datos básicos, lo cual no ha sido posible ya que muy pocos proyectos han sido ejecutados basándose en los datos disponibles. ● Necesidad de establecer las normas para la planificación y diseño de los proyectos. ● Importancia de la "educación" o sensibilización en el tema de control de inundaciones
<p>Ing. Eduardo Chavarri Velarde, UNALM</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Necesidad de contar con suficientes datos hidrológicos, etc. ● Necesidad de establecer los criterios, metodologías, etc. de planificación y diseño ● Existen poblados construidos en las zonas y área vulnerables sin conocer el alto riesgo que implica vivir en esos lugares. Los medios de comunicación masiva y los científicos deben asumir un importante rol. ● Necesidad de contar con suficiente información y datos.
<p>Mg. Adhemir Ramírez Rivera, MEF</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Necesidad de construir un sistema de socialización de los proyectos de control de inundaciones ● Importancia del enfoque de gestión de la cuenca en su conjunto para ejecutar un proyecto de control de inundaciones ● Necesidad de aplicar efectivamente los conocimientos y experiencias de otras organizaciones como la JICA ● Importancia de ejecutar oportunamente los proyectos de magnitud apropiada acorde con el nuevo sistema de implementación de los proyectos públicos que sustituye al SNIP
<p>Ing. Eusebio Ingol Blanco, ANA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Necesidad de buscar nuevos enfoques de control de inundaciones fundamentándose en los daños de los últimos eventos. ● Necesidad de acelerar la investigación sobre la economía de los proyectos de control de inundaciones, como recomienda el Equipo de Estudio de JICA ● Necesidad de ejecutar los proyectos considerando bajo una visión integral considerando la cuenca en su conjunto, impulsando paralelamente las medidas estructurales y no estructurales

A continuación se presentan las opiniones de los participantes en el seminario.

PyR	Respuestas
<p>1</p> 	<p><u>Organización para la reconstrucción post desastre</u> El gobierno central debe tomar la iniciativa para impulsar las acciones de reconstrucción post desastre. Hasta ahora los proyectos han sido ejecutados por los diferentes organismos nacionales y subnacionales en forma esporádica e improvisada, sin ningún concepto unificado. Los proyectos de reconstrucción post desastre deben ser ejecutados bajo un concepto único, y sería ideal poder contar con la asistencia de los organismos como la JICA.</p> <p><u>Elaboración del plan de control de inundaciones</u> De ser posible desearíamos que JICA brinde apoyo a la elaboración del plan de control de inundaciones, el que serviría de base para las acciones de reconstrucción post desastre.</p>
<p>2</p> 	<p>Las causas de todas las inundaciones, deslizamientos y huaycos están en las cuencas altas. Es necesario intensificar las acciones de programas sociales, tales como PRONAMACHS. Se debe ejecutar prioritariamente las medidas en las cuencas altas.</p>
<p>3</p> 	<p><u>Importancia de las medidas no estructurales</u> Las presentaciones del seminario han sido muy importantes, pero queremos recalcar que también son importantes las medidas no estructurales para mitigar los daños de las inundaciones.</p> <p><u>Proyectos de control de inundaciones para lograr mayor seguridad</u> En el caso de ejecutar las medidas estructurales, se debe adoptar como meta un período de retorno mayor.</p> <p><u>Fortalecimiento de las capacidades de los centros de investigación</u> Se necesita fortalecer las funciones del Laboratorio Nacional de Hidráulica. Para ello, es necesario que el gobierno central asista a estos centros de investigación.</p>
<p>4</p> <p>Vice Presidente de Investigación UNCanete</p> 	<p>El Perú no cuenta con suficiente cantidad de los datos hidrológicos, y los que existen estos son poco fiables. Además, se hace una separación entre la hidrología y la meteorología. Tampoco existe un sistema de alerta temprana ante los desastres meteorológicos (inundaciones y sequía). Hay una marcada brecha entre las actividades de investigación y lo que se hace en realidad. Las iniciativas en la gestión de cuencas por parte del gobierno no son visibles. Hasta ahora se invirtieron en total S/. 127 millones para el control de inundaciones del río Piura, pero sin una planificación fundamentada, lo que hace difícil conseguir los efectos palpables. Es posible que esté invirtiendo en vano.</p>
<p>5</p> 	<p><u>Implementación de la Política de Macro Región</u> Actualmente todos los proyectos son diseñados para cada cuenca. Sin embargo, consideramos que hay que incorporar el concepto de Macro Región como ha sido recomendado en este Seminario. Las zonas con fuerte vínculos económicos y culturales deben ser manejadas por un mismo proyecto.</p>


Se solicitó a los cuatro panelistas exponer su respectiva opinión sobre "las medidas más prioritarias para ejecutar los futuros proyectos de control de inundaciones". A continuación se presentan los resultados.

Mirando al futuro: ¿Cuáles son las prioridades para ejecutar los proyectos de control de inundaciones?	Respuestas
<p>1: Mg. Adhemir Ramírez Rivera, MEF</p> 	<p>Finalmente, quisiera recalcar una vez más, como el MEF, sobre el instrumento legal más importante para los proyectos de control de inundaciones.</p> <p>La llamada Ley de Reconstrucción con Cambios prevé un plazo de 90 días para fortalecer y generar los planes de reconstrucción. Es decir, debemos tomar en cuenta que el tiempo es limitado.</p> <p>Asimismo, conforme a otra nueva ley promulgada para acelerar la ejecución de los proyectos, los gobiernos regionales deben presentar su respectivo plan y propuesta de proyectos al gobierno central. Estos planes y propuestas de proyectos deben considerar la cuenca en su conjunto.</p>
<p>2: Ing. Eduardo Chavarri Velarde, UNALM</p> 	<p>Existen varios desafíos, entre los cuales el más importante es contar con un plan apropiado de uso de las tierras. Otro aspecto que debe recalcar es que nosotros, los centros de investigación, trabajamos día a día y contamos con una gran cantidad de datos, y deseamos que el gobierno nos permita tomar parte del proceso de construcción del sistema de ejecución de las acciones contra las inundaciones.</p>
<p>3: Ing. Ronald Gutiérrez Llantoy, PUPC</p> 	<p>Quisiera recalcar dos aspectos importantes. El primero es la investigación. Solicitamos al MEF aumentar el presupuesto para las actividades de investigación.</p> <p>El segundo aspecto, es la necesidad de fortalecer las capacidades del personal que trabaja en esta área. Es importante que los peruanos sean capaces de elaborar los planes de su propio país.</p>
<p>4: Ing. Eusebio Ingol Blanco, ANA</p> 	<p>Siguiendo las recomendaciones del seminario, nosotros debemos elaborar el respectivo plan maestro de control de inundaciones para cada cuenca.</p> <p>El plan maestro debe incluir las medidas tanto estructurales como no estructurales.</p> <p>Es también importante elaborar el plan de respuesta urgente, que incluya la coordinación y cooperación interinstitucional.</p> <p>El marco de gestión nacional de las cuencas debe incluir las acciones contra los desastres. Dicho marco debe incluir las políticas de protección y defensa de los bienes básicos y de la vida humana.</p> <p>Asimismo, debe especificar los riesgos de cada cuenca y los períodos de retorno de las inundaciones a soportar.</p>

(h) Comentarios

Finalmente, el Sr. Eguchi, representante residente de JICA en Perú expresó su comentario acerca del seminario. A continuación se resume su contenido.

Comentario	Contenido
<p>Sr. Masayuki Eguchi, Representante Residente de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón en Perú</p>	<p>Quisiera expresar mi agradecimiento por haber asistido a este seminario. Estoy seguro de que el presente Estudio y seminario les ha entregado numerosas sugerencias de qué se debe hacer el Perú para reducir los riesgos de las inundaciones.</p> <p>Actualmente el Perú está iniciando la etapa de reconstrucción post desastre después de haber sufrido grandes daños de las inundaciones.</p>

	<p>Esperamos que este Estudio contribuya en el desarrollo de ese proceso.</p> <p>Se dice que las inundaciones han aumentado la población que vive por debajo de la línea de la pobreza por más de 700 mil habitantes, y que han provocado una pérdida económica de S/. 2000 millones en el sector agrícola.</p> <p>Esperamos que los resultados de este Estudio sean de utilidad para vincular y coordinar las acciones de todos los sectores, incluyendo los preparativos para el cambio climático.</p>
---	--

(i) Otras observaciones sobre el seminario

A la salida de la sala del seminario se colocó una pizarra blanca para que los participantes que no han podido hablar en el seminario dejen sus opiniones y observaciones. Se recibieron los siguientes comentarios.

Otras observaciones	Observaciones de la pizarra blanca
De INDECI-COEN (1)	Actualmente, el Perú cuenta con el PP068 (PREVAED) para ejecutar los proyectos de reducción y gestión de los riesgos de desastres, pero no está siendo utilizado efectivamente. Es importante que las instituciones y los gobiernos locales tengan acceso efectivo a este programa para ejecutar acciones de reducción y respuesta a los riesgos de desastres.
De INDECI-COEN (2)	Como se dijo en la presentación del estudio de JICA, es necesario construir una vinculación estrecha entre las diferentes instituciones y organizaciones. Para ello, se hace necesario definir claramente las funciones y las responsabilidades de la ANA bajo la coordinación de la PCM.
De INDECI-COEN (3)	Para ejecutar los estudios y proyectos de control de inundaciones que respondan a las necesidades sociales, se hace necesario desarrollar más las capacidades técnicas y establecer un marco de coordinación interinstitucional. Asimismo, se requiere construir un sistema para revisar los proyectos e inversiones prioritarias que deben ser implementados a corto plazo.

(2) Conclusiones de las discusiones en el seminario

Al organizar sistemáticamente el contenido de las discusiones del seminario descrito en el numeral (1), se ha visto que para la ejecución de los futuros proyectos de control de inundaciones, se debe tomar en cuenta los siguientes cuatro aspectos.

(a) Ejecución de los proyectos fundamentados en un plan de control de inundaciones para todo el conjunto de la cuenca

El Equipo de Estudio ha recalcado la importancia de las dos siguientes recomendaciones durante el seminario.

- Primero, la necesidad de elaborar un plan de control de inundaciones para todo el conjunto de la cuenca,
- Luego, los organismos nacionales, así como los gobiernos regionales y locales deben implementar los proyectos enmarcándose en dicho plan de control de inundaciones de la cuenca.

Estas recomendaciones, tal como se indicó en la Sección 12.1.3 "Organización del seminario y

contenido de las discusiones", han sido aceptadas por los panelistas y también por casi todos los asistentes⁷.

Por lo tanto, el siguiente paso es acelerar el proceso de elaboración de los planes de control de inundaciones a nivel de cada cuenca. Los proyectos de encauzamiento deben enmarcarse en el respectivo plan de control de inundaciones de cuenca y ejecutados por el organismo correspondiente.

(b) Enriquecimiento de los datos básicos y cooperación con las entidades educativas (universidades, etc.) y centros de investigación

Las medidas de control de inundaciones deben ser elaboradas recopilando una variedad de datos como son los datos hidrológicos (precipitación, caudal, etc.), datos de la marea, topografía, perfil longitudinal y transversal de los ríos, geología, tierras derrumbadas, así como los datos de la estadística social, entre otros; los cuales son sometidos al análisis de precipitación, de escorrentía, de inundación y de desbordamiento, etc. Solo así se puede elaborar las medidas óptimas para controlar las inundaciones. En el caso del Perú, recién se inició a acumular los datos en varias estaciones. En particular, para el dimensionamiento óptimo de las obras de control, se requiere someter al procesamiento estadístico de los datos hidrológicos históricos. Es, por lo tanto, sumamente importante contar con los datos completos para optimizar un proyecto. Para poder mejorar el nivel de precisión de los planes de control de inundaciones va a ser necesario consolidar el sistema de recopilación de estos datos básicos.

Para el plan de control de inundaciones que debe ser elaborado urgentemente, va a ser necesario utilizar al máximo los datos disponibles, ya que no es posible esperar que se acumule suficiente cantidad de datos. En este caso, los datos que disponen los organismos gubernamentales, muchas veces son insuficientes y limitados. Esto plantea la necesidad de establecer un esquema de cooperación ambiciosa con las instituciones educativas como las universidades, y los centros de investigación que han venido recolectando y archivando diversos tipos de datos y que además, cuentan con técnicas y métodos para realizar los análisis antes mencionados.

El simulacro de inundaciones y desbordamientos del río Tumbes en 1995 desarrollado con MIKE-FLOOD por la Universidad de Tumbes y ALA-Tumbes sirve de un buen ejemplo de la alianza estratégica con los centros educativos y de investigación. Como un proyecto de investigación conjunta con los laboratorios de las universidades que se relacionan con las diferentes cuencas, puede consistir, por ejemplo, en lo siguiente:

Análisis de inundaciones de la cuenca actual → análisis de las medidas de control y validación de su efectividad → elaboración del plan de control de inundaciones.

⁷ Algunos asistentes opinaron que el plan debe ser elaborado con el enfoque de Macro Región. Sin embargo, se considera que este planteamiento debe ser adoptado en un marco de nivel superior, como las leyes, guías, directrices, etc. para los planes de control de inundaciones.



Fuente: ALA-Tumbes

Figura 12.1.1 Resultados del simulacro de inundaciones y desbordamientos de 2015 por la Universidad de Tumbes y ALA-Tumbes

(c) Coherencia entre los planes sectoriales y el plan de control de inundaciones

Como sostuvo el Profesor Chavarri de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), los planes de control de inundaciones de las cuencas deben ser coherentes con los planes de uso de las tierras, etc. Además, debe existir una coherencia entre estos planes con otros planes sectoriales.

Tabla 12.1.2 Coherencia entre el plan de control de inundaciones y los diferentes planes sectoriales

Sectores	Elementos que deben ser coherentes
Caminos	Ancho de la viga y el espacio libre debajo de viga de los puentes
Agricultura	Altura del lecho de diseño y la altura del dique de diseño en los planes de riego y drenaje
	Plan de alineamiento de los cauces y el plan de desarrollo de tierras agrícolas
Plan de desarrollo urbano	Plan de uso de las tierras: Restricción del asentamiento y de las actividades económica en las áreas de alto riesgo de inundaciones
	Plan de drenaje municipal
Medio ambiente	Plan de construcción de presas, embalses, etc.

Fuente: Equipo de Estudio

(d) Preparación de las guías y manuales para la elaboración y ejecución adecuada de los proyectos de control de inundaciones

Como recomendaron los dos profesores de las universidades en el panel de discusión, se requiere elaborar los manuales detallados para que los gobiernos tanto regionales como locales puedan implementar los proyectos.

Por ejemplo, el nivel de planificación y la estabilidad estructural de los diques, obras de defensa ribereña, espigones, etc. construidos dependen de las capacidades técnicas del respectivo organismo ejecutor o de la firma consultora contratada para la ejecución o asesoría. Consecuentemente, la seguridad de los habitantes y de los bienes puede variar sustancialmente dependiendo del río o de la zona. La elaboración de los manuales lo más detallado posibles para la planificación, diseño y ejecución de los proyectos de control de inundaciones permitirá lograr la homogeneidad del nivel de los proyecto en todo el país.

12.2 Taller

12.2.1 Propósito del Taller

Se llevó a cabo el Taller con el objetivo de fortalecer los conocimientos sobre el mecanismo de generación de inundaciones de los técnicos de la ANA incluyendo a los de sus organizaciones relacionadas como las AAA y ALA y mejorar la técnica de análisis de fotos satelitales necesaria para el estudio sobre orígenes de inundaciones, con lo cual se pretenderá profundizar en el entendimiento teórico sobre medidas contra inundaciones.

El Taller se realizó en julio de 2017, paralelamente con los estudios de evaluación de los daños de inundaciones y de identificación de necesidades de apoyo, durante la sexta etapa del estudio en Perú, inmediatamente antes de finalizar el presente Estudio. El Taller fue dirigido a los técnicos de la sede de la ANA y de sus organizaciones relacionadas como las AAA y ALA.

El tema central del Taller fue la "elaboración de los planes de control de inundaciones" que incluían el "análisis del mecanismo de inundaciones" y el "uso de los datos satelitales" antes mencionados". Se realizó básicamente teniendo como objetivo promover un mayor entendimiento de los técnicos de la ANA y las AAA (ALA) sobre métodos y concepto del proceso de planificación de medidas contra inundaciones a través de la explicación centrada en los métodos de análisis utilizados en el presente estudio (método para identificar las áreas de generación de inundaciones según las formas fluviales (gradiente, meandro) y método de análisis de fotos satelitales de las fuentes de inundaciones), así como de ejercicios.

12.2.2 Contenido del Taller (Borrador)

El contenido del Taller (borrador) confirmado entre el Equipo de Estudio y la ANA en las discusiones deliberadas de la segunda a la quinta etapa de estudio en el Perú es como se describe en la siguiente Tabla 12.2.1.

Tabla 12.2.1 Perfil del Taller

Item	Descripción	Contenido	
Fecha:	Del 17 al 19 de julio, 2017	Taller de 3 días	
Lugar:	Sala de Conferencia de ANA, Piso 6	Costo: a ser estimado	
Propósito:	<ul style="list-style-type: none">● Incrementar la capacidad del Staff de ANA/AAA en referencia al conocimiento sobre inundaciones;● Adquirir el conocimiento sobre cómo obtener datos topográficos y de lluvia desde Satélite por el Staff de ANA/AAA; and● Comprender la teoría conceptual acerca de la planificación del control de inundaciones por el Staff de ANA/AAA		
Resumen del Taller:	<ol style="list-style-type: none">(1) Introducción al Modelo RRI incluyendo la descarga e instalación del software;(2) Practica de RRI-1: descarga e ingreso de datos topográficos e hidrológicos;(3) Practica de RRI-2: simulación de la inundación en condiciones existentes;(4) Practica de RRI-3: simulación de la inundación con Proyecto; y(5) Confirmación de Beneficios de los Proyectos basados en los resultados de simulaciones de inundación		
Dia-1			
Hora	Contenido	Presentador/Moderador	Tiempo asumido
10:00	Palabras de bienvenida-1	Representative of ANA	10 minutos
	Palabras de bienvenida -2	El Equipo	10 minutos

Item	Descripción		Contenido
10:20	Explicación sobre el Taller: (Capítulo 0) Presentación sobre el modelo RRI: (Capítulo 1)	El Equipo	120 minutos
12:20	Preguntas y respuestas	El Equipo	40 minutos
13:00	Almuerzo		90 minutos
14:30	Inicio del taller sobre el modelo RRI: (Capítulos 1 y 2)		90 minutos
Dia-2			
10:00	Apertura	El Equipo	15 minutos
10:15	Practice of RRI -1: (Capítulo 3)	El Equipo	150 minutos
	Descarga de datos topograficos de satélite Descarga de datos hidrológicos de satélite Preguntas y respuestas		
12:45	Almuerzo		
14:00	Practica de RRI -2: (Capítulo 4)	El Equipo	60 minutos
	Calculo de RRI bajo condiciones existentes Preguntas y respuestas		
15:00	Practica de RRI -3 (continua):	El Equipo	90 minutos
	Confirmación de los resultados del calculo Comparación de los resultados de simulación entre sin- proyecto y con-proyecto		
Dia-3			
9:00	Apertura	El Equipo	15 minutos
9:15	Confirmación de beneficios del proyecto basado en los resultados de simulación de inundación hecho con RRI: (Capítulo 4,5,6)	El Equipo	120 minutos
	Revisión de actividades (cálculo de beneficios cuantitativos)		
11:15	Explicación sobre el estudio de JICA y plenaria de preguntas y respuestas		60 minutos
12:15	Revisión y entrega del certificado		60 minutos
13:15	Cierre		
	Preguntas y respuestas a lo largo del taller Preparación para los nuevos desafíos y el camino por delante de los participantes		
Ambiente necesario	Computadora personal por persona (a ser preparado por cada participante) Acceso a internet banda ancha para la descarga de datos de satellite y de software		
Participantes	ALA (20), ANA (5) : aprox. 30 participants in total		
Presupuesto compartido	El Equipo: cpausa para el café, etc. ANA: Costo de lugar del evento		

12.2.3 Revisión del Taller ejecutado

Se organizó el Taller del 17 al 19 de julio de 2017 siguiendo el programa descrito en las secciones 12.2.1 y 12.2.2. A continuación se presentan los resultados.

(1) Participantes

Al evento participaron 22 personas, principalmente de las ALAs que fueron más afectadas por las inundaciones.

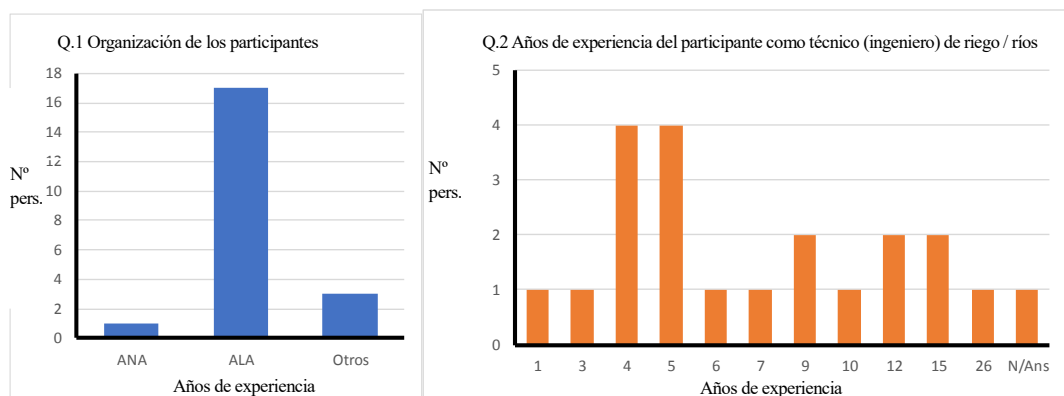
A continuación se entrega la lista de los participantes.

Tabla 12.2.2 Lista de los participantes en el taller

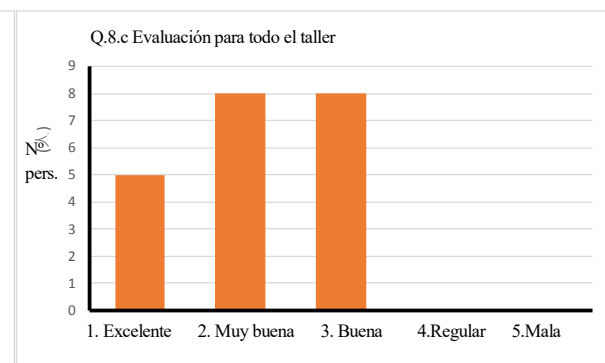
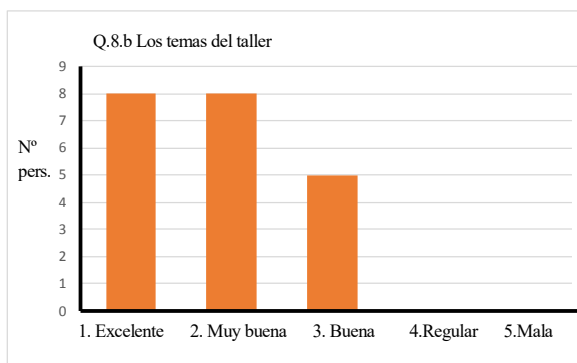
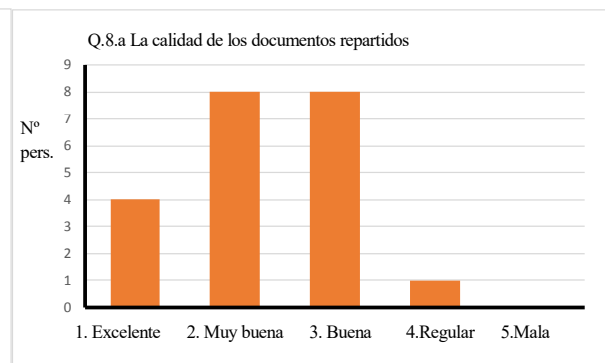
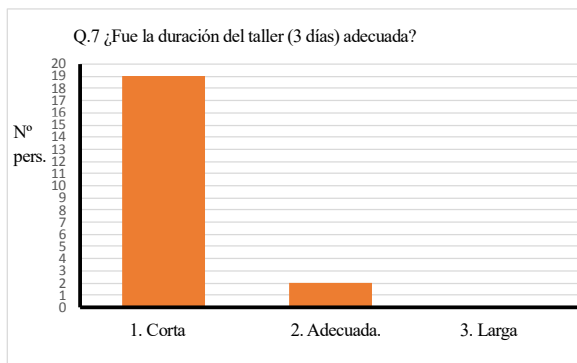
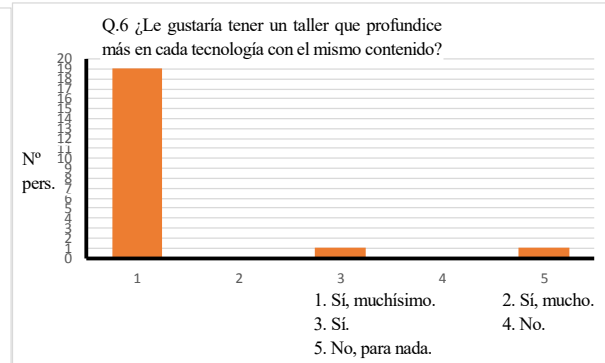
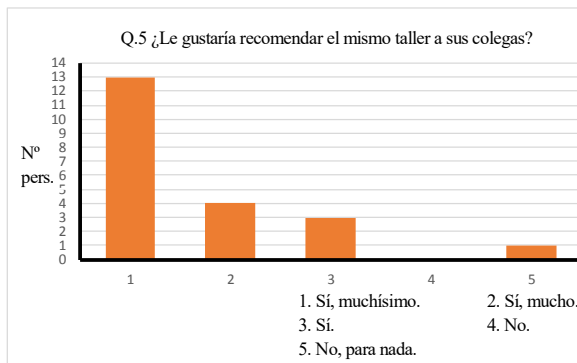
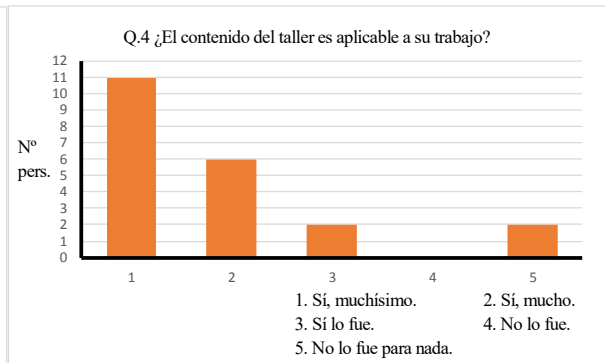
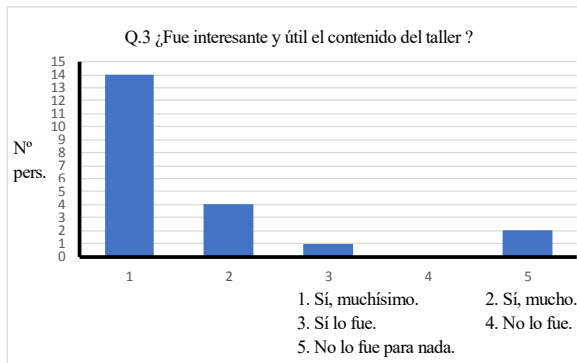
Item	Administración Local del Agua	Personal propuesto
1	ALA Tumbes	Edgar Nilson Ramirez Coveñas
2	ALA Alto Piura	Iván Joel Rivas Arica
3	ALA Medio Bajo Piura	Julio Augusto Aguilar Vásquez
4	ALA San Lorenzo	Wilson Carranza
5	ALA Chira	Javier Hipolito Chozo Neyra
6	ALA Motupe-Olmos-La Leche	Clever De La Cruz Durand
7	ALA Chancay-Lambayeque	Víctor Eduardo Marcos Correa
8	ALA Zaña	Juan Eduardo Muñoz Alva
9	ALA Jequetepeque	Ginez Yopez Vasquez
10	ALA Moche-Viru-Chao	Carlos Alberto Juarez Martinez
11	ALA Chillón-Rímac-Lurín	Rodolfo Mariñas Ramirez
12	ALA Ica	Luis Manuel Bustinza Riberos
13	ALA Camana – Majes	Rosendo Javier Portilla Anco
14	ALA Tingo María	Wilder Levi Trujillo Salas
15	ALA Mantaro	Milton Cesar Torres Vilca
16	ALA La Convención	Rene Grover Arapa Carcasi
17	ALA Sicuani	Wilber Morocco Quispe
18	ALA Cusco	Isais Pumasupa Huaman
19	ALA Ramis	Carlos Efrain Carpio Ramos
20	ALA Chili	Florentino Ordoñez Jurado
21	ALA Ilave	Eliana Maquera Mamani
22	ANA	Litzia Cisneros Huamani

(2) Comentarios de los participantes

De estos 22 participantes, 21 respondieron las encuestas de retroalimentación del contenido del Taller. A continuación se resumen los resultados.



(Nota: "Otros" son todos, oficiales de la ALA. Probablemente marcaron equivocadamente)



P.9: ¿Cuál es el tema del Taller que más le interesó? (Respuestas narrativas)

No.	Respuestas
1	A pesar de la barrera de idiomas, se ha logrado una buena comunicación en el Taller. He podido comprender bien cómo se debe interpretar la información de Web-base y cómo se debe estructurar un plan fluvial.
2	Método de adquisición de la información satelital de los EE.UU. y del Japón.

No.	Respuestas
3	Resultados del trabajo realizado por el Equipo de Estudio
4	El tiempo destinado al tema de la construcción del modelo RRI ha sido muy corto. Hubiera sido bueno ahondar en la explicación sobre la conversión de los datos satelitales a los datos de RRI.
5	El modelo RRI es interesante porque permite realizar el análisis de inundaciones con los datos simples.
6	Ha sido interesante intercambiar la información y experiencias entre dos países.
7	Ha sido interesante la información sobre otros países diferentes al Perú.
8	RRI ha sido un programa interesante.
9	El programa RRI que permite calcular el caudal de una cuenca
10	Programa RRI que permite calcular el caudal de avenidas con los datos disponibles Hubiera sido interesante conocer el programa RRI que permite introducir la sección transversal real de los ríos y de cómo elaborar un plan fluvial utilizando sus resultados.
11	Programa de RRI que permite calcular el caudal de avenidas utilizando los datos de precipitación y de topografía
12	Uso práctico del programa y la aplicación en la elaboración de las medidas de control de inundaciones
13	Uso del RRI y el intercambio de información entre ambos países
14	Modelación de la cuenca y el uso del RRI
15	Técnicas para obtener los datos necesarios para el análisis de inundaciones a través del satélite y de las páginas web (de los EE.UU. y del Japón)
16	En particular, la necesidad de reducir los daños de las inundaciones en el río Piura. Ha sido útil conocer las diferentes técnicas de reducir los riesgos de desastres a través del historial y el simulacro de inundaciones.
17	Metodología de aplicación del RRI
18	Ha sido útil la aplicación del RRI. Es más importante saber elaborar los datos que introducir los datos adquiridos por otros.
19	Los datos que se introducen en el modelo son elaborados en otros países. Básicamente los datos deben estar archivados en el servidor de la ANA. Asimismo, estas informaciones deben ser socializadas con las ALAs. Se considera necesario dar a conocer las especificaciones de las computadoras, ya que el RRI no funcionó con algunas.
20	Ha sido útil conocer los problemas de los ríos y sus soluciones expuestas por el Equipo de Estudio. Sin embargo, el tiempo ha sido muy corto para comprender toda la información del Taller. Ha sido algo frustrante porque antes de comprender sobre un tema, ya se había pasado al otro.
21	El programa que se va a utilizar en el Taller debe haber sido instalado en las computadoras.

(Nota: Los comentarios que aparecen aquí no son traducciones directas, sino han sido previamente interpretadas y re-editadas por el Equipo de Estudio.)

P.10: ¿Qué aspecto de su oficio desea fortalecer y cómo?

No.	Respuestas
1	Agilizar la obtención de información en las páginas Web.
2	Métodos de aplicación de los datos satelitales de los EE.UU. y del Japón
3	Mayor detalle en la aplicación de RRI.
4	Capacidad de modelación con RRI
5	Conocer más detalladamente los problemas relacionados con el diseño de las estructuras fluviales
6	Tecnologías de control de inundaciones. Tecnologías de construcción de presas.
7	Conocer más sobre RRI que permite realizar el análisis de inundaciones con poca información
8	Planificación de las medidas de control de inundaciones aplicando el modelo RRI
9	Técnicas de calibración de las inundaciones con el uso del modelo RRI
10	Aplicación más avanzada del programa y técnicas de análisis de precipitación

No.	Respuestas
11	Técnicas de calibración de la topografía y precipitación
12	ARC GIS
13	Técnicas de aplicación del RRI
14	Información sobre otros programas como ARC GIS
15	Técnicas de obtención de los datos de mayor número de centros de datos de los EE.UU. y del Japón
16	Técnicas para solucionar los problemas hidrológicos fluviales
17	
18	
19	El modelo RRI es aplicable en el trabajo pero el tiempo era demasiado corto para conocer completamente. Se requiere destinar al menos un mes aproximadamente solo para el tema de RRI.
20	Terminología de las técnicas hidrológicas de la ingeniería de ríos y de riego y su interpretación
21	Técnicas de análisis de inundaciones aplicando el RRI

P.11: Aspectos concretos que deben ser fortalecidos personalmente (dos aspectos más prioritarios)

No.	Técnica que debe ser fortalecida prioritariamente 1	Técnica que debe ser fortalecida prioritariamente 2
1	Métodos para determinar la sección fluvial a fin de evaluar el impacto de las inundaciones	Métodos de identificación de las zonas vulnerables ante las inundaciones y la metodología de encauzamiento
2	Metodología de aplicación de CROPWAT desarrollado por FAO	Metodología del estudio ambiental en los ríos del Perú
3	ArcGIS	Q-GIS
4	Construcción del modelo fluvial	Definición de las fajas marginales aplicando el software
5	Diseño de las estructuras fluviales	Análisis de sedimentos
6	Medidas contra inundaciones y definición de las fajas marginales	Medidas contra inundaciones y canales vertederos
7	Obtención de los datos de precipitación (aplicación de otros programas computacionales)	Tecnología de GIS y modelo climatológico
8	Versión de RRI para introducir los datos del perfil de los ríos	Tecnologías HEC-RAS y GIS
9	Técnicas de calibración de las inundaciones en el modelo RRI	Definición de las fajas marginales aplicando el software
10	Análisis de balance de sedimentos de los ríos	Análisis del flujo subterráneo
11	Técnicas de calibración de las inundaciones en el modelo RRI	Definición de las fajas marginales aplicando el software
12	ARC GIS (técnicas de modelación de los datos de la cuenca)	Q GIS (técnicas de modelación de los datos de la cuenca)
13	Q-GIS	Tecnología informática para obtener los datos satelitales
14	Métodos más detallados de la aplicación de RRI	Técnicas de construcción de modelos aplicando GUI
15	Técnicas de calibración de los resultados de análisis	Técnicas de elaboración de los planes de control de inundaciones fundamentados en los resultados del análisis
16	Técnicas de modelación, incluyendo el mantenimiento de los ríos (dos meses aproximadamente)	Diseño de las estructuras fluviales y de control de inundaciones
17		

No.	Técnica que debe ser fortalecida prioritariamente 1	Técnica que debe ser fortalecida prioritariamente 2
18	Métodos de elaboración de los datos para ingresar al modelo	Calibración y corrección del modelo
19	Técnicas de obtención de los datos satelitales	ARC GIS
20	Métodos de definición de las fajas marginales en Japón	Tecnología japonesa para el control de las inundaciones fluviales
21	Métodos de aplicación de HEC-RAS, MIKE-Flood, RRI, etc.	Técnicas de gestión de cuencas de otros países

(3) Fotografías del desarrollo del Taller y de los participantes

A continuación se presentan las imágenes del desarrollo del Taller y la fotografía de los participantes tomada al final del Taller.



(4) Conclusiones del Taller

En general, el Taller ha sido calificado altamente, como lo demuestran las respuestas a las encuestas retroalimentadas por los participantes (2).

Los objetivos del Taller han sido los siguientes.

- Conocer que el RRI permite identificar el mecanismo de generación de las inundaciones;
- conocer a través de la aplicación de RRI, la estrecha relación que hay entre la generación de inundaciones con el régimen de precipitación, topografía, geología y el perfil de los ríos;
- conocer a través de la aplicación de RRI, que es posible obtener estos datos a través de la información satelital gracias a la última tecnología;

- conocer que un plan de control de inundaciones consiste en mejorar el perfil del río y diseñar las obras que reducen la escorrentía en la cuenca alta; y
- conocer que es necesario contar con un plan maestro que abarque la cuenca en su totalidad para elaborar los planes específicos de control de inundaciones.

Se considera que todos los participantes han dominado estos temas.

Por otro lado, se ha visto que

- el RRI no funcionaba en algunas computadoras personales que han traído los participantes; y
- que aun cuando funcionaba el RRI, el tiempo requerido para el cálculo del simulacro de alta precisión ha sido muy largo, por lo que no ha sido posible utilizar en el Taller el modelo que se utilizó en el Estudio.

De esta experiencia se ha visto la necesidad de esclarecer las especificaciones de las PC que se utilizarán en el Taller.

Adicionalmente, en cuanto al contenido del Taller para contribuir al fortalecimiento de las medidas de control de inundaciones en el Perú hacia el futuro, se considera necesario incluir los siguientes temas y prácticas en los talleres.

- ◆ Metodología de elaboración del modelo de precipitación a ser aplicado en el plan de control de inundaciones (aprox. 1 semana).
- ◆ GIS para elaborar el modelo de inundaciones (aprox. 2 semanas)
- ◆ Metodología de elaboración del Plan Maestro hasta elaborar el plan de control de inundaciones y desbordamientos con RRI, HEC y MIKE (aprox. 1 mes)

Capítulo 13 Resumen de los Resultados del Estudio sobre los Daños de Inundaciones y de Deslizamientos y sobre las Necesidades de Reconstrucción

13.1 Pertinencia de ejecutar el estudio sobre los daños de inundaciones y sobre las necesidades

13.1.1 Antecedentes de ejecución

El manejo de las inundaciones en el Perú debe consistir, como se indicó en el Capítulo 1, Sección 1.1 "Antecedentes del Estudio", en el fomento de las medidas preventivas para reducir los riesgos fundamentándose en el enfoque de la necesidad de prepararse para "reconstruir mejor (*Build Back Better*)", que incluye prepararse ante los desastres e implementar la reconstrucción post desastre bajo la cooperación internacional, concepto definido como el desafío hacia el futuro en el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015.

Sin embargo, antes de tomar las medidas preventivas para reducir los riesgos de inundaciones, entre enero y marzo de 2017, el Perú, en particular la región norte, ha sido azotado fuertemente por las grandes inundaciones de similar magnitud a las ocurridas en 1998, como consecuencia del El Niño Costero. De acuerdo con el Informe Final de INDECI, al 9 de junio de 2017, 980 comunidades han declarado el estado de emergencia, y el número total de personas afectadas superó 1,64 millones de personas (véase la Tabla 13.2.3 y la Tabla 13.2.4.).

Dentro de este contexto, se propuso entrevistar con las autoridades de las principales instituciones y organismos de las áreas afectadas para:

- evaluar los daños de las últimas inundaciones y deslizamientos, y conocer las políticas y necesidades locales de rehabilitación y reconstrucción.

Hemos considerado que es una excelente oportunidad para captar información a través del presente Estudio, la que será sintetizada con los datos e información de otros estudios para elaborar los materiales idóneos "para sostener discusiones con las autoridades del Perú sobre las políticas e instituciones orientadas a fortalecer las capacidades de manejo de inundaciones.

13.1.2 Objetivos de ejecución

Como se indicó anteriormente, el presente Estudio sobre los Daños de Inundaciones y de Deslizamientos y sobre las Necesidades de Reconstrucción tiene por objetivo elaborar los materiales que sirvan de base para "sostener discusiones con las autoridades del Perú sobre las políticas e instituciones orientadas a fortalecer las capacidades de manejo de inundaciones" entre JICA, los organismos relevantes peruanos y japoneses.

Por lo tanto, se propone a través del presente Estudio, no solo conocer las necesidades del Perú para la rehabilitación y reconstrucción, sino también conocer el mecanismo de generación de inundaciones y deslizamientos; analizar y revisar los resultados de análisis de precipitación, inundaciones y desbordamiento

(Capítulos 5 y 7 del presente Informe); y revisar los desafíos y soluciones incluyendo la construcción del sistema organizativo e institucional para la implementación de los futuros proyectos de manejo de inundaciones. Además, se propone incorporar el enfoque de aplicabilidad de la tecnología japonesa en el análisis de los desastres reales.

El estudio estaba compuesto por las siguientes dos etapas.

- Estudio preliminar: Este estudio tenía como objetivo principal conocer las generalidades de los daños de inundaciones y revisar la congruencia entre los daños reales y los resultados del análisis (véase el Capítulo 12) para realizar presentaciones sobre los daños de inundaciones y parte de las recomendaciones en el seminario de mayo de 2017 (véase el Capítulo 12). Asimismo, en esta etapa se realizó la coordinación necesaria para posibilitar la recepción del Equipo de Estudio en la etapa de estudio exhaustivo (segunda etapa) por parte de las autoridades locales de las cuencas seleccionadas y de ANA.
- Estudio intensivo: Esta etapa consiste en la ejecución del estudio de los daños de desastres y de las necesidades de reconstrucción. Se seleccionaron de manera preliminar como áreas de estudio: las seis cuencas de cuatro departamentos del norte (ríos Tumbes, Piura, Motupe y su afluente La Leche), los ríos que avenan la ciudad y municipio de Trujillo (ríos León, San Idelfonso y San Carlos) y el río Rímac de la provincia de Lima. Las áreas de estudio fueron seleccionadas definitivamente en consulta con las autoridades locales.

13.1.3 Generalidades del estudio y calendario de trabajo

(1) Estudio preliminar

El estudio preliminar fue ejecutado del 26 de abril al 3 de mayo de 2017. El estudio incluyó los siguientes componentes.

- Evaluación preliminar de los daños generales de inundaciones
- Estudio en campo (regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad)
- Actualización de los materiales de presentación del seminario en base a los resultados del estudio en campo y realización del seminario.
- Elaboración del plan y calendario tentativo de ejecución del estudio intensivo y coordinación del calendario de trabajo con las autoridades relevantes

(2) Estudio intensivo

El estudio intensivo se ejecutó del 26 de junio al 21 de julio de 2017. El estudio incluyó los siguientes componentes.

- Análisis hidrológico de las inundaciones ocurridas entre enero y marzo de 2017 (análisis de precipitaciones)

- Comparación con los resultados del análisis de desbordamiento ejecutado en el presente Estudio (Capítulo 5 al 7) y análisis de los eventos reales de inundaciones y desbordamientos.
- Reconocimiento en campo
 - Evaluación de los fenómenos de inundaciones y de deslizamientos
 - Identificación de las necesidades de reconstrucción y rehabilitación
 - Organización de los desafíos de las acciones de manejo de inundaciones convencional
- Recomendación sobre los desafíos y posibles soluciones enfocándose en las medidas estructurales, no estructurales, institucionales y organizativas.
- Evaluación del potencial de aplicación de la tecnología japonesa

13.2 Resumen de los resultados del estudio preliminar

Como se indicó anteriormente, el estudio preliminar fue ejecutado del 26 de abril al 3 de mayo de 2017. A continuación se presenta el resumen de los resultados.

13.2.1 Calendario de trabajo

La primera etapa del Estudio (preliminar) sobre los daños y necesidades fue ejecutada siguiendo el calendario que se indica a continuación, con el fin de conocer las generalidades de los daños de inundaciones ocurridas entre enero y marzo de 2017 principalmente en la región norte del Perú; formular recomendaciones sobre las medidas de reducción de daños de las futuras inundaciones (el estudio detallado se llevó a cabo en la segunda etapa); y buscar la posibilidad de aplicar la tecnología japonesa.

Tabla 13.2.1 Calendario de ejecución del estudio sobre los daños de inundaciones (estudio preliminar)

Fecha	Sitios visitados
27 y 28 de abril de 2017	Río Tumbes (región de Tumbes)
29 de abril de 2017	Río Chira (región de Piura)
30 de abril de 2017	Río Piura (región de Piura)
1 de mayo de 2017	Ríos Motupe/La Leche, etc.(región de Lambayeque)
2 y 3 de mayo de 2017	Río Chicama, quebradas que avenan la ciudad de Trujillo (Departamento de La Libertad)

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

A continuación se presentan los resultados del estudio preliminar de los daños de inundaciones y deslizamientos ejecutado siguiendo el calendario indicado anteriormente.



Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

Figura 13.2.1 Departamentos visitados en el estudio preliminar sobre los daños de inundaciones

13.2.2 Resumen de los daños según departamentos

Los datos generales de los daños sufridos en cada departamento fueron obtenidos del respectivo COER. Los resultados se indican en la siguiente Tabla 13.2.2.

Tabla 13.2.2 Resumen de los daños según departamentos estudiados (estudio preliminar)

Región	Damnificados (personas)	Viviendas afectadas (viviendas)	Centros educativos (centros)	Hospitales (hospitales)	Canales de riego (km)	Caminos (km)	Tierras de cultivo (ha)	Observaciones
Tumbes	38,021	11,547	88	39	1.309	408	5.399	
Piura	443,869	90,172	270	164	1,206	2,975	27,506	Total de pérdidas económicas: s/. 1,300 millones
Lambayeque	207,834	43,611						
La Libertad	257,153	71,986						

Fuente: Material proporcionado por los COE-R y por el personal responsable de prevención de desastres de cada gobierno regional (entre el 28 de abril y el 3 de mayo)

El INDECI ha publicado el resumen de los daños de los desastres provocados por el reciente El Niño Costero en su Sitio Web del 9 de junio de 2017. Los resultados se presentan en Tabla 13.2.3 y en Tabla 13.2.4.

Tabla 13.2.3 Número de distritos declarados en emergencia por El Niño Costero

No.	Región	Número de distritos declarados en emergencia	
		Provincia	Distritos
1	Áncash	20	166
2	Arequipa	8	49
3	Ayacucho	11	58
4	Cajamarca	13	127
5	Callao	1	3
6	Huancavelica	7	57

No.	Región	Número de distritos declarados en emergencia	
		Provincia	Distritos
7	Ica	5	27
8	Junín	1	1
9	La Libertad	12	83
10	Lambayeque	3	38
11	Lima	10	145
12	Loreto	7	47
13	Piura	8	65
14	Tumbes	3	13
Total		109	879

Fuente: Información de Emergencias y Daños Producidos por El "Niño Costero", INDECI, 09 Junio 2017
 Los departamentos o provincias en amarillo son donde se ejecutó el reconocimiento en campo en el estudio intensivo.

Tabla 13.2.4 Número de damnificados y afectados por El Niño Costero

No.	Región	Número de damnificados y afectados				
		Damnificados	Afectados	Fallecidos	Heridos	Desaparecidos
1	Amazonas	221	223			
2	Áncash	34,953	102,756	27	126	1
3	Apurímac	489	969	1	1	
4	Arequipa	2,110	48,914	17	40	5
5	Ayacucho	1,258	6,192	9	6	
6	Cajamarca	1,608	10,531	8	6	2
7	Cusco	244	7,633	9	2	
8	Huancavelica	5,493	29,031	6	2	
9	Huánuco	937	2,552	1	2	
10	Ica	4,525	103,012		60	
11	Junín	859	763	3	25	
12	La Libertad	74,310	378,379	14	69	4
13	Lambayeque	52,860	127,755	9	5	
14	Lima	16,760	39,029	16	78	1
15	Loreto	198	108,950			
16	Madre de Dios	257	7,548			
17	Moquegua	237	5,216	1	2	
18	Pasco	240	1,574	1	2	1
19	Piura	91,440	303,472	17	39	4
20	Puno	72	238	4	1	
21	San Martín	133	3,360	1		
22	Tacna	47	5,208	1		
23	Tumbes	1,016	56,493			
24	Ucayali	508	7,678	2		
Total		290,775	1,357,476	147	466	18
		1,648,251		631		

Fuente: Información de Emergencias y Daños Producidos por El "Niño Costero", INDECI, 09 Junio 2017
 Las regiones en amarillo son donde se ejecutó el reconocimiento en campo en el estudio intensivo.

13.2.3 Factores básicos que provocaron las inundaciones y deslizamiento

Los factores básicos que provocaron las últimas inundaciones y deslizamientos son tres: "condiciones meteorológicas", "exceso de lluvias asociado con las condiciones meteorológicas" y "el cambio de las condiciones sociales (aumento de vulnerabilidad)". A continuación se presenta el resumen.

(1) Factores meteorológicos: recurrencia de El Niño Costero

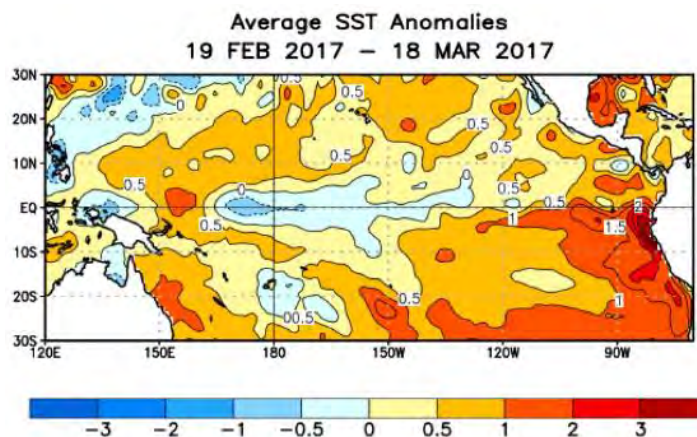
Entre 2015-2016 se observaron los fenómenos de El Niño extremadamente fuertes con potencial de provocar

grandes inundaciones. Ante esta predicción, el Gobierno Central del Perú centró esfuerzos para tomar medidas contra El Niño de gran escala para prepararse antes los posibles eventos⁸. Afortunadamente este fenómeno terminó. Sin embargo entre febrero y marzo renació el denominado El Niño Costero en la que la temperatura del agua marina aumenta en toda la franja ecuatorial del Océano Pacífico, y este fenómeno constituye uno de los factores básicos causantes de las últimas inundaciones⁹.

El último informe del Estudio Nacional del Fenómeno "El NIÑO" (ENFEN) y otros estudios relacionados con este fenómeno y las inundaciones describe lo siguiente.

- Tradicionalmente se decía que "el Fenómeno de El Niño produce las inundaciones en el Perú". Sin embargo, sería más preciso decir que "la alza de temperatura del agua en el Pacífico oriental (costas del Perú) provocada por El Niño acentúa las condiciones meteorológicas que pueden provocar grandes inundaciones en el Perú" (el equipo continuará ejecutando el estudio).

A continuación en las Figura 13.2.2 y Figura 13.2.3 se presentan los datos de la temperatura del agua del Pacífico en febrero y marzo de 2017 (comparados con un año ordinario) y los tipos de El Niño según años de ocurrencia.



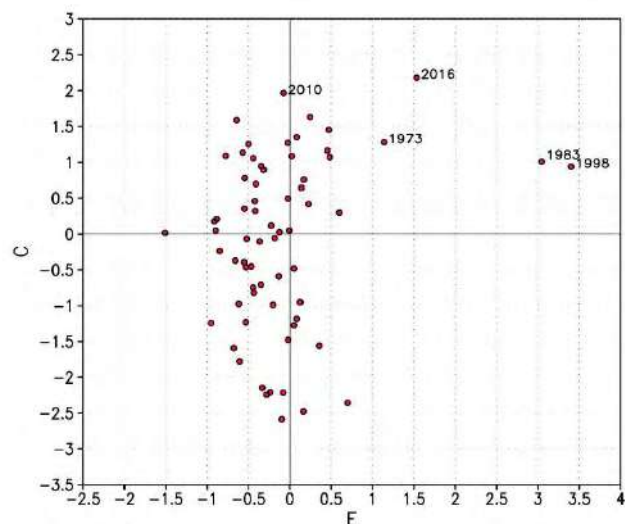
Fuente: Figura 2. La temperatura superficial del mar ha sido más alta que el promedio durante todo el mes pasado a lo largo de la mayor parte del Pacífico sudoriental. El calentamiento inusual ha sido especialmente marcado cerca de la costa del Perú, donde las temperaturas mensuales han sido mayor que 3°C (5,4°F). Imagen cortesía de: NOAA/NWS Climate Prediction Center, Bob Henson, Weather Underground

(<https://www.wunderground.com/cat6/weird-coastal-el-nino-clobbers-peru-80-killed-14-billion-damage>)

Figura 13.2.2 Evolución de El Niño entre febrero y marzo de 2017

⁸ Estas medidas consistieron básicamente en la construcción de la defensa ribereña y en el dragado (excavación) de los sedimentos acumulados en el lecho de los ríos.

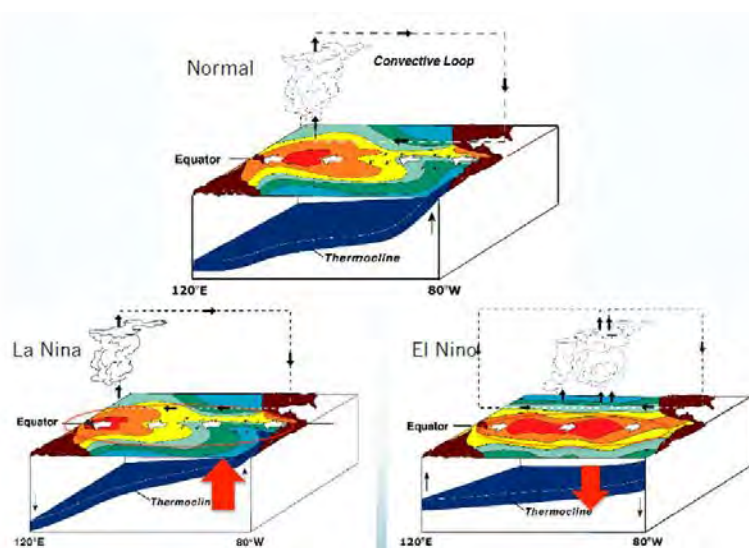
⁹ Sin embargo, este fenómeno no ha sido reconocido por NOAA de los EE.UU. ni por la Agencia Meteorológica del Japón como el Fenómeno de El Niño.



Fuente: Figura 3. Cada Fenómeno de El Niño puede ser clasificado según si su calentamiento de la superficie del mar es más enfocado en el Pacífico central ecuatorial (índice C) o en el Pacífico oriental ecuatorial (índice E). De los tres eventos más intensivos de El Niño entre 1950, 1982-83 y 1997-98 han sido dominados por el calentamiento del Pacífico oriental (tipo E), mientras que el calentamiento de 2015-16 fue más del tipo C que del tipo E, Bob Henson, Weather Underground (<https://www.wunderground.com/cat6/weird-coastal-el-nino-clobbers-peru-80-killed-14-billion-damage>)

Figura 13.2.3 Temperatura de la superficie del mar del Pacífico según años

A continuación se presenta la información extraída del material literal que explica el sistema general de generación del exceso de lluvias en el Perú y Ecuador por El Niño.



Fuente: Figura 1.1 Explicación esquemática del efecto de El Niño y La Niña (DRR-Informe de la Misión de Evaluación del Alcance, Perú, Equipo de Reducción de Riesgos de los Países Bajos (junio de 2016))

Fuente original: Thomas P. Phillips, Departamento de Ingeniería Aeroespacial, CCAR, ESOC, CIRES, Universidad de Colorado H. E. Longenecker (Universidad de Colorado) y J. M. Smith (Universidad de Nevada, Reno)

Figura 13.2.4 Explicación esquemática del efecto de El Niño y La Niña en el Perú - relación entre la temperatura del mar y la circulación atmosférica

(2) Precipitación: Ocurrencia de la precipitación récord

Bajo las condiciones meteorológicas asociadas con El Niño Costero indicadas anteriormente, se reportaron lluvias extremas en las áreas del presente Estudio.

De acuerdo con el Informe de SENAMHI, se reportaron precipitaciones máximas históricas o de similar nivel en los distritos y localidades que fueron inundados este año. En la siguiente Tabla 13.2.5 se presentan el historial de la precipitación máxima diaria según meses en distintas regiones publicado por SENAMHI y el extracto de los datos registrados en las estaciones de monitoreo de lluvias de las cuencas de los ríos Tumbes y Piura a efectos de comparar (en la Sección 13.3 se presenta el análisis más detallado de las precipitaciones).

Tabla 13.2.5 Precipitación máxima diaria histórica en las cuencas de los ríos Tumbes y Piura y los datos de 2017

Cuenca/ Estación	Precipitación máxima histórica (año: mm)			Segundo lugar (año: mm)			Precipitación máxima en 2017 (mm)		
	Enero	Febrero	Marzo	Enero	Febrero	Marzo	Enero	Febrero	Marzo
Tumbes /									
Prayal	'87: 90.0	'98: 219.0	'02: 103.7	'98: 80.6	'06: 131.6	'08: 91.5	67.7	21.1	53.1
Puerto Pizarro	'17: 192.8	'83: 139.0	'83: 166.0	'98: 97.1	'98: 131.1	'99: 129.2	192.8	48.6	77.4
Matapalo	'98: 129.4	'98: 276.4	'98: 119.7	'07: 97.3	'95: 138.6	'15: 113.9	70.6	111.6	80.6
Piura /									
Morropón	'83: 152.7	'17: 150.5	'81: 170.9	'09: 95.4	'07: 113.5	'12: 120.0	78.0	150.5	116.0
Lancones	'98: 146.6	'98: 139.8	'16: 200.0	'73: 80.0	'08: 110.5	'13: 151.4	21.8	63.8	140.0
San Pedro	'83: 168.0	'83: 166.5	'17: 159.5	'98: 130.0	'08: 109.5	'98: 142.3	75.3	155.3	159.5
Malacasi	'98: 122.0	'17: 134.2	'98: 251.2	'17: 72.3	'00: 95.8	'17: 143.1	72.3	134.2	143.1

Nota: Las celdas amarillas son precipitaciones diarias ocurridas entre enero y marzo de 2017.

Fuente: SENAMHI

Como se observa, las precipitaciones registradas en muchas de las estaciones representativas de las dos regiones donde se llevó a cabo el estudio preliminar de daños, corresponden al primer o segundo nivel máximo histórico, lo que sugiere que el exceso de lluvias fue una de las causas directas de las inundaciones ocurridas.

(3) Factores sociales: Concentración de la población y de los bienes en las regiones vulnerables ante inundaciones y deslizamientos asociada con el desarrollo económico

La vulnerabilidad social acentuada por el desarrollo económico y el crecimiento de la población peruana ha sido otro factor que agravó los daños de los desastres de inundaciones y deslizamientos.

Por ejemplo, la pérdida de la memoria histórica respecto a desastres ha hecho que se construyeran viviendas y otros activos en las áreas de alto riesgo que históricamente han sido azotadas por varias inundaciones y deslizamientos. A continuación se describen algunos ejemplos representativos.



Fuente: Google Earth

Figura 13.2.5 Uso de las tierras en la cuenca de la quebrada León y en la cuenca baja de la quebrada en Trujillo-1



Fuente: Google Earth

Figura 13.2.6 Uso de las tierras en la cuenca de la quebrada León y en la cuenca baja de la quebrada en Trujillo-2

13.2.4 Principales factores causantes de las inundaciones y huaicos

Las últimas inundaciones que azotaron diferentes localidades fueron producidas por los tres factores básicos descritos en el apartado 13.2.3. Por otro lado, también es cierto que el nivel de desarrollo de las obras de control de inundaciones y las causas directas de las inundaciones se difieren según regiones y cuencas, según la información captada en el presente Estudio. En la siguiente Tabla se resumen las principales causas. Éstas pueden ser consideradas como causas (amenazas) directas de los daños causados por las últimas inundaciones y deslizamientos.

Tabla 13.2.6 Causas de las inundaciones de los ríos en las regiones estudiadas

Regiones	Cuencas, ríos, quebradas, etc.	Causas directas de los últimos daños relacionadas con la gestión de los ríos
Tumbes		
	Río Tumbes	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-1: Desbordamiento parcial del agua en los tramos no protegidos ● Tipo-3: Falta de obras de control de remanso ● Tipo-4: Socavación de las riberas (destrucción parcial o total de la defensa ribereña y diques)
Piura		
	Río Chira	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-4: Socavación de las riberas (destrucción parcial o total de la defensa ribereña y diques) ● Tipo-5: Daños de las tierras de cultivo y de las instalaciones agrícolas por el desbordamiento de las quebradas de otras cuencas
	Río Piura	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-2: Ocurrencia del caudal que supera el período de retorno del diseño de los diques y las obras de control de inundaciones *1 ● Tipo-4: Socavación de las riberas (destrucción parcial o total de la defensa ribereña y diques) ● Tipo-6: Reducción de la capacidad hidráulica debido a la acumulación de sedimentos arrastrados de la cuenca alta en las cuencas media y baja.

Regiones	Cuencas, ríos, quebradas, etc.	Causas directas de los últimos daños relacionadas con la gestión de los ríos
Lambayeque		
	Ríos Chancay-Lambayeque	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-7: Inundación del área urbana debido a la precipitación que supera la capacidad de drenaje de la localidad*2 ● Tipo-2: Ocurrencia del caudal que supera el período de retorno del diseño de los diques y las obras de control de inundaciones *3
	Río Motupe Río La Leche *5	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-2: Ocurrencia del caudal que supera el período de retorno del diseño de los diques y las obras de control de inundaciones *4 ● Tipo-4: Socavación de las riberas (destrucción parcial o total de la defensa ribereña y diques)
	Río Olmos	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-4: Socavación de las riberas (destrucción parcial o total de la defensa ribereña y diques) ● Tipo-6: Reducción de la capacidad hidráulica debido a la acumulación de sedimentos arrastrados de la cuenca alta en las cuencas media y baja.
● La Libertad		
	Tres quebradas en Trujillo	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-8: Falta de protección y mantenimiento de los canales urbanos y afluentes*6
	Río Chicama	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-4: Socavación de las riberas (destrucción parcial o total de la defensa ribereña y diques) ● Tipo-9: Falta de la capacidad hidráulica del puente de alcantarillado que atraviesa el río.
	Quebrada ³	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-9: Falta de la capacidad hidráulica del puente de alcantarillado que atraviesa el río.
	Quebrada. Cuculicote	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipos-2 y 6: Crecida que excede la sección desarrollada y la acumulación de sedimentos arrastrados de la cuenca alta.
	Río Viru	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-10: Construcción de la cimentación apropiada del puente (se requiere más estudio) ● Tipo-4: Socavación de las riberas (destrucción parcial o total de la defensa ribereña y diques)

*1: 3.400m³/s está por encima de la capacidad del canal del río (1700~2000 m³/s) (a ser confirmado durante la Planificación de la reconstrucción)

*2: Túcume pobre en la ciudad

*3: Baja capacidad de flujo aguas abajo

*4: 700~800 m³/s por encima de la capacidad del canal existente (Aprox. 400m³/s) en Illimo (23 caseríos fueron aislados.) (a ser confirmado durante la planificación de la reconstrucción)

*5: La Leche es el afluente del río Motupe

*6: Quebrada. León, quebrada. San Idelfonso, quebrada. San Carlos

Fuente: Elaborado por el Equipo de Estudio

En base a la información presentada en la Tabla 13.2.6, a continuación se resumen las condiciones de los ríos y de las cuencas que causaron las últimas inundaciones (falta de las obras de drenaje) según las causas.

(1) Causas de las inundaciones: Falta de capacidad hidráulica o de desarrollo del control de inundaciones apropiado (Tipo-1, Tipo-2)

(a) Tipo-1: Inundaciones ocurridas por falta de obras de control: río Tumbes, etc.

Las obras de control de inundaciones en el Perú son ejecutadas como proyectos aislados en los tramos considerados "más críticos". Por ejemplo, el proyecto PERPEC⁴ ejecutado entre 1999 y 2009 y otros

³ El término "quebrada" es un sustantivo que se usa para referirse al pequeño tributario intermitente que confluye al río permanente. Su abreviatura de "Qda."

⁴ El Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación (PERPEC) fue ejecutado entre 1999-2009 para la reconstrucción de las zonas afectadas por las grandes inundaciones ocurridas en 1997 y 1998, con un monto de inversión de

consistieron en la construcción de diques y defensa ribereña en tramos específicos, pero no han sido proyectos que abarcaron el río en su conjunto.

Actualmente, la mayoría de los proyectos de control de inundaciones es ejecutada principalmente por el respectivo gobierno regional, y consiste en construir la defensa ribereña o diques específicamente en los tramos afectados. Como consecuencia, la solución es del tipo parche. De esta manera, por ejemplo en las tierras planas de la cuenca baja del río Tumbes, existen tramos no protegidos desde donde se desborda el agua cuando ocurren avenidas que superan la capacidad hidráulica del río, dejando inundadas las tierras de cultivo, etc.



Fuente: ALA-Tumbes (Vídeo proporcionado por ALA-Tumbes con aclaratorias del Equipo de Estudio)

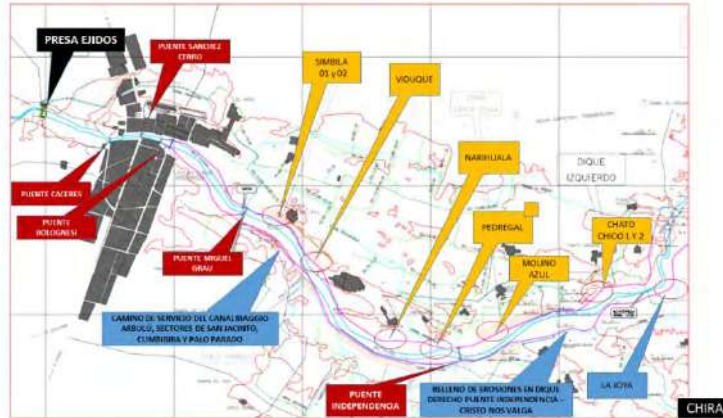
Figura 13.2.7 Inundaciones en las tierras bajas de la cuenca baja del río Tumbes

(b) Tipo-2: Inundaciones por el caudal que superó el período de retorno de diseño de las obras de control: río Piura, etc.

Como se indicó anteriormente, los proyectos de control de inundaciones en el Perú consisten básicamente en proteger los tramos críticos con diques y obras de defensa ribereña, por lo que las inundaciones se producen en los tramos desprotegidos (o protegidos con los diques más pequeños). Sin embargo, en las últimas inundaciones el agua se desbordó (de la corona de los diques) también en los tramos protegidos a través de los proyectos precedentes.

El desbordamiento del flujo de las avenidas del río Piura en el tramo protegido de la ciudad de Piura del es un ejemplo representativo de lo mencionado anteriormente.

US\$ 126 millones. Los principales proyectos fueron la construcción de diques y otras obras de defensa ribereña, excavación del lecho, reconstrucción del sistema de riego destruido, etc.



Leyenda: **Rojo**: puentes; negro: obras de cabecera; **amarillo**: daños y ruptura de los diques; **azul**: socavación
 Fuente: Proyecto Chira-Piura (región de Piura)

Figura13.2.8 Sitios afectados a lo largo del río Piura, ciudad de Piura

La información proporcionada por el personal entrevistado de AAA/ALA y del Gobierno Regional de Piura ha sido diferente en la primera y segunda etapa del Estudio. Por ejemplo, durante el estudio en campo que se llevó a cabo en mayo de 2016, la capacidad hidráulica del tramo protegido había sido de 3,700 m³/s. Sin embargo, esta cifra fue cambiada a 2,000 m³/s aproximadamente en el estudio de campo ejecutado en marzo de 2017, aunque el personal técnico entrevistado ha sido diferente al entrevistado precedentemente. Se dice que el caudal que pasó por el puerto Sánchez, cerro ubicado en la ciudad de Piura en las últimas inundaciones fue de 3,468 m³/s.



Fuente: Las dos fotos de arriba son del Proyecto Chira-Piura, y las dos de abajo fueron tomadas por el Equipo de Estudio

Figura13.2.9 Ruptura del dique del río Piura por las avenidas que superaron la capacidad hidráulica, y su rehabilitación

(c) Tipo-9: Inundaciones agravadas por la intercepción del flujo de agua debido a la presencia de las estructuras que cruzan el cauce: río Chicama, etc.

En la región de La Libertad, el agua fluvial, en especial del río Chicama, entró a la carretera Panamericana produciendo:

- el estancamiento del agua durante prolongado tiempo y
- daños de la calzada por la corriente circulante, dejando bloqueada la carretera por más de 30 días.

(2) Causas de las inundaciones: Tipo-4: Socavación de las riberas (destrucción parcial o total de la defensa ribereña y diques)

Entre los principales daños de las inundaciones que sufren las áreas protegidas con los diques en el Perú se menciona la pérdida de las tierras de cultivo de excelente calidad debido a la socavación de las riberas.

Las posibles medidas para reducir los daños de socavación son:

- la construcción de las sólidas obras de defensa ribereña;
- la reducción del efecto de socavación por el espigón; y
- el cambio del curso de agua,

entre otras.

 <p>Daños de socavación en la cuenca baja del río Tumbes -1: Se dice que se perdieron 7 has. de tierras de cultivo en un día.</p>	 <p>Daños de socavación en la cuenca baja del río Tumbes -2: Los daños de socavación continúan día a día y se requiere tomar las medidas cabales</p>
 <p>Tramo socavado del río Chira: Pone en riesgo de colapsar el canal de riego importante para la comunidad local</p>	 <p>Daños de la defensa ribereña en la cuenca baja del río Tumbes: Existen algunos tramos que la obra existente ha sido dañada, requiriendo construir una obra de defensa ribereña más resistente</p>

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.2.10 Fotos de los daños de socavación de los ríos

(3) Causas de las inundaciones:

(a) Tipo-3: Falta de obras de control de remanso

Éste es el tipo de inundación que se produce no por el desborde de las avenidas por encima del dique, sino por el contraflujo que entra al área urbana a través de los canales de drenaje.



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.2.11 Área ribereña de la ciudad de Tumbes inundada por la contracorriente del agua del río

Este tipo de inundaciones ha sido percatado solo en la ciudad de Tumbes durante el estudio preliminar, pero es probable que haya ocurrido también en otras ciudades como Piura, etc.

(b) Tipo-7: Inundación del área urbana debido a la precipitación que supera la capacidad de drenaje de la ciudad

Muchos de los canales de drenaje de las ciudades localizadas en las regiones de baja precipitación, como es de esperar, no están diseñados para prevenir los daños de inundaciones y existe el riesgo de que toda la ciudad se inunde cuando ocurre repentinamente el exceso de lluvias.



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.2.12 Lambayeque, una ciudad que no cuenta con suficientes canales de drenaje

(4) Causas de huaico: Falta de las medidas de control de generación de sedimentos en la cuenca alta y de control de arrastre hacia la cuenca baja

(a) Tipo-6: Reducción de la capacidad hidráulica por la acumulación de sedimentos en la cuenca baja e incremento de los daños de socavación por el cambio de dirección de flujo

Los sedimentos arrastrados de aguas arriba se acumulan en el cauce de la cuenca baja donde la pendiente es menos acentuada. Esta acumulación provoca el "aumento del riesgo de inundaciones por la reducción de la capacidad hidráulica del río" y el "agravamiento de la socavación de las riberas por el cambio de dirección de flujo".



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio y por ANA

Figura 13.2.13 Acumulación de sedimentos sobre el lecho

(b) Tipo-5: Daños de las tierras de cultivo y de las instalaciones agrícolas por el desbordamiento de las quebradas de otras cuencas y

Tipo-8: Falta de protección y mantenimiento de los canales urbanos y afluentes

Como consecuencia de la falta de obras de retención en la cuenca alta que es la principal zona productora de sedimentos y del canal para descargar los sedimentos de manera segura, muchas de las viviendas y valiosos bienes han sido dañados por las inundaciones y deslizamientos.

	
<p>Quebrada Cuculicote cuya sección fluvial casi desapareció por los sedimentos arrastrados por las inundaciones</p>	<p>Canal de drenaje de la ciudad de Trujillo cuya sección reducida no deja de pasar suficientemente las avenidas y los sedimentos</p>
	
<p>Afluente del río Rímac que descarga directamente los sedimentos sobre una importante autopista por las inundaciones.</p>	<p>Afluente del río Rímac que necesita retener los sedimentos aguas arriba</p>

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio y por ANA

Figura 13.2.14 Ejemplos de los daños agravados por los sedimentos arrastrados de la cuenca alta

13.2.5 Consideraciones y recomendaciones sobre los proyectos de control de inundaciones formuladas en base a los resultados del estudio preliminar

(1) Propuestas sobre las buenas prácticas

(a) Ejecución adecuada y oportuna de las acciones relacionadas con la protección contra la ruptura de los diques del río Piura

La ciudad de Piura estaba protegida por un sistema de diques. En las últimas inundaciones, el agua del río se desbordó casi en todo el tramo que confina con la ciudad, pero solo cinco tramos han sido destruidos. Esto, en gran medida gracias a las acciones de protección de diques del Proyecto Chira-Piura gestionado por el Gobierno Regional de Piura asistido por AAA/ALA, como por ejemplo la retardación del desborde del dique, reparación oportuna de los tramos socavados, etc.

	
<p>Foto tomada inmediatamente después de los daños de socavación del dique (Simbila)</p>	<p>Obras de reparación y refuerzo de emergencia del tramo socavado (Simbila)</p>

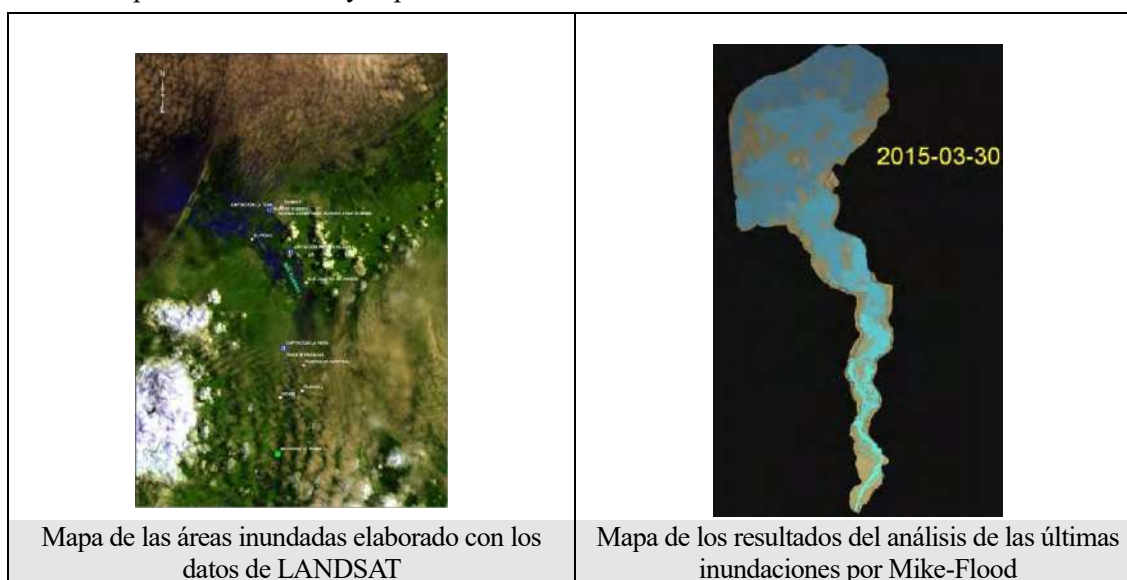


Fuente: Las dos fotos de arriba son del Proyecto Chira-Piura, y las dos de abajo fueron tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.2.15 Obras de protección del dique del río Piura

(b) Análisis del modelo de inundaciones y desbordamiento del río Tumbes por ALA-Tumbes en cooperación con la Universidad de Tumbes

ALA-Tumbes adquirió con los recursos propios los datos Lidar de las tierras bajas de la cuenca, y asistida por la cooperación de la Universidad de Tumbes, realizó el simulacro de las inundaciones de 2015 que dejaron consecuencias devastadores en los últimos años desde 1999. El trabajo duró nueve meses aproximadamente y se utilizó Mike-Flood. De esta manera logró crear el modelo de desbordamiento e inundaciones. A continuación, en la Figura 1-4-2 se presenta la imagen satelital utilizada para la calibración y el plano de simulacro de inundaciones de 1995 utilizando Mike-Flood.



Fuente: ALA-Tumbes

Figura 13.2.16 Mapas de áreas inundadas del río Tumbes en 2015

Este modelo reproduce precisamente los resultados de las inundaciones de 2015, por lo que ALA-Tumbes contempla aplicar en el futuro plan de control de inundaciones.

(2) Resumen de las recomendaciones y propuestas sobre las acciones de reconstrucción (tomando en cuenta la aplicabilidad de la tecnología japonesa)

En base a las conclusiones alcanzadas sobre los daños de inundaciones descritos anteriormente en la primera etapa del estudio, se plantearon las siguientes recomendaciones y propuestas del estudio preliminar. Estas propuestas fueron presentadas en las dos sesiones del seminario ofrecido los días 10 y 11 de mayo de 2017.

(a) Reconfirmación de las tres propuestas formuladas en el presente Estudio

Las tres propuestas siguientes planteadas en el borrador del Informe Final (en lo sucesivo referido como "BIF") fueron reconfirmadas a lo largo de la ejecución del estudio de evaluación de los daños de inundaciones. Los detalles se describen en la siguiente Tabla.

- Elaboración urgente del Plan de Control de Inundaciones
- Manejo apropiado de los ríos
- Construcción del sistema de ejecución apropiada de los proyectos de control de inundaciones

Tabla 13.2.7 Relevancia de las tres propuestas del presente Estudio según los resultados de la evaluación de los daños

Propuestas	Relevancia de las propuestas confirmadas en la evaluación de los daños
Elaboración urgente del Plan de Control de Inundaciones	Las entidades administradoras de los ríos que produjeron las últimas inundaciones no cuentan con un plan que especifique claramente el caudal de avenidas de diseño (distribución del caudal), sección normal, sección longitudinal, etc., de modo que las obras son diseñadas para cada proyecto sin un plan integral y general de control de inundaciones.
Manejo apropiado de los ríos	Como se indicó en la Figura 1-3-5, a falta de un plan integral de manejo de cuenca, el ancho de los ríos y de los canales de drenaje está reduciéndose año a año por efectos de la urbanización.
Construcción del sistema de ejecución de proyectos	Como se explicó en el apartado 1-3-3 (1), en el caso del río Tumbes, existen tramos protegidos con las obras ejecutadas por el gobierno central a través de PERPEC, etc. y otros tramos protegidos con las obras ejecutadas por el gobierno regional. Entre ambos tramos existe una brecha, y el agua del río se desborda a través de los tramos no protegidos o protegidos con diques bajos. Asimismo, como se indicó en el apartado 1-3-3(3), el sistema de drenaje urbano de Tumbes no cuenta con estación de bombeo ni compuertas. Si bien es cierto que a la fecha no se han producido crecidas que superan la altura de los diques, cuando aumenta el nivel de agua del río Tumbes, se produce el contraflujo, es decir el agua del río entra a la ciudad a través de los canales de drenaje dejando inundada la ciudad. Sin embargo, el gobierno municipal de Tumbes no cuenta con suficiente presupuesto ni capacidad para elaborar la propuesta de proyecto para ser aprobado por el MEF, y como consecuencia no está en condiciones para responder y solucionar esta situación. Estas dos situaciones se deben a la falta de definición clara de las prioridades y de las responsabilidades para ejecutar los proyectos de control de inundaciones en un mismo río, habiendo necesidad de construir un sistema de ejecución de los proyectos de control de inundaciones (definiendo claramente las responsabilidades de cada institución y entidad involucradas).

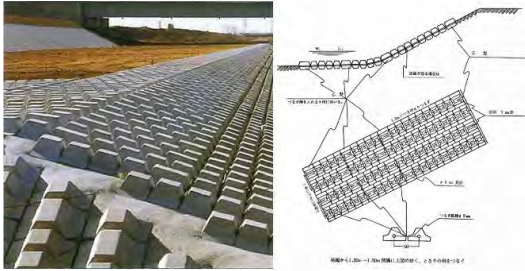
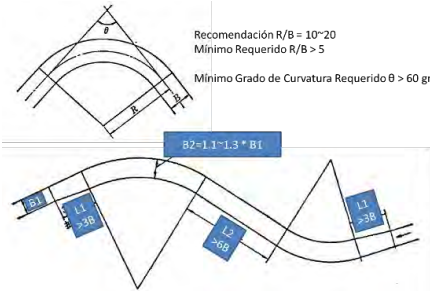
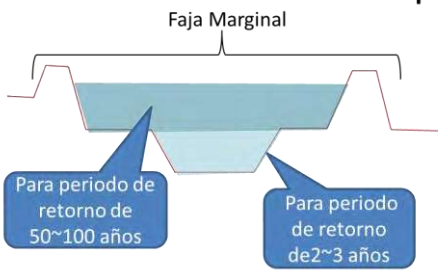
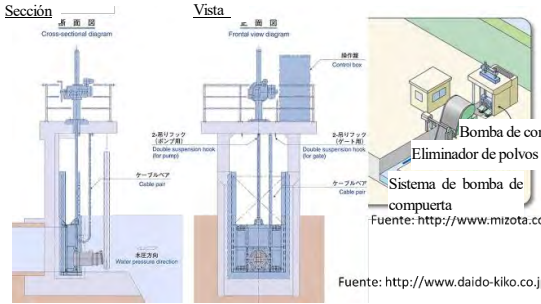
Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

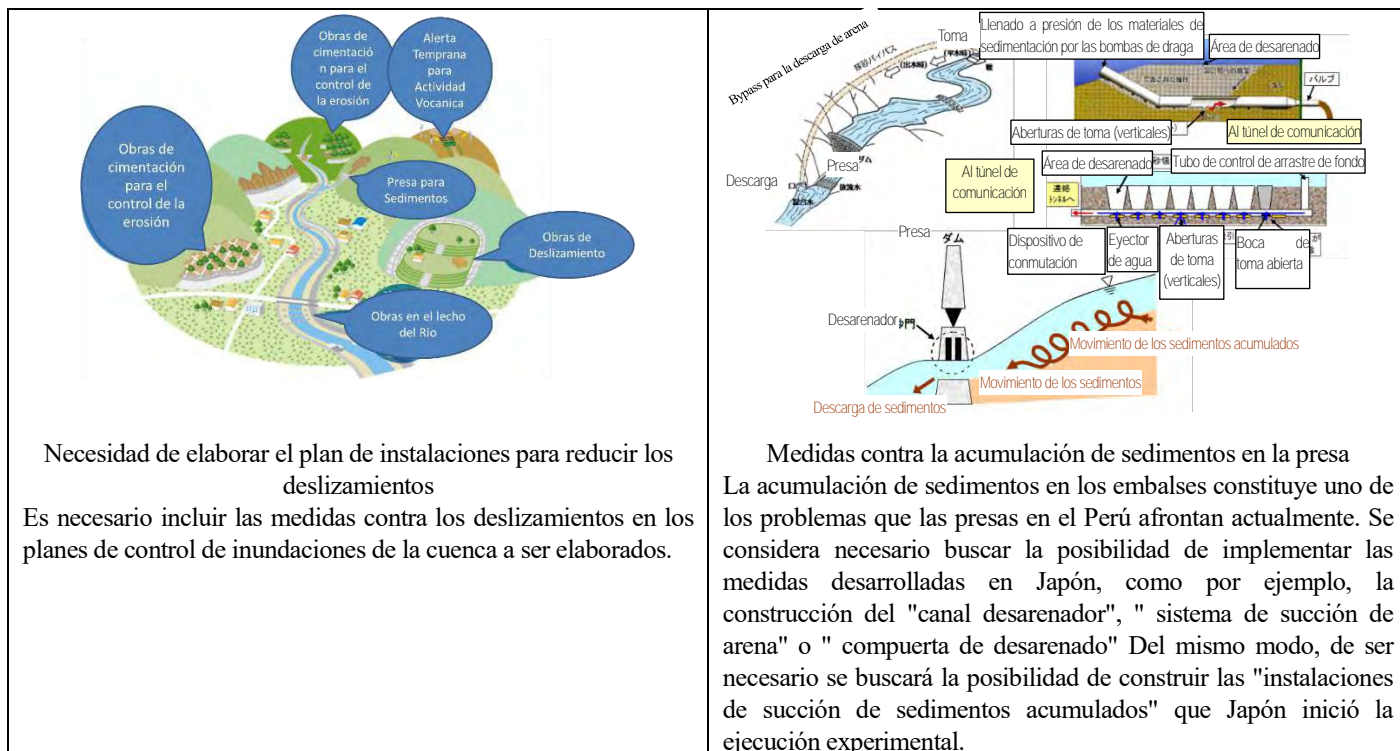
(b) Recomendaciones técnicas confirmadas en el estudio preliminar

Además de las tres recomendaciones mencionadas ("Elaboración del Plan de Control de Inundaciones" etc.), el estudio preliminar identificó los siguientes seis aspectos técnicos que deben ser mejorados.

- Consideraciones del diseño de la defensa ribereña para reducir los daños de socavación: adopción de una pendiente menos acentuada de la defensa ribereña;
- propuesta de revisar el alineamiento del cauce para reducir los daños de socavación;
- propuesta de adoptar la sección compuesta a fin de estabilizar el cauce;
- propuesta de elaborar y ejecutar el plan de drenaje para reducir los daños de inundaciones;
- propuesta sobre las consideraciones de los planes de control de inundaciones y de sedimentos;
- propuesta de otras medidas para descargar la arena de la presa

En la siguiente Tabla se presentan algunas técnicas y conocimientos aplicables a la solución de estos seis aspectos identificados.

 <p>Kyowa Concrete Industry Co., Ltd. http://www.kyowa-concrete.co.jp Defensa ribereña con colchón de bloques articulados de Japón Se cubre el talud con pendiente suave. El colchón es flexible y los bloques están atados con alambres, minimizando el riesgo de ser arrastrado.</p>	 <p>Recomendación $R/B = 10 \sim 20$ Mínimo Requerido $R/B > 5$ Mínimo Grado de Curvatura Requerido $\theta > 60$ grados</p> <p>$R2 = 1.1 \sim 1.3 \times B1$</p> <p>Alineamiento del cauce para prevenir la socavación Este método consiste en mejorar el alineamiento del río para desacelerar la velocidad de flujo anormal debido a la curva y para prevenir la socavación. Para su implementación, se requiere tomar en cuenta el factor ambiente fluvial.</p>
<p>Recomendación con la Forma compuesta</p> <p>Faja Marginal</p>  <p>Para periodo de retorno de 50~100 años</p> <p>Para periodo de retorno de 2~3 años</p> <p>Propuesta de la sección compuesta del río Se recomienda adoptar en lo posible la sección compuesta para prevenir la acumulación de sedimentos sobre el lecho del río, y para asegurar el flujo seguro del agua de avenidas.</p>	 <p>Sección 断面図 Cross-sectional diagram</p> <p>Vista 正面図 Frontal view diagram</p> <p>コンクリート Concrete</p> <p>ボルトナット (ボルト) Bolt (nut)</p> <p>ダブルロック (ボルト) Double lock (bolt)</p> <p>ケーブルガイド Cable guide</p> <p>Water pressure direction</p> <p>Bomba de compuerta</p> <p>Eliminador de polvos</p> <p>Sistema de bomba de compuerta</p> <p>Fuente: http://www.mizota.co.jp</p> <p>Fuente: http://www.daido-kiko.co.jp</p> <p>Necesidad de construir el sistema de drenaje en el área urbana Se requiere instalar las compuertas y estación de bombeo para prevenir la entrada del agua de crecidas al área urbana a través de los canales de drenaje.</p>



Fuente: ALA-Tumbes

Figura 13.2.17 Tecnología que puede solucionar los problemas de inundaciones en el Perú (según el estudio preliminar)

13.2.6 Presentación de los resultados del estudio preliminar en el seminario

El 10 de mayo de 2017 el Equipo de Estudio organizó un seminario, en el que se realizaron las presentaciones sobre "las causas de inundaciones" relacionadas con los últimos eventos (véase el apartado 13.2), "causas de los daños y propuesta de mejoramiento básico" y sobre la "tecnología japonesa aplicable" descrita en el Capítulo 12. En el Anexo 9 se presentan los materiales de presentación.

13.2.7 Propuesta de ejecución del estudio intensivo sobre los daños de inundaciones y las necesidades (borrador)

Como se indicó en el apartado 13.2.3, las causas de las últimas inundaciones difieren según las cuencas. Por lo tanto, se definieron las siguientes políticas de ejecución de la segunda etapa del estudio (estudio intensivo) tomando en cuenta los resultados de la primera etapa.

- Lineamiento de ejecución del estudio -1: Dividir el estudio según las causas de desastres
Dividir el Equipo de Estudio en dos grupos: el primero encargado de las inundaciones de los ríos, y el segundo encargado de los deslizamientos y huaycos
- Lineamiento de ejecución del estudio -2: Dividir el estudio según las cuencas y departamentos y según las causas de desastres
- Lineamiento de ejecución del estudio -3: Elaborar el informe de los resultados del estudio incorporando los conocimientos y experiencias del Japón

13.3 Resumen de los resultados del Estudio sobre los daños de inundaciones y de huaicos y sobre las necesidades de reconstrucción (estudio intensivo)

13.3.1 Revisión del análisis hidrológico de las inundaciones ocurridas entre enero y marzo de 2017 (análisis de precipitaciones)

(1) Ejecución del análisis de precipitaciones en las cuencas del norte del Perú que causaron graves daños de inundaciones

Se llevó a cabo el análisis de precipitación de las cuencas de los ríos Tumbes, Piura, Chancay-Lambayeque y Motupe que produjeron daños devastadores de inundaciones entre enero y marzo de 2017. El análisis consistió en lo siguiente:

- Evaluación de los eventos de lluvias en 2017 en base a la precipitación máxima anual y variación a lo largo del tiempo;
- evaluación de los eventos de lluvias en 2017 en base a los período de retorno según las estadísticas hidrológicas; y,
- evaluación de las características especiales de la precipitación dentro de las cuencas

Cabe recordar que, tal como se indicó en el "Capítulo 5 Análisis de precipitación", para este análisis se seleccionó y se aplicó el modelo óptimo de entre los diferentes modelos de distribución de probabilidad (véase la Sección 5.1.5).

(a) Cuenca del río Tumbes

a) Datos recopilados

De los datos de precipitación (diaria) de 2017 del río Tumbes disponibles actualmente, el Equipo de Estudio obtuvo de SENAMHI los datos de dos estaciones indicadas en la siguiente Tabla. De esta manera, el análisis se realizó aplicando los datos de precipitación de estas dos estaciones. Lo ideal hubiera sido recopilar y analizar los datos captadas en la cuenca alta, a fin de conocer la distribución espacial de las lluvias dentro de la cuenca del río Tumbes, lo cual no ha sido posible ya que la cuenca alta del río pertenece al territorio ecuatoriano.

Tabla 13.3.1 Datos de precipitación de 2017 recopilados por el Equipo de Estudio (cuenca del río Tumbes)

Estaciones	Longitud	Latitud	Precipitación máxima (mm/día)	Fecha de ocurrencia	Observaciones
PUERTO PIZARRO	80° 28' 0.00"	3° 30' 52.85"	192.8	30/1/2017	Desembocadura
RICA PLAYA	80° 30' 3.20"	3° 48' 17.30"	95.5	14/2/2017	Cuenca media



Fuente: Google Earth

Figura 13.3.1 Mapa de ubicación de la estación de monitoreo de lluvias (cuenca del río Tumbes)

b) Evaluación de los eventos de lluvias en 2017 en términos de la precipitación máxima diaria anual y variación a lo largo del tiempo

En la Figura 13.3.2 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la Estación Puerto Pizarro (a la desembocadura) en serie temporal. El evento de lluvias registrado en 2017 en la estación de Puerto Pizarro, medido en precipitación máxima diaria, constituye el máximo histórico desde que se inició el monitoreo en esta estación.

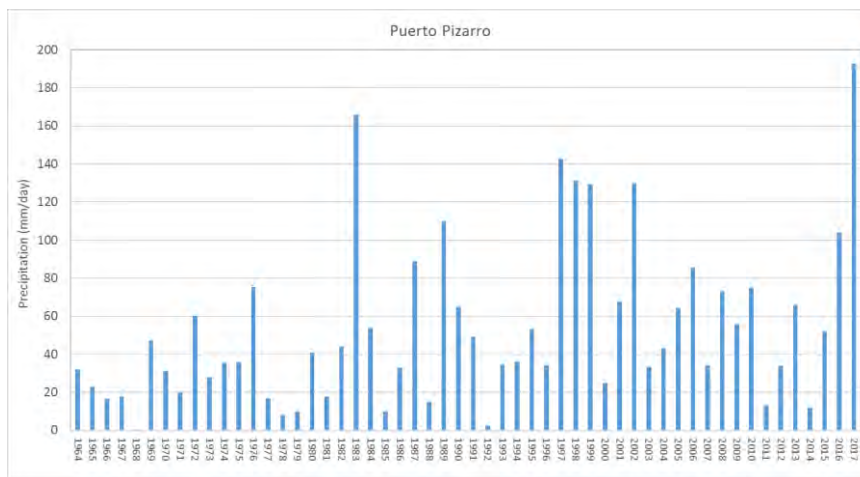


Figura 13.3.2 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Puerto Pizarro de la cuenca del río Tumbes)

En la Figura 13.3.3 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación de Rica Playa (en la cuenca media) en serie temporal. El evento de lluvias de 2017 registrado en Rica Playa, medido en precipitación máxima diaria, no ha sido necesariamente muy diferente en comparación con otros eventos precedentes.

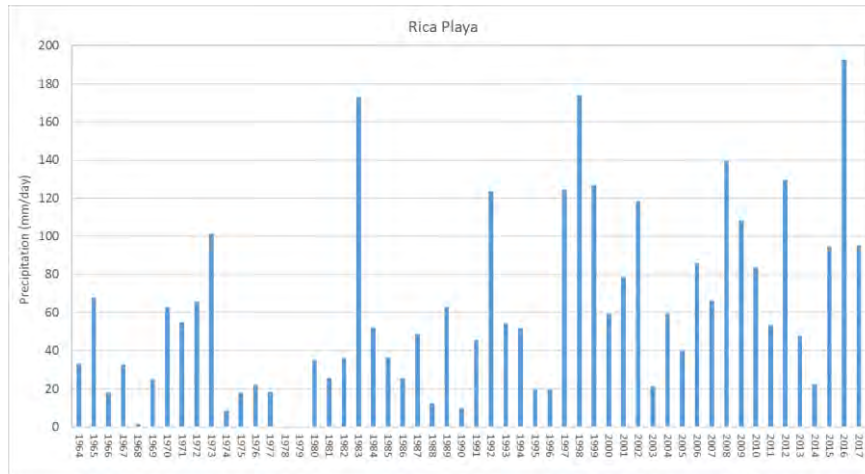


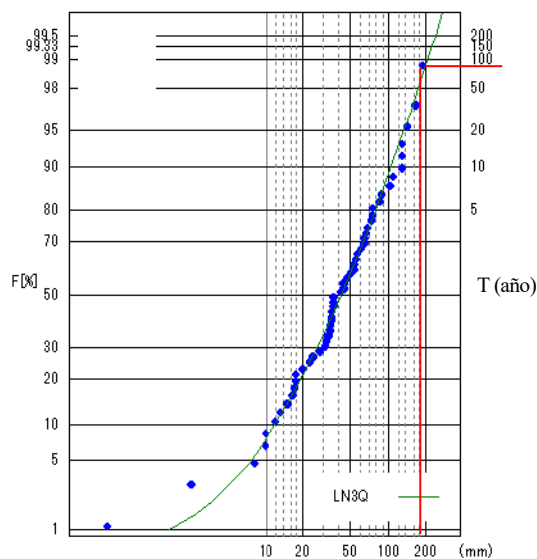
Figura 13.3.3 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Rica Playa de la cuenca del río Tumbes)

c) Evaluación de los eventos de lluvias en 2017 en términos del período de retorno de las precipitaciones

En la Tabla 13.3.2 se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Puerto Pizarro comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 70 u 80 años, indicando que ha sido un evento extraordinario.

Tabla 13.3.2 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de Puerto Pizarro de la cuenca del río Tumbes)

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	41.4	58.0	78.6	106.9	136.4	177.5	210.2	192.8



Fuente: Equipo de Estudio

Figura 13.3.4 Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Puerto Pizarro de la cuenca del río Tumbes) (modelo de distribución de probabilidad: LN3Q)

Por otro lado, en la Tabla 13.3.3 se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Rica Playa comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 3 a 5 años, indicando que no ha sido un evento extraordinario.

Tabla 13.3.3 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de Rica Playa de la cuenca del río Tumbes)

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	51.9	74.5	100.3	131.4	158.2	187.5	205.5	95.5

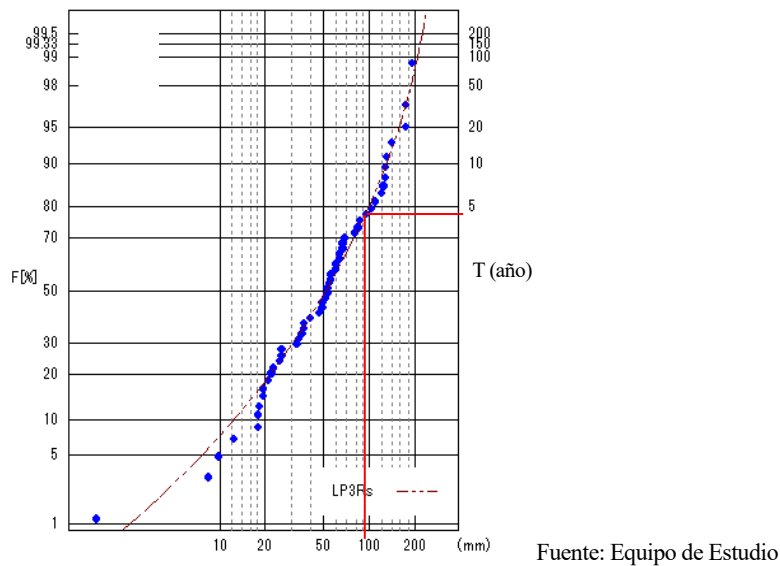


Figura 13.3.5 Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Rica Playa de la cuenca del río Tumbes) (modelo de distribución de probabilidad: LP3Rs)

(b) Cuenca del río Piura

a) Datos recopilados

De los datos de precipitación (diaria) de 2017 del río Piura disponibles actualmente, el Equipo de Estudio obtuvo de SENAMHI los datos de cuatro estaciones indicadas en la Tabla 13.3.4. De esta manera, el análisis se realizó aplicando los datos de precipitación de estas dos estaciones.

Tabla 13.3.4 Datos de precipitación de 2017 recopilados por el Equipo de Estudio (cuenca del río Piura)

Estaciones	Longitud	Latitud	Precipitación máxima (mm/día)	Fecha de ocurrencia	Observaciones
Chusis	80° 50' 0.00"	5° 31' 0.00"	140.6	25/3/2017	Desembocadura
San Miguel	80° 40' 55.00"	5° 14' 35.00"	126.1	21/3/2017	Cuenca media
Morropón	79° 58' 41.00"	5° 10' 47.00"	150.5	23/2/2017	Cuenca alta
Malacasi	79° 53' 29.00"	5° 19' 23.00"	143.1	25/3/2017	Cuenca alta



Fuente: Google Earth

Figura 13.3.6 Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo de lluvias (cuenca del río Piura)

b) Evaluación de los eventos de lluvias en 2017 en términos de la precipitación máxima diaria anual y variación a lo largo del tiempo

En la Figura 13.3.7 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación Chusis (a la desembocadura) en serie temporal. El evento de lluvias registrado en 2017 en la estación de Chusis, medido en precipitación máxima diaria, constituye el máximo histórico desde que se inició el monitoreo en esta estación.

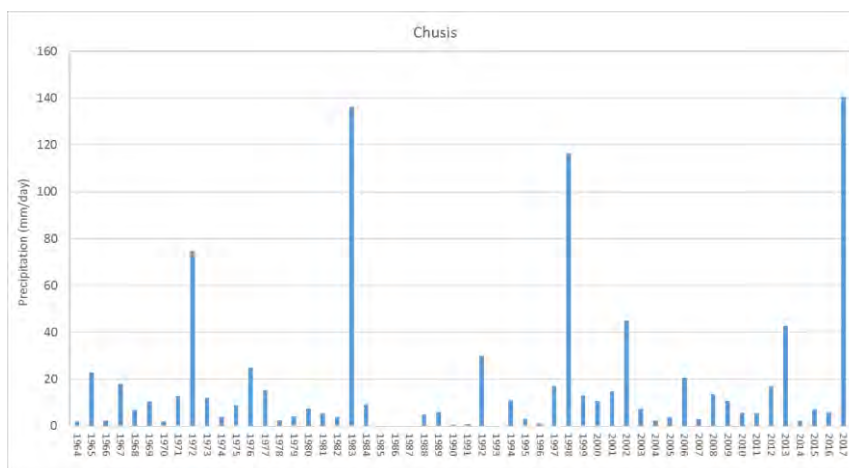


Figura 13.3.7 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Chusis de la cuenca del río Piura)

En la Figura 13.3.8 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación de San Miguel (en la cuenca media) en serie temporal. El evento de lluvias registrado en 2017 en la estación de San Miguel, medido en precipitación máxima diaria, constituye el máximo histórico.

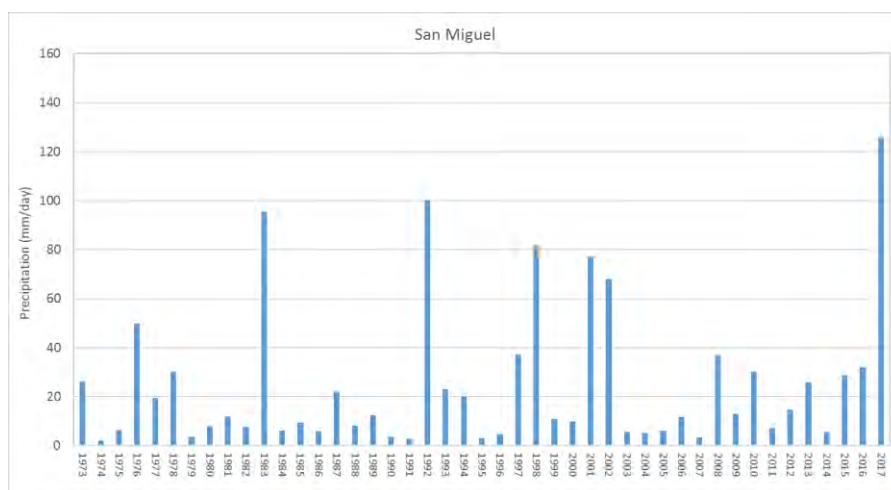


Figura 13.3.8 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de San Miguel de la cuenca del río Piura)

En la Figura 13.3.9 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación de Morropón (cuenca alta) en serie temporal. El evento de lluvias registrado en 2017 en la estación de Morropón, medido en precipitación máxima diaria, constituye tercer evento máximo histórico.

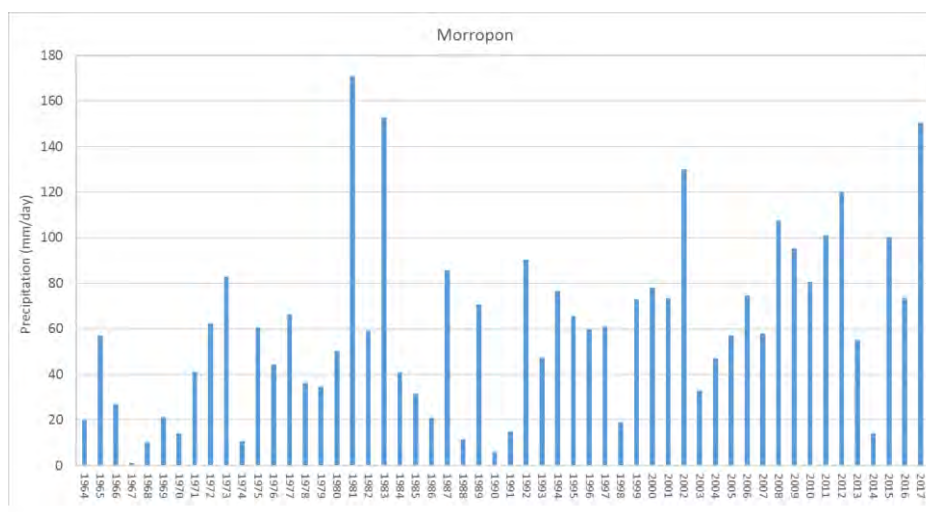


Figura 13.3.9 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Morropón de la cuenca del río Piura)

En la Figura 13.3.10 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación Malacasi (cuenca alta) en serie temporal. El monitoreo en esta estación se inició recién en 1998 y la cantidad de datos captados es reducida. En todo caso, el evento de lluvias registrado en 2017 en la estación de Morropón, medido en precipitación máxima diaria, constituye el segundo evento máximo histórico.

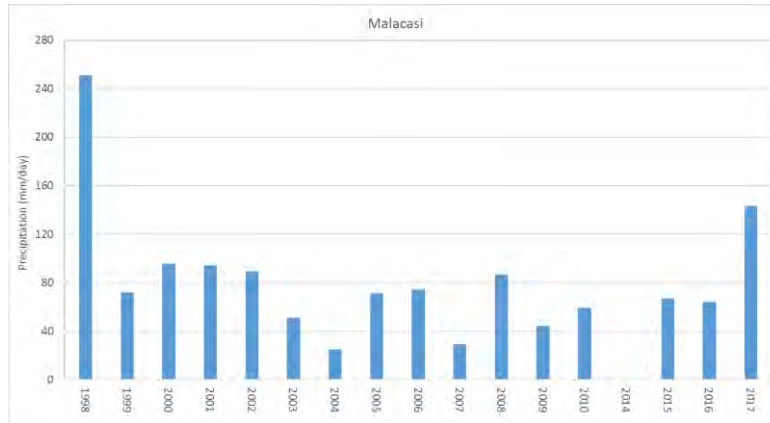


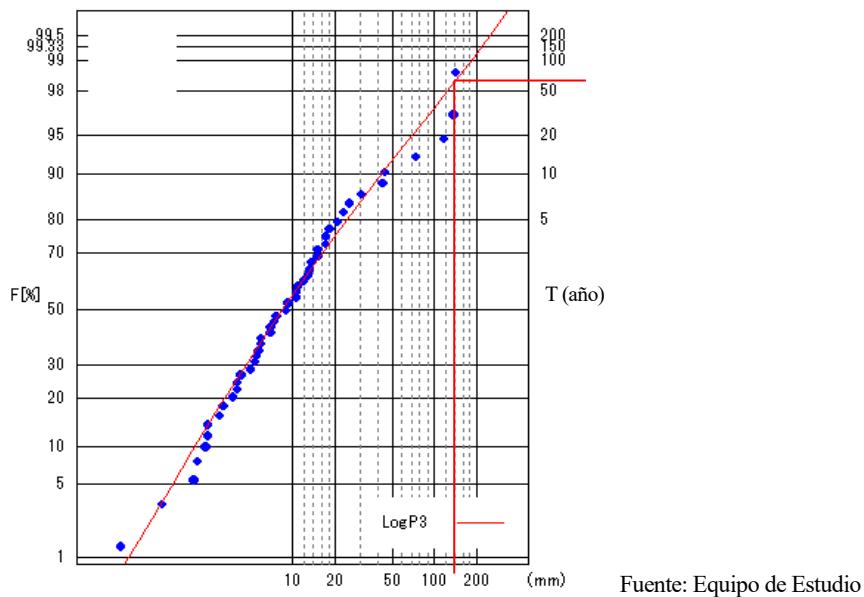
Figura 13.3.10 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Malacasi de la cuenca del río Piura)

c) Evaluación de los eventos de lluvias en 2017 en términos del período de retorno de las precipitaciones

En la Tabla 13.3.5 se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Puerto Chusis comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 60 - 70 años, indicando que ha sido un evento extraordinario y máximo histórico.

Tabla 13.3.5 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de Chusis de la cuenca del río Piura)

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	8.5	14.4	24.3	43.4	71.2	125.1	181.5	140.6



Fuente: Equipo de Estudio

Figura 13.3.11 Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Puerto Pizarro de la cuenca del río Piura) (modelo de distribución de probabilidad: LogP3)

En la Tabla 13.3.6 se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de San Miguel comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 50 - 60 años, indicando que ha sido un evento extraordinario y máximo histórico.

Tabla 13.3.6 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de San Miguel de la cuenca del río Piura)

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	13.8	22.0	34.2	54.7	80.6	124.3	165.6	126.1

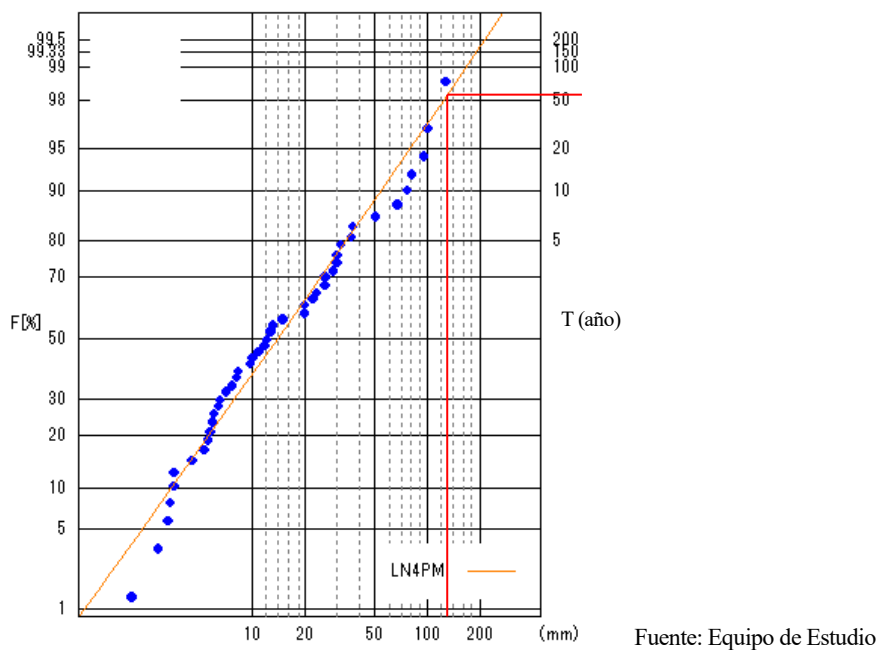
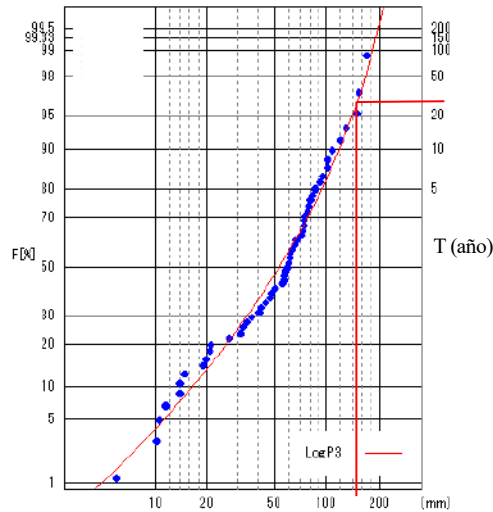


Figura 13.3.12 Resultados del análisis de precipitaciones (estación de San Miguel de la cuenca del río Piura) (modelo de distribución de probabilidad: LN4PM)

En la Tabla 13.3.7 se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Morropón comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 25 - 30 años, indicando que ha sido un evento extraordinario.

Tabla 13.3.7 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de Morropón de la cuenca del río Piura)

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	52.9	72.0	93.4	119.1	141.7	167.5	184.3	150.5



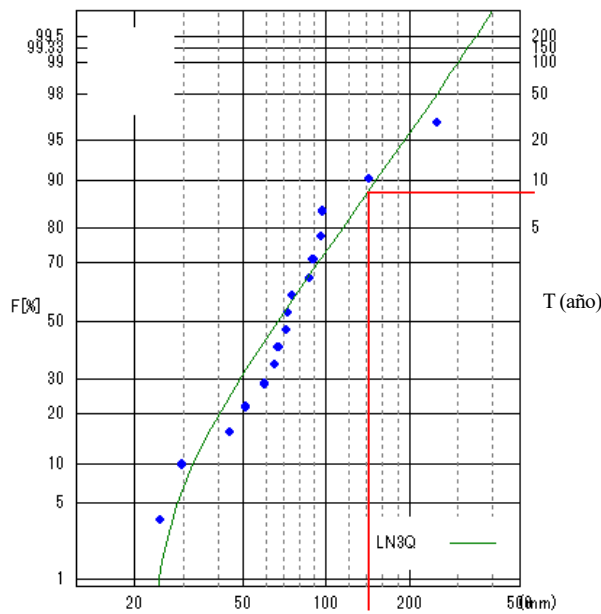
Fuente: Equipo de Estudio

Figura 13.3.13 Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Malacasi de la cuenca del río Piura) (modelo de distribución de probabilidad: LogP3)

En la Tabla 13.3.8 se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Malacasi comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 5 a 10 años, indicando que no ha sido un evento extraordinario en comparación con los datos de otras estaciones.

Tabla 13.3.8 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación Malacasi de la cuenca del río Piura)

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	66.1	87.2	114.1	152.4	193.2	251.3	298.7	143.1



Fuente: Equipo de Estudio

Figura 13.3.14 Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Malacasi de la cuenca del río Piura) (modelo de distribución de probabilidad: LN3Q)

(c) Cuencas de los ríos Chancay-Lambayeque y Motupe

d) Datos recopilados

De los datos de precipitación (diaria) de 2017 de los ríos Chancay-Lambayeque disponibles actualmente, el Equipo de Estudio obtuvo de SENAMHI los datos de las cinco estaciones indicadas en Tabla 13.3.9. De esta manera, el análisis se realizó aplicando los datos de precipitación de estas dos estaciones.

Tabla 13.3.9 Datos de precipitación de 2017 recopilados por el Equipo de Estudio (cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque y la cuenca del río Motupe)

Estaciones	Longitud	Latitud	Precipitación máxima (mm/día)	Fecha de ocurrencia	Observaciones
Lambayeque	79° 55' 16.00	6° 42' 12.00"	60.7	18/3/2017	Cuenca baja
Jayanca	79° 46' 6.00"	6° 19' 58.00"	120.8	1/2/2017	Cuenca media
Reque	79° 50' 7.60"	6° 53' 10.20"	29.8	12/3/2017	Desembocadura
Tinajones	79° 33' 54.05	6° 42' 49.41"	85.7	12/3/2017	Cuenca media
Chugur	78° 44' 0.00"	6° 40' 0.00"	62.1	24/2/2017	Cuenca alta



Fuente: Google Earth

Figura 13.3.15 Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo de lluvias (cuencas de los ríos Chancay-Lambayeque y de Motupe)

e) Evaluación de los eventos de lluvias en 2017 en términos de la precipitación máxima diaria anual y variación a lo largo del tiempo

En la Figura 13.3.16 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación Lambayeque (cuenca baja) en serie temporal. El evento de lluvias registrado en 2017 en la estación de Lambayeque, medido en precipitación máxima diaria, constituye el tercer evento máximo histórico.

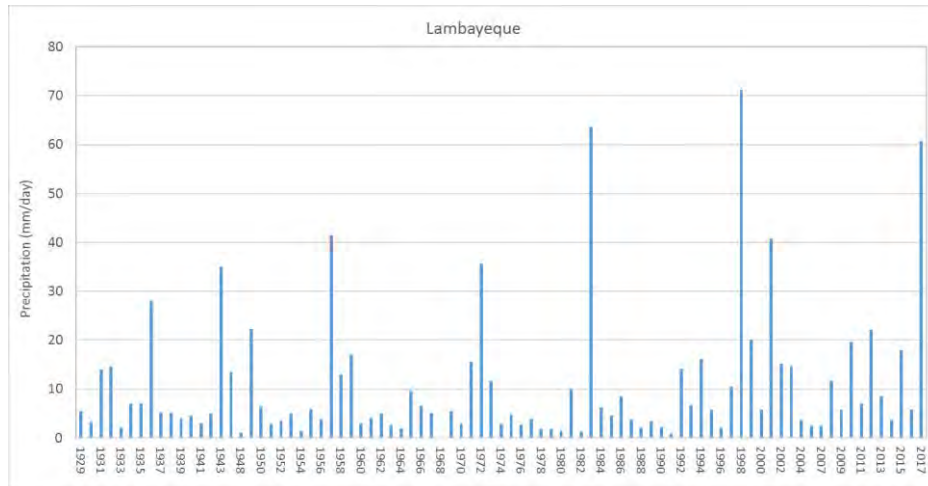


Figura 13.3.16 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Lambayeque)

En la Figura 13.3.17 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación de Jayanca (cuena media) en serie temporal. El evento de lluvias registrado en 2017 en la estación de Jayanca, medido en precipitación máxima diaria, constituye el máximo histórico.

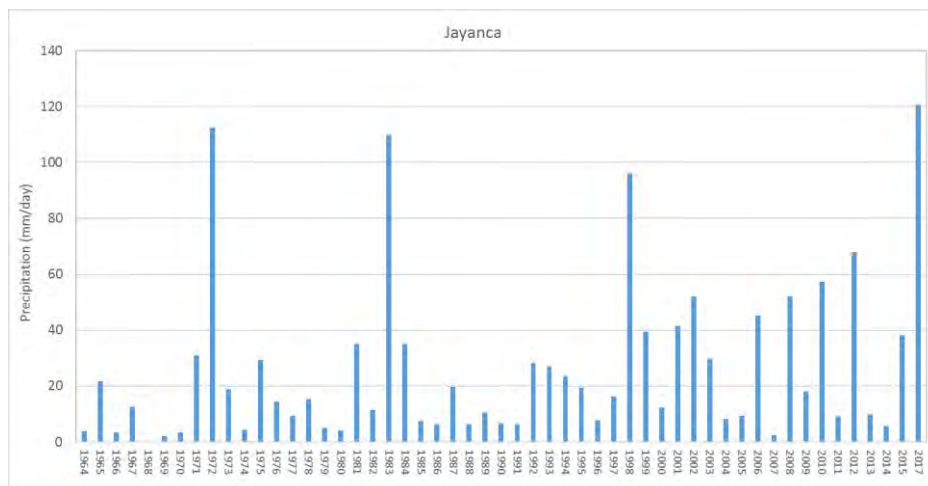


Figura 13.3.17 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Jayanca de la cuena del río Motupe)

En la Figura 13.3.18 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación de Reque (a la desembocadura) en serie temporal. El evento de lluvias registrado en 2017 en la Estación de Reque, medido en precipitación máxima diaria, constituye tercer evento máximo histórico.

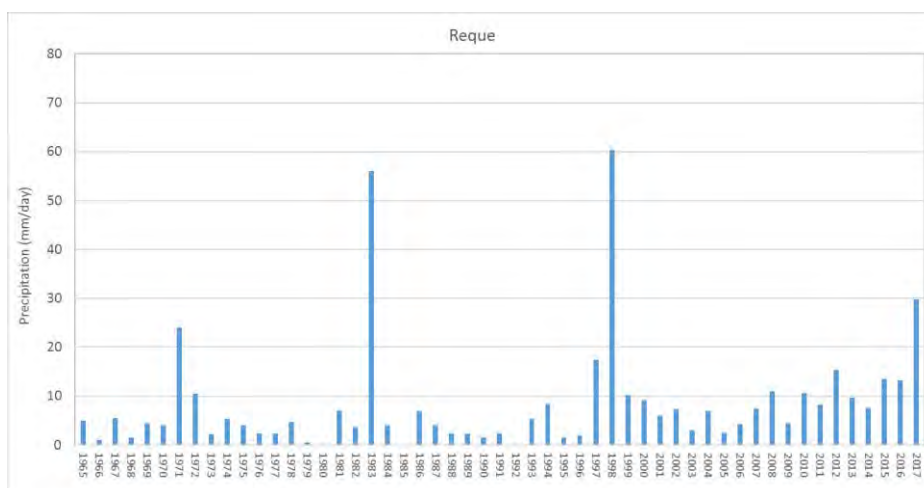
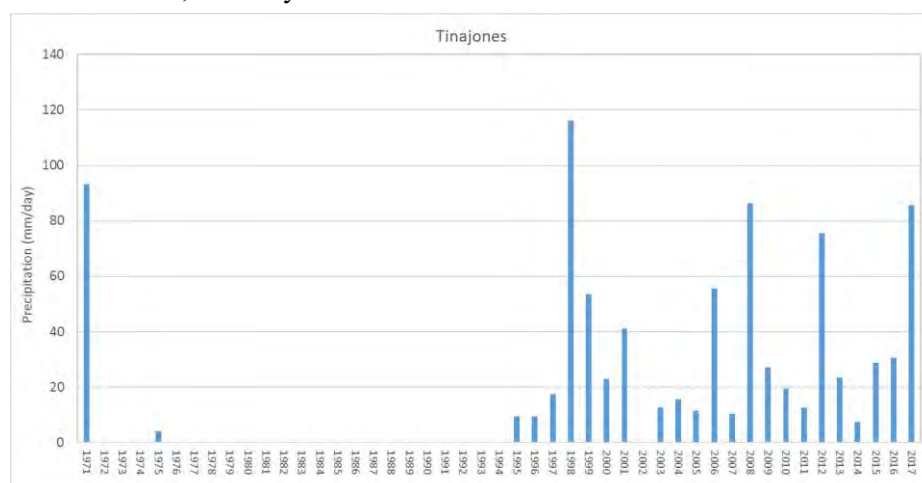


Figura 13.3.18 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Reque de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque)

En la Figura 13.3.19 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación de Tinajones (cuenca media) en serie temporal. A pesar de que la cantidad de datos disponibles en la estación de Tinajones, el evento de lluvias registrado en 2017, medido en precipitación máxima diaria, constituye el cuarto evento máximo histórico.



* En esta estación fue captada una precipitación diaria extraordinaria de 290.7 mm en 2002. Sin embargo, este dato fue descartado como un error de medición, siguiendo las observaciones del personal ingeniero del PETO (Proyecto Especial Olmos Tinajones).

Figura 13.3.19 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Tinajones de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque)

En la Figura 13.3.20 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación de Chugur (cuenca alta) en serie temporal. El evento de lluvias de 2017 registrado en Chugur, medido en precipitación máxima diaria, no ha sido muy marcado en comparación con otros eventos precedentes.

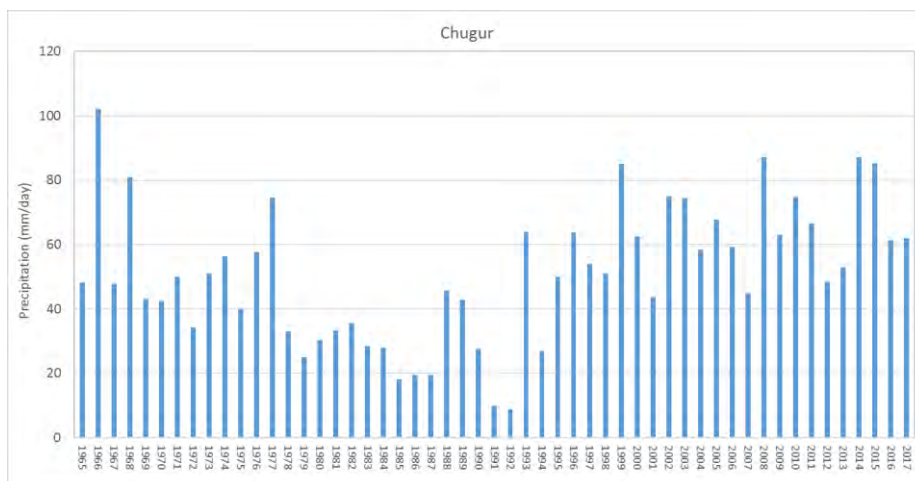


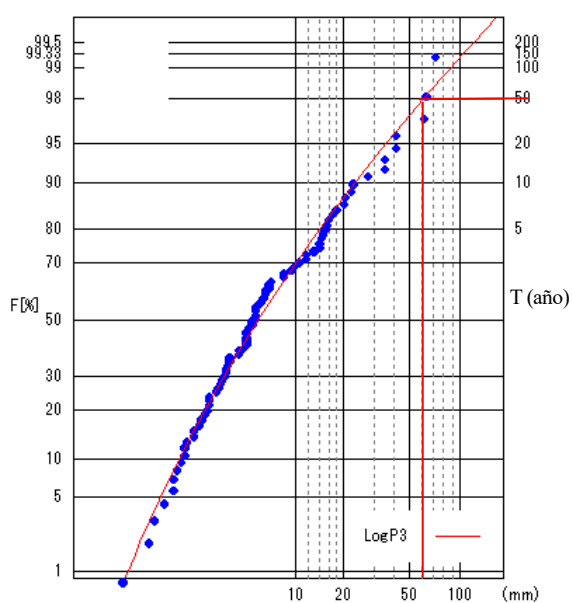
Figura 13.3.20 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Chugur de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque)

f) Evaluación de los eventos de lluvias en 2017 en términos del período de retorno de las precipitaciones

En la siguiente tabla se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Lambayeque comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 50 años, indicando que ha sido un evento extraordinario.

Tabla 13.3.10 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de Lambayeque)

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	5.8	9.1	14.1	23.3	36.1	60.7	86.9	60.7



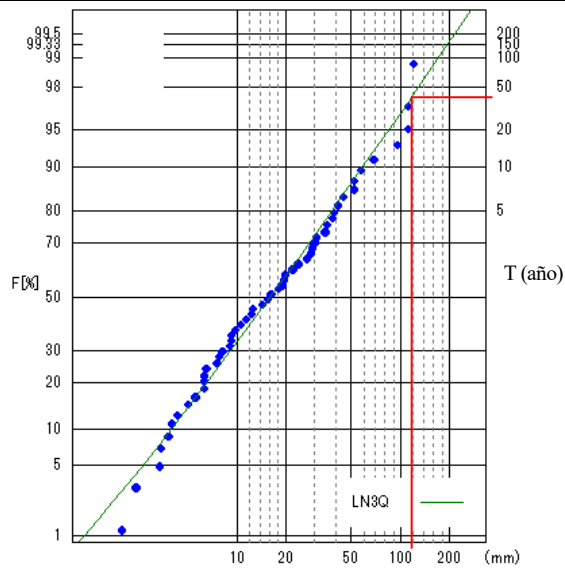
Fuente: Equipo de Estudio

Figura 13.3.21 Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Lambayeque) (modelo de distribución de probabilidad: LogP3)

En la siguiente tabla se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Jayanca comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 40 - 50 años, indicando que ha sido un evento extraordinario.

Tabla 13.3.11 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación Jayanca de la cuenca del río Motupe)

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	16.0	24.9	38.0	59.4	85.8	129.2	169.4	120.8



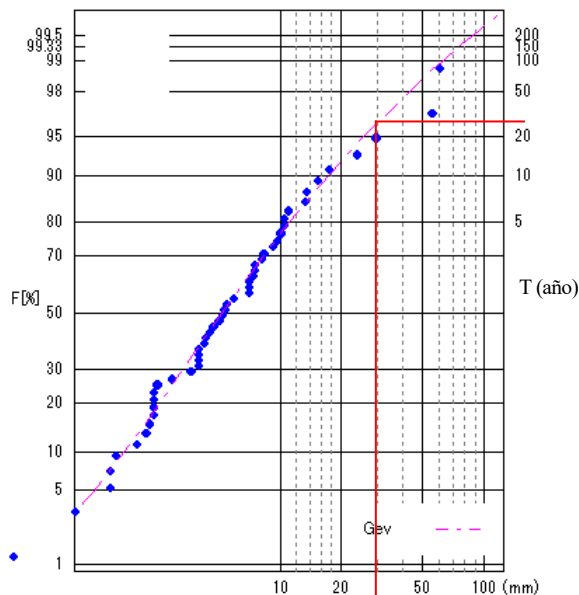
Fuente: Equipo de Estudio

Figura 13.3.22 Resultados del análisis de precipitación (estación de Jayanca de la cuenca del río Motupe) (modelo de distribución de probabilidad: LN3Q)

En la siguiente tabla se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Reque comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 20 - 30 años, indicando que ha sido un evento extraordinario.

**Tabla 13.3.12 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno
(estación de Reque de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque)**

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	5.2	7.6	11.2	17.5	26.1	43.0	61.6	29.8



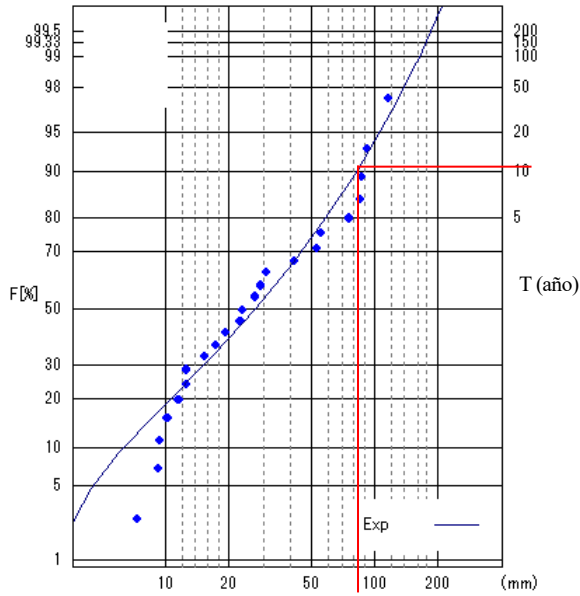
Fuente: Equipo de Estudio

**Figura 13.3.23 Resultados del análisis de precipitaciones
(estación de Reque de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque)
(modelo de distribución de probabilidad: Gev)**

En la siguiente tabla se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Tinajones comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 10 a 20 años, indicando que no ha sido un evento extraordinario en comparación con los datos de otras estaciones.

**Tabla 13.3.13 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno
(Estación Tinajones de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque)**

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	26.9	41.0	58.8	83.0	107.2	139.1	163.2	85.7



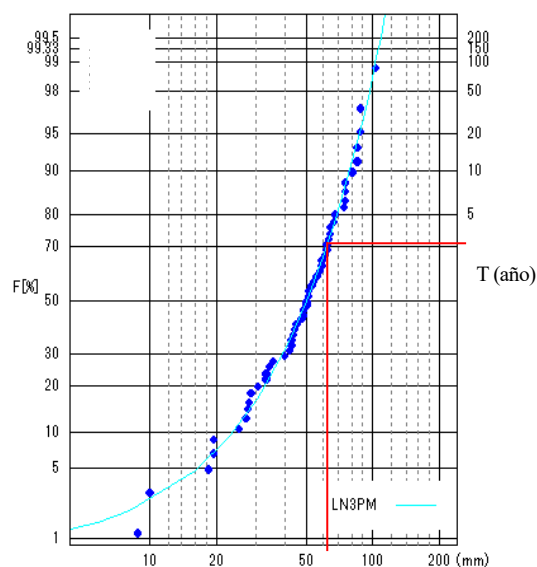
Fuente: Equipo de Estudio

**Figura 13.3.24 Resultados del análisis de precipitaciones
(estación de Tinajones de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque)
(modelo de distribución de probabilidad: EXP)**

En la siguiente tabla se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Chugur comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 3 a 5 años, indicando que no ha sido un evento extraordinario en comparación con los datos de otras estaciones.

**Tabla 13.3.14 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno
(estación de Chugur de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque)**

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	50.6	60.0	69.0	78.8	87.0	96.3	102.6	62.1



Fuente: Equipo de Estudio

Figura 13.3.25 Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Chugur de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque) (modelo de distribución de probabilidad: LN3PM)

(2) Resumen de los resultados del análisis y recomendaciones sobre el plan de control de inundaciones

En base a estos resultados, se puede afirmar lo siguiente con relación a los eventos de lluvias de 2017.

- En todas las cuencas, se produjeron lluvias extraordinarias en la cuenca baja. Mientras tanto, en las cuencas media y alta no se registró precipitación de marcada magnitud en comparación con otros años.
- En cuanto al clima de estas tres regiones, la cuenca baja se caracteriza por el nivel de precipitación extremadamente bajo. Sin embargo, el año 2017 fue un año excepcional donde se produjo el exceso de lluvias extraordinario.

Tabla 13.3.15 Datos captados en las estaciones de monitoreo de lluvias en las tres cuencas según los períodos de retorno de inundaciones de 2017

Ubicación de las estaciones	Cuencas	Estación	Precipitación máxima diaria (mm/día)	Períodos de retorno
Desembocadura o la cuenca baja cuenca baja	Tumbes	Puerto Pizarro	192.8	70-80 años
	Piura	Chusis	140.6	60-70 años
	Chancay-Lambayeque	Lambayeque	60.7	50 años
		Reque	29.8	20-30 años
Cuenca media	Tumbes	Rica Playa	95.5	3-5 años
	Piura	San Miguel	126.1	50-60 años
	Chancay-Lambayeque	Jayanca	120.8	40-50 años
		Tinajones	85.7	10-20 años
Cuenca alta	Piura	Morropón	150.5	25-30 años
		Malacasi	143.1	5-10 años
	Chancay-Lambayeque	Chugur	62.1	3-5 años

En base a lo anterior, se plantean a continuación dos puntos que servirán de lección aprendida de las últimas inundaciones y de recomendaciones para el futuro plan de control de inundaciones.

- ✓ En Piura y Lambayeque, en particular, los daños de las inundaciones fueron devastadores en las principales ciudades ubicadas en la cuenca baja. Una de las causas fue la falta de capacidad del sistema de drenaje pluvial urbano, habiendo necesidad de elaborar un plan apropiado de sistema de drenaje urbano ya que el desarrollo económico nacional aceleraría el crecimiento de la población y el desarrollo económico de las ciudades regionales.
- ✓ El régimen de precipitación de 2017 ha sido diferente al régimen de 1983 y 1998 asociado con El Niño. Por lo tanto, en el plan de control de inundaciones a ser elaborado para cada cuenca, se debe incluir el plan de construcción de las obras y del sistema de alerta temprana tomando en cuenta el respectivo patrón de precipitación.

13.3.2 Evaluación de las inundaciones y desbordamientos ocurridos entre enero y marzo de 2017 y las políticas de las futuras medidas

(1) Río Tumbes

(a) Identificación de las características y fenómenos de los daños de inundaciones

a) Condiciones de la cuenca

Cuando el río llamado Puyango en Ecuador ingresa al Perú se denomina río Tumbes.

Entre la desembocadura del río Tumbes hasta el puente de Tumbes se desarrolla una delta, y el agua fluye serpenteando en su interior, se divide en varios brazos pequeños hasta desembocarse en el mar. La delta se desarrolla por el serpenteo del río y por el cambio de curso de agua hasta el mar. Se puede afirmar que el río Tumbes se encuentra aún en ese proceso de meandro y cambio de curso de agua.

Entre el puente Tumbes y el puente Francos se desarrolla un banco de arena dentro del curso del río, el cual es utilizado para la plantación del banano, uva, arroz, etc.



Figura 13.3.26 Evolución del curso de agua en la cuenca baja del río Tumbes

Las obras de construcción y mantenimiento de los diques y de la defensa ribereña, son ejecutadas como proyectos individuales y aislados bajo la aprobación de ALA. En muchos de los casos, los diques son construidos y administrados por el ALA-Tumbes, mientras que las obras de la defensa ribereña son construidas y administradas por el Proyecto Especial Binacional Puyango-Tumbes. Sin embargo no existe una demarcación clara de responsabilidades según el tipo de obras o tramos. Esta ambigüedad constituye uno

de los factores que limita tomar las medidas de control de inundaciones para la cuenca en su totalidad.

b) Ocurrencia de inundaciones

De acuerdo con ALA-Tumbes, se producen inundaciones casi todos los años en esta cuenca. La última inundación ocurrió en febrero de 2017. Las inundaciones recientes de máxima escala ocurrieron en 2015, 1998 y 1995.

Para analizar los puntos de origen y las características de las inundaciones, es necesario dividir la cuenca en las siguientes dos zonas.

1. Desde aguas abajo del puente Francos hasta alrededor de la carretera Panamericana
2. Desde la carretera Panamericana hasta la desembocadura

Desde aguas abajo del puente Francos hasta alrededor de la carretera Panamericana

La imagen satelital de 2015 (Figura 13.3.27) muestra que se produce la inundación aguas abajo del puente Francos, a lo largo de los canales de riego y drenaje construidos en la margen izquierda del río Tumbes, y llega hasta la carretera Panamericana.

En cuanto a la ciudad de Tumbes, los daños de la inundación se producen por la entrada del agua fluvial desde la boca de descarga del canal de drenaje ubicado inmediatamente aguas arriba del puente Tumbes, ya que este canal no tiene compuerta (Figura 13.2.1).

Desde la carretera Panamericana hasta la desembocadura

La inundación en esta zona se divide en los siguientes sectores anegables.

El primero es la zona que se extiende a lo largo del río Piojo, afluente de Tumbes, que nace cerca de La Noria, sobre el mismo curso de inundación que nace en el puente Francos. El río Piojo fue cerrado en 1999 a raíz de la construcción del dique por ALA-Tumbes.

El otro sector anegable se distribuye a lo largo del curso del río que serpentea. Incluye las tierras bajas del oeste de la ciudad de Tumbes.



Fuente: ALA-Tumbes / datos de LANDSAT
(editada por el Equipo de Estudio)

Figura 13.3.27 Desbordamiento ocurrido en 2015

c) Causas de inundaciones

Una de las causas de producción de la inundación en esta región es la baja capacidad hidráulica del río que no soporta el caudal de avenidas. De acuerdo con ALA-Tumbes, el caudal máximo de la última inundación ha sido de aprox. 1000 m³/s en la cuenca baja, frente a la capacidad hidráulica del río de 800 m³/s, con una capacidad faltante de 200 m³/s. Por este motivo, extensas tierras de cultivo y otras áreas sufrieron daños. Se dice que en una inundación con período de retorno de 100 años, el caudal que llega desde la cuenca alta puede alcanzar el orden de 3000 m³/s.

La reducción de la capacidad hidráulica del río Tumbes se debe a los siguientes factores:

- Marcado meandro del río en su desembocadura, alargando el curso de agua
- Acumulación de sedimentos reduciendo la sección del cauce
- Cierre incontrolado de los afluentes aumentando la carga del caudal del río principal

El río que nace en la delta de la desembocadura del río Tumbes ha sido cerrado sin un debido control como una medida para ampliar el horizonte agrícola, y este cierre constituye una de las causas que aumentó la carga de caudal del río principal.

d) Acumulación de sedimentos en el cauce y la erosión de las riberas

La geología de la cuenca del río Tumbes está constituida por la capa del suelo no consolidado que cubre casi la totalidad de las tierras planas y lomas. Por esta razón gran cantidad de sedimentos es arrastrada desde las quebradas y por la erosión de las riberas del curso principal (Figura 13.3.28). Éste es la causa de la acumulación de sedimentos aguas abajo del puente de Francos y la erosión de las riberas por el serpenteo del agua asociado con la primera.

	
<p>Serpenteo de la delta y erosión de las riberas en la cuenca baja</p>	<p>Erosión de la ribera en el exterior de la curva de la cuenca baja</p>
	
<p>Acumulación de sedimentos en el cauce de la cuenca baja</p>	<p>Acumulación de sedimentos en la curva del río en la cuenca media</p>

Figura 13.3.28 Fotos de la acumulación de sedimentos y erosión de las riberas del río Tumbes

Ante la erosión de las márgenes, se tomaron las medidas de defensa ribereña por ALA-Tumbes y por el Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes (PEBPT) bajo MINAGRI, que consisten en la construcción de los muros de retención con ciclópeos, mampostería con mortero o bolsas de arena (geobag). Se observó que estas obras estaban destruidas parcialmente en algunos tramos (Figura 13.2.10). Las causas, como se indica en la siguiente Figura 13.3.29, son la falta de empotrado de la obra y la falta de materiales de filtro o de láminas de retención.

		
<p>Los sedimentos arrastrados se acumularon en el cauce reduciendo la capacidad hidráulica de la quebrada del río Tumbes</p>	<p>Defensa ribereña con ciclópeos en el río Tumbes</p>	<p>Descripción esquemática del mecanismo de erosión de la defensa ribereña</p>

Fuente: Equipo de Estudio

Figura 13.3.29 Desafíos del plan de cauce y de la defensa ribereña en el río Tumbes

Por otro lado, dado que actualmente no se ejecuta el levantamiento periódico, etc., se discuten la erosión y la acumulación de sedimentos en el curso del río solo a nivel cualitativo, mas no cuantitativo. Adicionalmente, tampoco se ha realizado hasta ahora la evaluación de la capacidad de descarga en los diferentes tramos del río.

Se discute sobre la necesidad de excavar o dragar el lecho, pero sin llegar a analizar los tramos y la cantidad concreta de la excavación, la capacidad de descarga o la sección requerida del río. Dentro de este contexto, no sería pertinente incorporar el mejoramiento fluvial en el plan, ya que una obra no fundamentada en los datos reales podría acarrear consecuencias indeseables como por ejemplo: la excavación de los tramos innecesarios, la no excavación de los tramos necesarios, la excavación excesiva o insuficiente de la sección fluvial.

e) Calidad de agua del río

En cuanto a la calidad de agua del río, la contaminación con metales pesados provenientes del desarrollo minero en el territorio ecuatoriano constituye un problema. El estudio de calidad de agua del río Tumbes llevado a cabo en 2015 por el Ministerio del Ambiente puso de manifiesto que el nivel de los metales como el arsénico, cadmio, plomo, etc. ya supera el valor normado en Cao Inga, la cuenca más alta en el territorio peruano y que más abajo continua registrando niveles de arsénico y de plomo superiores a la norma. Ante estos resultados, el Ministerio del Ambiente ha recomendado realizar el monitoreo de calidad de agua del río a las entidades y organismos relevantes. Posteriormente, ALA-Tumbes llevó a cabo otro estudio de calidad

de agua, en el que se registraron niveles más altos de arsénico que lo normado.

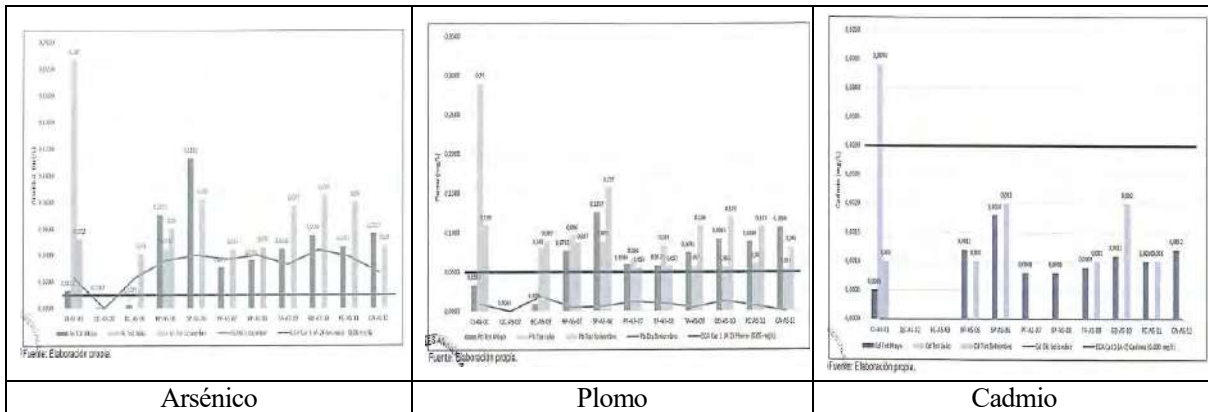


Figura 13.3.30 Resultados del estudio del Ministerio del Ambiente en 2015

(b) Necesidades de rehabilitación y reconstrucción de los organismos gubernamentales del Perú

El Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca (CRHC) constituye el espacio de discusiones sobre el manejo del río de esta región. De acuerdo con CRHC, a raíz de que el proyecto de desarrollo Puyango- Tumbes no ha tenido avances, se inició la búsqueda de la posibilidad de desarrollar los recursos hídricos, incluyendo el control de inundaciones, en el río Tumbes y los cuatro ríos cercanos. En febrero de 2017, ALA-Tumbes ha solicitado al Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) ejecutar el dragado del río Tumbes y tomar las medidas de control de inundaciones, como medidas de emergencia post desastre de febrero de 2017. Sin embargo, tal como se indicó anteriormente, no se ha llegado todavía a identificar los tramos que requieren del dragado, ni cuantificar su volumen y su costo.

(c) Desafíos y soluciones sobre las medidas estructurales, no estructurales, institucionales y organizativas

En la siguiente tabla se proponen las posibles soluciones según las diferentes causas de inundaciones identificadas tomando en cuenta las necesidades de los organismos gubernamentales del Perú. Los detalles se describen en el siguiente apartado.

Tabla 13.3.16 Políticas básicas (preliminares) del control de inundaciones en la cuenca del río Tumbes

Desafíos de las medidas contra inundaciones y sedimentos	Necesidades de las medidas contra inundaciones y sedimentos	Posibles soluciones	Consideraciones
<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la sección fluvial debido a la acumulación de sedimentos • Agravamiento de la erosión ribereña por el serpenteo del río • Incremento de la carga de caudal del río por el cierre incontrolado de los afluentes • <u>Dado que actualmente no se ejecuta el levantamiento periódico, etc.</u>, se discuten la erosión y la acumulación de sedimentos en el curso del río solo a nivel cualitativo, mas no cuantitativo. • Tampoco se ha realizado hasta ahora la evaluación de la capacidad de descarga en los diferentes tramos del río. 	<p>En febrero de 2017, ALA-Tumbes ha solicitado al Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) ejecutar el dragado del río Tumbes y tomar las medidas de control de inundaciones, como medidas de emergencia post desastre de febrero de 2017. Sin embargo, no se ha llegado todavía a identificar los tramos que requieren del dragado, ni cuantificar su volumen y su costo.</p>	Realizar el atajo artificial para eludir el meandro de la desembocadura y de esta manera acortar el curso de agua. Este método sirve para aumentar la capacidad hidráulica y al mismo tiempo, para descargar rápidamente los sedimentos al mar aprovechando el aumento de la velocidad de flujo.	Para el diseño de las obras, se requiere tomar en cuenta que el aumento de la velocidad de flujo puede acelerar también la erosión de las riberas.
		Construir un nuevo canal vertedor que sustituya el afluente cerrado a fin de aliviar la carga de caudal del curso principal del río Tumbes.	
		Ejecutar las obras de mejoramiento fluvial que incluyan la construcción del dique y excavación del lecho en los tramos locales donde se reduce la capacidad hidráulica a lo largo de todo el río.	
		Alargar el dique o construir compuertas como una medida de control de inundación local.	Se hace necesario instalar una bomba de drenaje, dependiendo de las condiciones locales.
		Medida de reducción de la cantidad de sedimentos que nacen en el bosque seco y se descarga al río Tumbes a través de la quebrada.	
		Defensa ribereña en los tramos con fuerte erosión ribereña.	Para solucionar la erosión de las riberas que se agrava con el tiempo, se requiere revisar el diseño de las estructuras fluviales a nivel nacional.
		Definición del límite del río para su manejo.	Para las tierras de cultivo ubicadas dentro del área anegable, es necesario pensar en tolerar en alguna medida la inundación y convivir con ella.



Figura 13.3.31 Esquema conceptual de las medidas básicas que deben ser analizadas en la cuenca del río Tumbes

a) Propuesta del plan de ejecución de las medidas

Para planificar el desarrollo del río Tumbes, es indispensable tomar en cuenta el Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes que es un proyecto transfronterizo entre el Perú y Ecuador y financiado por el BID. Uno de sus importantes objetivos es el desarrollo del sistema de irrigación. Sin embargo, actualmente las negociaciones de cooperación se encuentran estancadas, y el gobierno del Perú está buscando una solución para desarrollar los recursos hídricos de esta cuenca dentro de su territorio. Dentro de este contexto, para pensar en las medidas de control de inundaciones del río Tumbes, éstas deben ser congruentes con el desarrollo de recursos hídricos. Por otro lado, es urgente tomar acciones para manejar las inundaciones que azotan la región casi todos los años. Se considera necesario llevar a cabo el plan de control de inundaciones en tres etapas: a largo plazo que incluya el desarrollo de los recursos hídricos; a mediano plazo que viene a ser la elaboración del Plan Maestro de control de inundaciones en el que se enmarcarán todas las medidas; y a corto plazo que incluyen las acciones que deben llevarse a cabo urgentemente. A continuación se presenta el resumen.

Plan a largo plazo

El plan a largo plazo consistirá en la elaboración del Plan Maestro de Desarrollo Integral de Recursos Hídricos del río Tumbes. Este plan consistirá básicamente en el desarrollo de irrigación y del agua potable. En lo que concierne al agua potable, ante la alta concentración de arsénico y de plomo en el agua del río, y el temor de que entre el agua contaminada con metales pesados provenientes del Ecuador, constituye un desafío importante buscar las fuentes de agua en los afluentes, y no en el curso principal del río Tumbes. En cuanto al bosque seco de la cuenca media, se considera necesario elaborar un plan de manejo de cuenca que incluya el componente "reforestación" para prevenir el arrastre de sedimentos y recargar el acuífero. El Plan Maestro deberá incluir también las medidas de control de inundaciones.

Plan a mediano plazo

El plan a mediano plazo consistirá en la elaboración del Plan Maestro de Control de Inundaciones del río Tumbes para estabilizar el curso del río y controlar las inundaciones. Concretamente, consiste en definir el caudal de avenidas de diseño del río, la sección fluvial para soportar dicho caudal, así como en definir el trazado (alineamiento) del curso del río y de los diques. De esta manera se definirán concretamente los desafíos de las medidas de control de inundaciones mencionadas en el literal anterior (a).

Paralelamente, se debe elaborar el plan de urbanización que incluya la construcción del sistema de drenaje pluvial (incluyendo la posibilidad de construir una estación de bombeo) en consonancia con el plan de manejo fluvial.

Plan a corto plazo (medidas de emergencia)

Las medidas de emergencia consistirán en el dragado de la cuenca baja y la reconstrucción de las estructuras afectadas. Además es necesario construir la compuerta y pequeño sistema de bombeo para prevenir el contraflujo de las avenidas a través del canal de drenaje urbano.

b) Medidas del cambio de cauce (acumulación de sedimentos)

Entre los principales factores que agravaron los daños de inundaciones del río Tumbes se mencionan la reducción de la superficie del cauce debido a la acumulación de sedimentos y la consecuente reducción de la capacidad de descarga. Las obras de rehabilitación financiadas por el Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) incluyen la excavación del curso de agua y el dragado del lecho, pero al mes de julio de 2017 no se habían definido los detalles. De ejecutarse las obras de ampliación de cauce sin un fundamento cuantitativo, es muy probable que se vuelva a acumular los sedimentos en varios años. Por lo tanto, se considera necesario primero realizar un análisis cuantitativo de la acumulación de sedimentos.

Concretamente, el trabajo consistirá en estudiar los materiales de lecho para conocer las propiedades de los sedimentos acumulados, y en realizar el levantamiento del curso de agua y conocer cuantitativamente el movimiento de los materiales de lecho mediante el cálculo de variación de lecho. Adicionalmente, es necesario comparar los datos actuales con los del levantamiento ejecutado en 2014 para analizar la variación del volumen de sedimentos acumulados en los últimos tres años para establecer una previsión de la evolución de acumulación de sedimentos hacia el futuro.

Además, se propone ejecutar periódicamente el levantamiento transversal del río para obtener los datos que sirvan de base para la elaboración de un plan de mantenimiento y de las medidas contra la acumulación de sedimentos a largo plazo.

c) Diseño de la defensa ribereña y protección del piso

El colapso de las obras de defensa ribereña indicada en el literal (a) d) "Acumulación de sedimentos en el cauce y la erosión de las riberas" sugiere la necesidad de revisar una vez más los requisitos vigentes de diseño de las obras. El mismo diseño parece ser utilizado a nivel nacional dado que similares obras han sido ejecutadas también en otras regiones. Sin embargo, hasta la fecha, no existe un libro de planos estándar para

las obras de defensa ribereña. Para reducir los frecuentes daños de estas obras, se requiere definir el diseño estándar y acumular lecciones y experiencias revisando el diseño de las estructuras fluviales a nivel nacional. Para la estandarización de diseño y su revisión periódica se necesita sistematizar el proceso de evaluación de las condiciones actuales y de revisión de los criterios de diseño. Esta tarea debería ser abordada dentro del proceso de elaboración del Plan Maestro de Control de Inundaciones a mediano plazo.

En el estudio en campo se observó que la mayoría del colapso de las obras de defensa ribereña se produce en la curva exterior del río donde la base de la obra es socavada por la corriente de agua. En particular, en un río donde la ribera y el lecho del río están constituidos por el suelo arenoso, como es el caso del río Tumbes, el lecho de los tramos curvos es muy susceptible a la socavación. Sin embargo, de acuerdo con las entrevistas realizadas con los actores locales, no se han tomado medidas especiales para estos tramos. La desprotección de los tramos curvos puede ser uno de los factores que agravan la destrucción de las riberas por las avenidas, por lo que se considera necesario incorporar en la planificación y diseño de las obras de defensa ribereña, la "estimación de la profundidad de socavación del lecho" y el "análisis del tipo y especificaciones de las obras de protección del lecho".

d) Construcción del camino de acceso

Existen varios tramos del río Tumbes que no cuentan con un camino de acceso. Esta falta constituye uno de los impedimentos para ejecutar la inspección, reparación de la erosión de riberas, y el mantenimiento rutinario. En particular, dado que el acceso a los tramos sin diques está restringido, es difícil realizar la inspección desde la ribera.

Por lo tanto, se considera necesario construir el camino de acceso para posibilitar el mantenimiento rutinario y rehabilitación del río.

e) Sistema de supervisión de obras de las obras de rehabilitación

Actualmente, ANA es el ente responsable de administrar el río, mientras que el Proyecto Puyango-Tumbes viene a ser el promotor de los proyectos fluviales de la cuenca del río Tumbes. Esta división de responsabilidades es uno de los factores que dificulta concretar los proyectos fluviales integrales para todo el conjunto de la cuenca. Lo ideal sería que, como es el caso de Japón, el administrador del río asuma toda la responsabilidad de ejecutar los proyectos fluviales. En el caso de Tumbes, se percataron algunas inconveniencias derivadas de la descoordinación interinstitucional, cuando el proyecto pasa a otro ente responsable. Si bien es cierto que por razones institucionales, sea difícil que la ANA asuma la supervisión de las obras, se espera que sus facultades para otorgar autorizaciones y permisos sean más fortalecidas para que pueda ejercer supervisión técnica sobre los proyectos que sean ejecutados en la cuenca.

(2) Río Piura

(a) Identificación de las características y fenómenos de los daños de inundaciones

Las zonas más fuertemente azotadas por las inundaciones del río Piura de 2017 son las siguientes tres.

- Centro de la Ciudad de Piura (véase la Figura 13.3.32);
- Localidades de Catacaos y Cura Mori de la margen izquierda del río Piura; y
- Localidades de Villa Chatito y El Tallón de la margen derecha.



Fuente: Imágenes de Google Earth editadas por el Equipo de Estudio

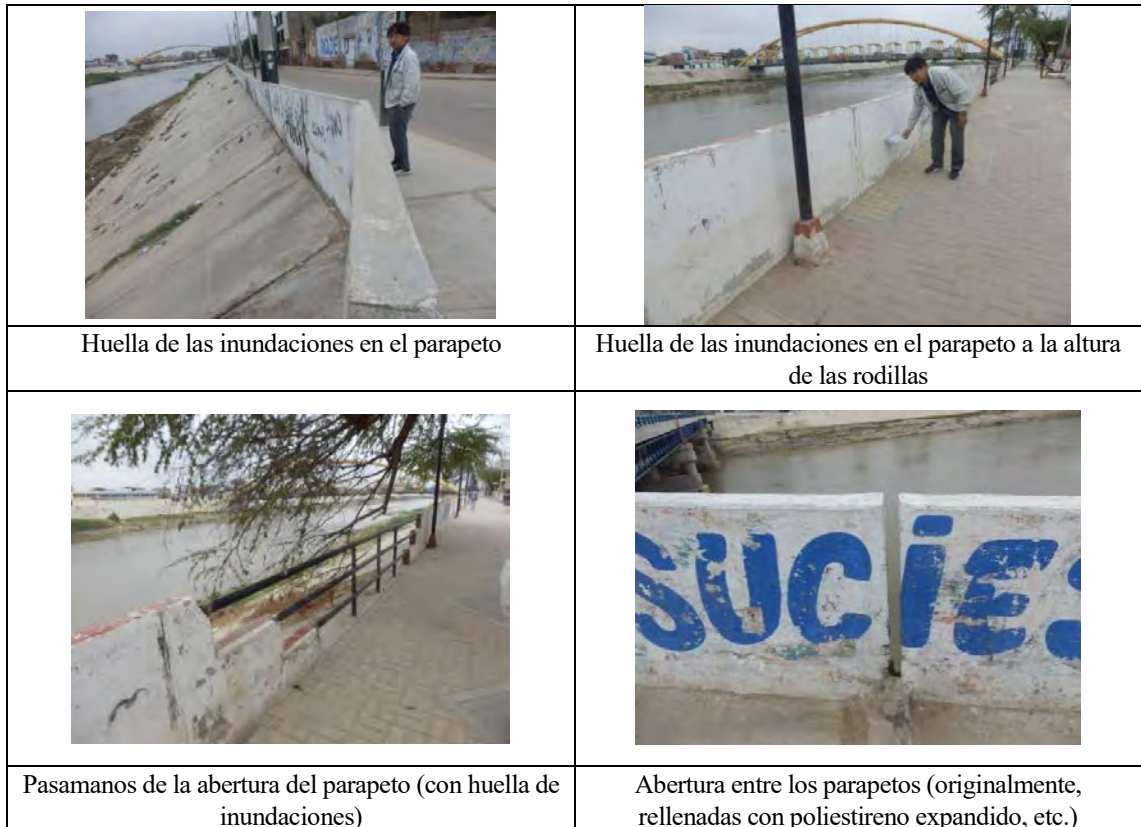
Fuente: Material publicado por la Universidad de Piura

Figura 13.3.32 Nivel de crecida en el cauce del río Piura durante las inundaciones de la ciudad de Piura en 2017

A continuación se describen las características de los daños de estas tres zonas más azotadas.

a) Causas de las inundaciones del centro de la ciudad de Piura

La inundación del área urbana se produjo no por el desbordamiento del agua del río sino por la entrada del agua desde los espacios abiertos de las juntas de parapetos construidos sobre el dique.



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.33 Parapetos de la ciudad de Piura y las huellas de las inundaciones

b) Causas de las inundaciones de las localidades de Catacaos y Cura Mori de la margen izquierda y de las localidades Villa Chatito y El Tallón en la margen derecha del río Piura

La inundación de las márgenes izquierda y derecha aguas abajo de la ciudad de Piura se produjo por el desborde del agua que dejó destruido el dique en varios tramos (Figura 13.2.8). De acuerdo con el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura, el dique ha sido diseñado para un caudal de 1700 m³/s.



Fuente: Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura
Fotografía tomada por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.34 Daños de inundaciones en la parte baja de la ciudad de Piura

La inundación, según el material publicado por el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura, se debe a la acumulación de sedimentos en la cuenca baja del río Piura que redujo la sección hidráulica, y consecuentemente redujo la capacidad hidráulica del río.

El caudal de avenidas con período de retorno de 100 años es de aprox. 4000 m³/s de acuerdo con la estimación del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura.

(b) Necesidades de rehabilitación y reconstrucción de los organismos gubernamentales del Perú

Frente al caudal de avenidas con el período de retorno de 100 años del río Piura que se estima en aprox. 4000 m³/s, tal como se indicó anteriormente, la capacidad hidráulica del río a la altura de la ciudad de Piura es de entre 1700 y 2000 m³/s. En las últimas inundaciones de 2017, parece haber entrado un caudal de 3465 m³/s a la ciudad de Piura, según los datos de monitoreo del nivel de agua.

Con el fin de proteger el área urbana y las tierras de cultivo de la cuenca del río Piura, el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura ha venido proponiendo, desde antes de las últimas inundaciones, construir una presa y embalse de regulación con capacidad de retener 2000 m³/s aproximadamente, y dejar fluir el resto (2000 m³/s) aguas abajo (véase la Figura 13.3.35).

Asimismo, son altas las necesidades de realizar la excavación del cauce y el dragado del lecho como medidas para reducir los sedimentos acumulados y la consecuente alza de nivel de agua en caso de avenidas.

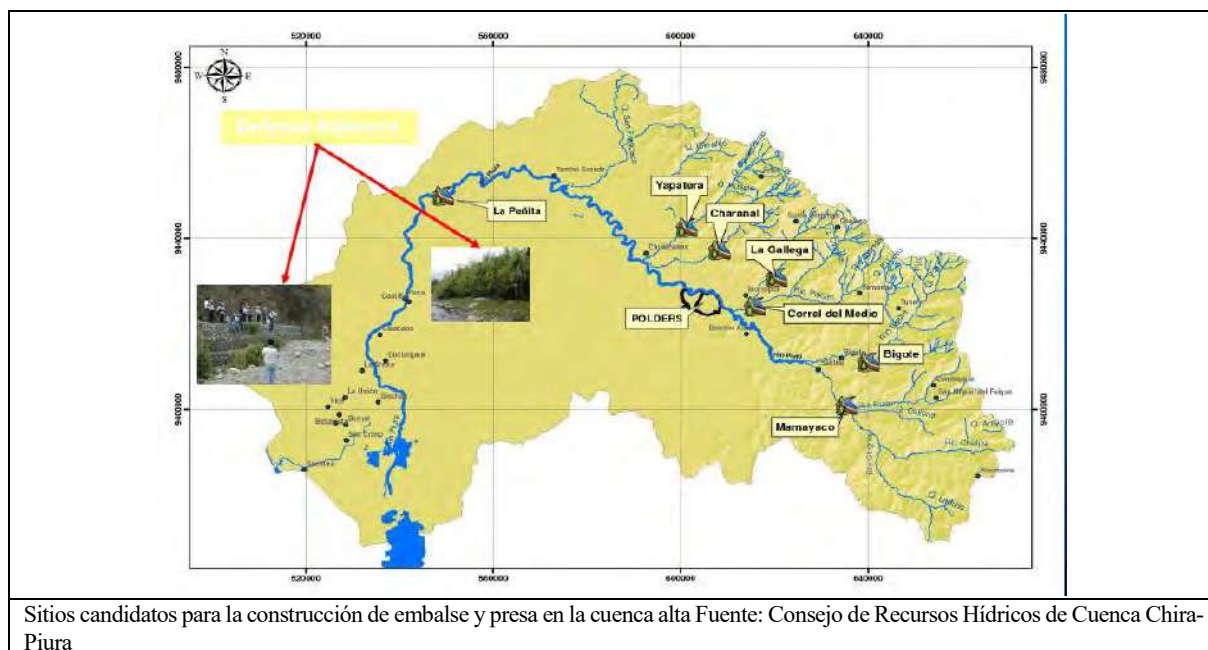


Figura 13.3.35 Esquema conceptual de las medidas contra inundaciones del río Piura propuesto por el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura

(c) Desafíos y soluciones sobre las medidas estructurales, no estructurales, institucionales y organizativas





En la siguiente Tabla se proponen las posibles soluciones según las diferentes causas de inundaciones identificadas tomando en cuenta las necesidades de los organismos gubernamentales del Perú. Los detalles se describen en el siguiente apartado.

Tabla 13.3.17 Políticas básicas (preliminares) del control de inundaciones en la cuenca del río Piura

Desafíos de las medidas contra inundaciones y sedimentos	Necesidades de las medidas contra inundaciones y sedimentos	Posibles medidas
<ul style="list-style-type: none"> Acumulación de sedimentos en la cuenca baja del río Piura y la consecuente reducción de la sección y capacidad hidráulica del río Defectos del diseño estructural del río, incluyendo de las obras de defensa ribereña, unión de los bloques, contracorriente de las avenidas desde la boca de drenaje del agua 	<ul style="list-style-type: none"> Excavación y dragado del cauce para eliminar los sedimentos de la cuenca baja y mitigar el aumento del nivel de agua durante las avenidas Rehabilitación del dique del río Piura Elaboración del plan de control de inundaciones (El Consejo de Recursos Hídricos de la cuenca Chira-Piura propone construir una presa y embalse de regulación con capacidad de retener 2000 m³/s aproximadamente, y dejar fluir el resto (2000 m³/s) aguas abajo.) Necesidad de construir el canal de descarga hacia la cuenca más baja como una medida a largo plazo contra la acumulación de sedimentos 	<ul style="list-style-type: none"> Elaboración de un plan de control de inundaciones incluyendo el encauzamiento, construcción del canal de descarga y embalse. Normalización del diseño estructural fluvial Uso del embalse para controlar las inundaciones (Se incluye la construcción del sistema de monitoreo y registro, y la elaboración del manual de operación, mantenimiento y gestión)

a) Rehabilitación de las estructuras fluviales y de las obras de control de inundaciones existentes

Se observaron varios problemas de diseño de las estructuras fluviales del río Piura, como por ejemplo, el diseño de las obras de defensa ribereña, el método de articulación de los bloques, la producción de la contracorriente de las avenidas desde la boca del canal de drenaje.

			
Destrucción del muro de retención de la defensa ribereña	Destrucción del colchón de bloques de hormigón articulados	Falta de válvula de prevención de contraflujo	Falta de hermeticidad de la compuerta de drenaje

Fotografía tomada por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.36 Estructuras fluviales que necesitan ser reparadas o mejoradas

Al igual que el río Tumbes, se considera necesario estandarizar el diseño de las obras, elaborar un diseño estándar aplicable en todos los ríos sin limitarse al río Piura, y disponer las estructuras más sólidas y resistentes.

b) Necesidad de construir el canal de descarga hacia la cuenca más baja como una medida a largo plazo contra la acumulación de sedimentos

Para reducir los daños de inundaciones en la ciudad de Piura y aguas abajo de la misma, es urgente excavar el lecho del río entre el lago Ramón ubicado en la cuenca más baja y el lago La Niña conectado al primero. También es necesario ejecutar constantemente el dragado si se toma en cuenta que gran cantidad de sedimentos es transportada todos los años desde la cuenca alta por efecto de inundaciones.

Lo ideal es tomar las medidas contra el arrastre de sedimentos para el río en su conjunto, para que los sedimentos arrastrados de la cuenca alta sean en lo posible transportados hasta la desembocadura. En este sentido, se recomienda buscar una solución para que los sedimentos no entren a los lagos, construyendo por ejemplo, un canal de descarga antes de entrar al grupo de lagos formados en la cuenca más baja. Originalmente, el río Piura pasaba cerca de la Ciudad Sechura para desembocarse en el mar. Se recomienda analizar cuál de las dos opciones sería más económica: dragado periódico o construcción de un canal de descarga.

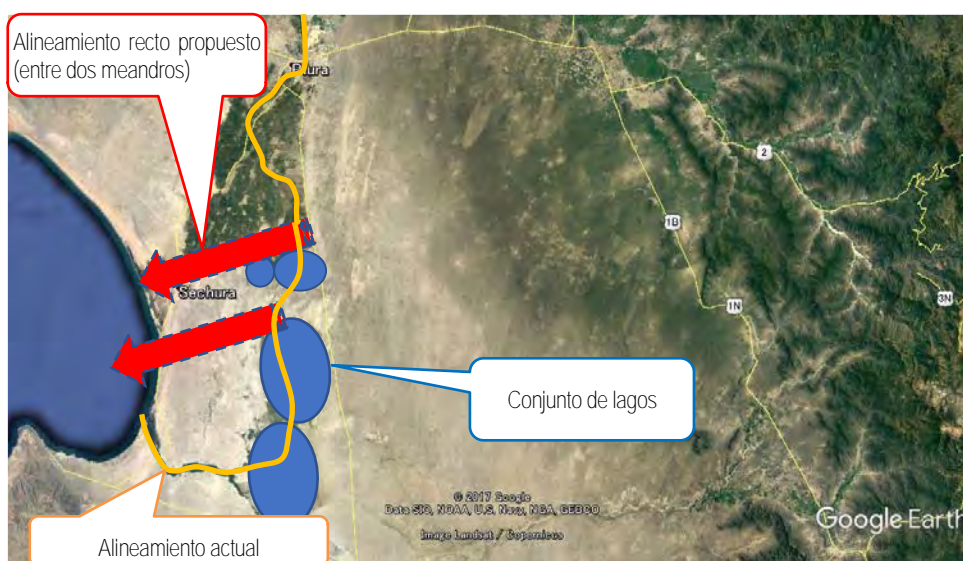


Figura 13.3.37 Alineación recta propuesta para el canal de descarga a la desembocadura del río Piura

c) Sobre el plan de construcción de pólders

De acuerdo con ALA Piura, existe actualmente el plan de construir el embalse (denominado localmente "pólder") en La Peñita, Tambo Grande, La Matanza, etc.



Figura 13.3.38 Sitios candidatos de construcción de pólders del río Piura seleccionados por el Consejo de Recursos Hídricos de la cuenca Chira-Piura

En la Tabla 13.3.18 se entrega un resumen del respectivo plan de construcción de pólder.

Tabla 13.3.18 Plan de construcción de pólder propuesto por el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura

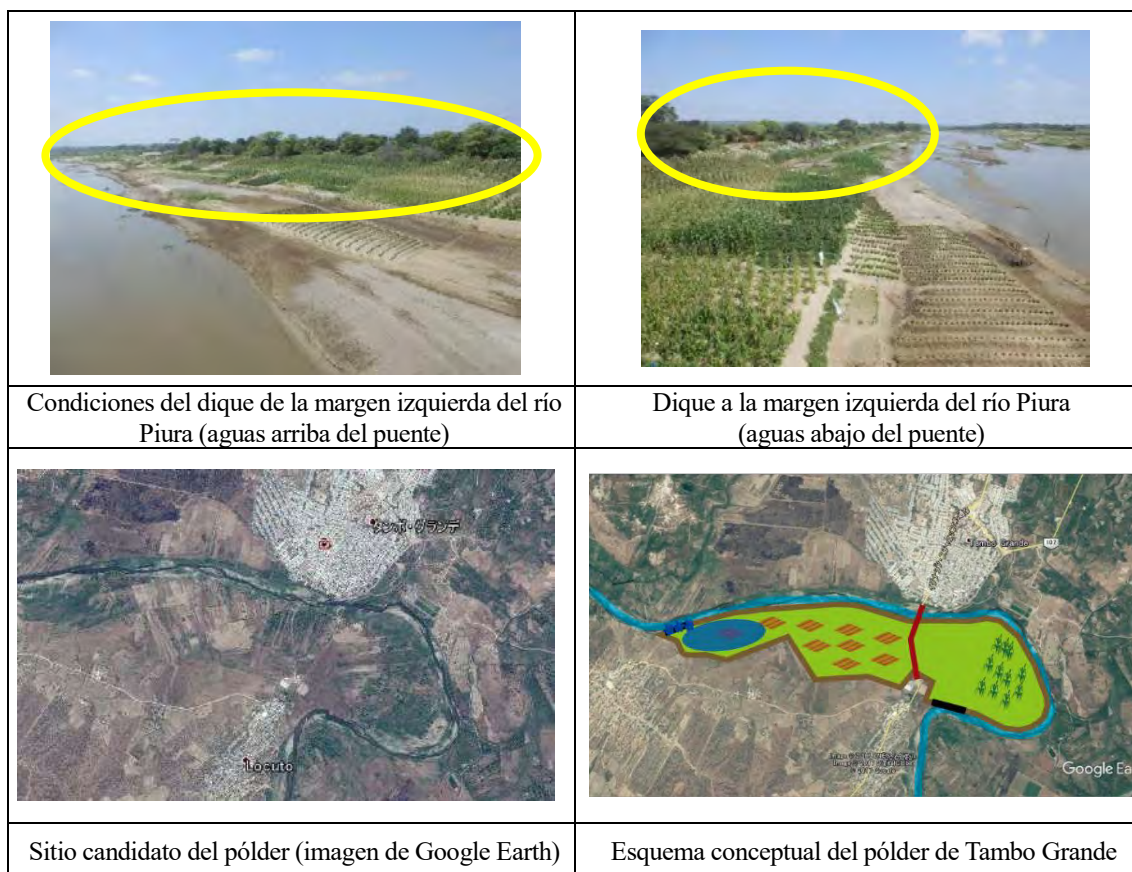
Sitios candidatos	Condiciones actuales (del sitio candidato)
La Peñita	Es el sitio que había sido candidato para la construcción de una presa para riego por un desarrollador privado. Este plan no se materializó debido a la acumulación por razones topográficas y geológicas.
Tambo Grande	El plan está todavía en el planteamiento conceptual, y solo ha sido seleccionado como sitio candidato (los detalles del plan, como por ejemplo, el dimensionamiento, no están definidos)
La Matanza	El plan básico ha sido elaborado por una universidad de Alemania (cuatro pólders, con una superficie de 3722 ha, profundidad efectiva de 7.8 m y capacidad total de almacenamiento de 296 millones de m3)
El Ala	Es un reservorio para almacenar un total de 100 millones de m3 en la cuenca más alta del río Piura. Todavía se halla en la fase de planteamiento conceptual.

Nota) El reservorio más grande del Japón, llamado Watarase, tiene una superficie de 3.300 ha, con capacidad de almacenamiento de 171 millones de m3.

A continuación se describen las condiciones actuales de cada sitio candidato y los desafíos encontrados por el Equipo de Estudio.

Pólder Tambo Grande

El sitio candidato del Pólder Tambo Grande está a la otra orilla del río Piura vista desde la ciudad de Tambo Grande, en la margen izquierda, donde se desarrollan extensas tierras de cultivo. El área está protegida con los diques y está siendo utilizada para la producción agrícola. Además, el río traza una gran curva aguas arriba de este sitio, lo que permite construir el presa vertedero del pólder en un lugar estratégico.



Fuente: Fotos y plan elaborado por el Equipo de Estudio, e imágenes de Google Earth

Figura 13.3.39 Plan de construcción del Pólder Tambo Grande

Pólder La Matanza

En la Tabla 13.3.19 se presenta la información sobre el plan de construcción del Pólder La Matanza, proporcionada por el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura.

Tabla 13.3.19 Especificaciones del Pólder La Matanza

Sub pólder N°	Cuenca (km ²)	Área pólder (km ²)	Longitud de diques (km)	Volumen máx. (MMC)	Promedio del nivel del lecho (m.s.n.m.)	Promedio de profundidad del agua (m)
1	3,867	57.400	13.0 ¹⁾	54	97.34	9.40
2	3,867	94.700	16 ²⁾	94	96.23	9.92
3	2,962	205.400	7.5 ³⁾	127	99.99	6.16
4	905	19.700	1 ⁴⁾	21	95.63	10.52
Total /Promedio	3867	377.200	29.8⁵⁾	296	98.42	7.84

Nota 1-5): Las cifras de cada sub pólder pueden ser redundantes y consecuentemente la suma total no es coherente.



Figura 13.3.40 Plan de construcción del Pólder La Matanza

Este Pólder almacenará el agua en una extensión de 3,770 ha con una profundidad media de agua de 7.8 m. Sin embargo, presenta una serie de limitaciones como las que se mencionan a continuación, debiendo revisar cada una de ellas al momento de concretar el proyecto.

- El plan contempla construir una presa en el río Piura en la parte más baja del pólder a fin de elevar el nivel de agua, pero se considera difícil hidráulicamente cubrir toda el área del pólder.
- De acuerdo con el cálculo de caudal realizado por el Equipo de Estudio, el caudal con período de retorno de 100 años a la altura de La Matanza (en realidad, Chulucanas) es de 2,874 m³/s. Al cortar 1,000 m³/s, quedaría 48.5 millones de m³, por lo que un pólder de 296 millones de m³ resultaría demasiado grande. En la se presenta el hidrógrafo de inundaciones con período de retorno de 100 años y el hidrógrafo de inundaciones asumiendo cortar 1,000 m³/s del caudal máximo con el pólder.

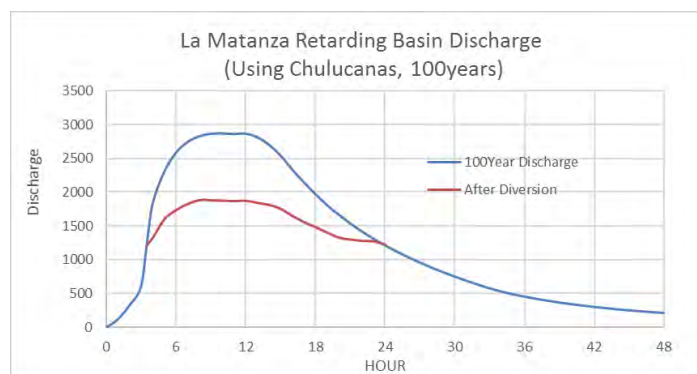


Figura 13.3.41 Hidrógrafo en el caso de construir el Pólder La Matanza

- Este plan consiste en construir la alcantarilla de cajón para derivar el agua al pólder y una presa vertedero completa. A diferencia del concepto convencional de un embalse de cortar el caudal máximo, este sistema permite la entrada de agua aun cuando el caudal de escurrimiento es reducido, lo que se traduce en mayor frecuencia de influjo y mayor impacto a las tierras de cultivo. Además, la presa vertedero es muy larga y, como consecuencia, es un plan económicamente desfavorable. Por lo tanto, de ser posible se recomienda combinar una presa vertedero parcial + sistema de drenaje, como un embalse normal.
- Hacia 2004 cuando surgió este plan, el porcentaje de las tierras desocupadas había sido más alta. Sin embargo, actualmente esta zona ha sido desarrollada como plantación de banano lo que hace que sea

más difícil adquirir la extensión necesaria de tierras. (Sin embargo, algunos sostienen que la plantación del banano ya existía en abril de 2005.) Existen viviendas dispersas dentro del sitio candidato, y el plan de desplazamiento de la población afectada va a ser un elemento importante en el caso de construir el pólder.



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.42 Plantación de banano y viviendas existentes en el sitio candidato de Pólder La Matanza

- Este sitio candidato no está protegido con los diques, y quedó inundado un metro aproximadamente por las últimas inundaciones del río Piura. Actualmente, constituye un embalse natural formado en el área anegable. Es necesario tomar en cuenta que de convertirlo en un pólder sin la previa excavación, se reduciría el efecto de almacenamiento de agua.



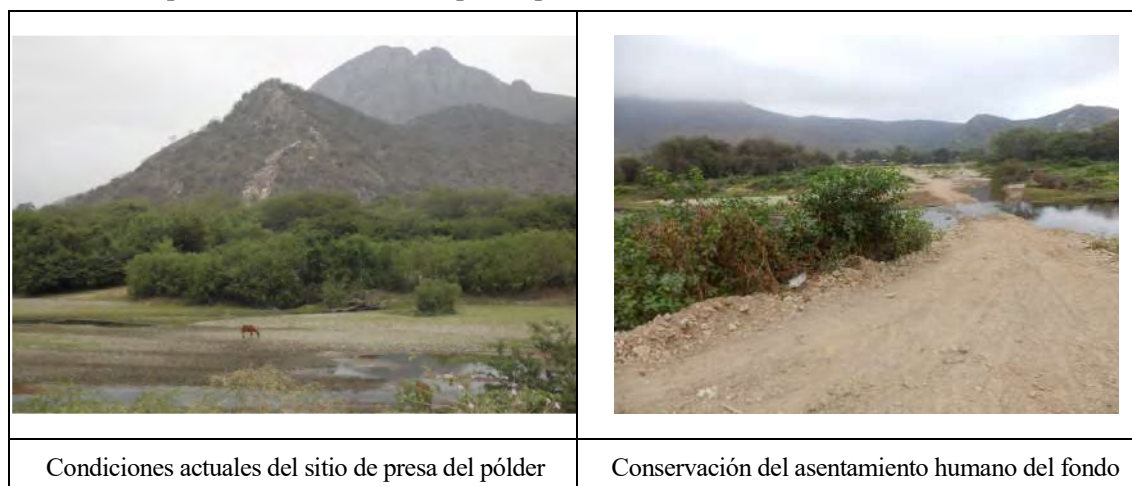
Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.43 Condiciones del cauce y huella de inundaciones alrededor del Pólder La Matanza

Por lo anterior, se considera necesario volver a analizar la dimensión de los pólderes y las especificaciones de la presa vertedero. Luego, en base a los resultados del análisis se debe revisar cuál de las dos opciones convendría más: excavación que conlleva la necesidad de adquirir las tierras necesarias y la conservación de las tierras de cultivo existentes (tipo compensación de cultivos).

Pólder El Ala

El Ala ya había sido seleccionado como el sitio candidato para construir un embalse con capacidad de 100 millones de m³ de la cuenca alta. Por esta razón, se contemplaba construir una presa para detener el agua. Posteriormente, en virtud de que se vio que una parte habitada del sitio candidato quedaría inundada, la idea original fue sustituida por la construcción de un pólder para controlar las inundaciones.



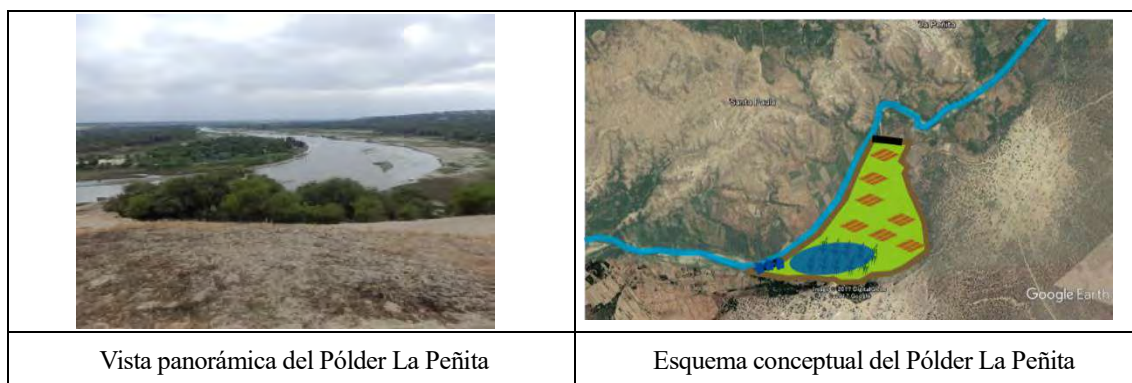
Fuente: Extracto de la información proporcionada por la Universidad de Piura y fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.44 Condiciones del sitio candidato del Pólder El Ala

Básicamente, este sitio es apropiado para construir un embalse tipo presa como se había concebido originalmente y presenta una serie de limitaciones para utilizar como pólder. Sin embargo, al observar las condiciones del lecho y la topografía de la cuenca más arriba (lomas), la cantidad de sedimentos arrastrados es reducida, lo que se traduce en el menor costo de mantenimiento en comparación con otros sitios candidatos. En este sentido es una buena opción como embalse para retener avenidas. Si se toma en cuenta solamente el control de inundaciones, la capacidad del pólder de 100 millones de m³ que proyecta el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura es mucho mayor que la capacidad requerida, debiendo por lo tanto continuar profundizándose más en su análisis.

Pólder La Peñita

El sitio candidato La Peñita había sido seleccionado originalmente como el sitio de construcción de una presa para el riego por un desarrollador privado extranjero. Está en un tramo que serpentea el río Piura entre dos lomas con afloramiento rocoso. El plan consiste en construir el canal de atajo en la margen derecha aprovechando la topografía local, y utilizar el curso del río actual como el pólder. Es un plan altamente viable porque es posible obtener 200 hectáreas de tierras y porque no existen viviendas en el sitio. Sin embargo, en la cercanía se extiende una loma cubierta de arena fina, debiendo estudiar las medidas para prevenir la acumulación de sedimentos. Se recomienda profundizarse en el análisis de viabilidad y de la necesidad en la etapa de elaboración del Plan Maestro.



Fuente: Fotos tomadas y editadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.45 Vista panorámica y esquema conceptual del Pólder La Peñita

d) Necesidad del Plan Maestro

Existen varias opciones para asegurar la capacidad hidráulica necesaria del río Piura como son las siguientes.

- Reducir el caudal mediante pólder o presa y reducir el caudal de avenidas;
- aumentar la capacidad hidráulica mediante las obras de mejoramiento fluvial, tales como la excavación de cauce, construcción y recrecimiento de los diques, etc.; o
- reducir el caudal de avenidas del río principal mediante la construcción del canal de descarga, entre otras.

Para solucionar el problema de la acumulación de sedimentos en el cauce, se requiere frenar el arrastre de los sedimentos de las quebradas aguas arriba. Es importante planificar estratégicamente qué obras se dispondrán dónde y cómo. Las tres ALAs que administran el río Piura y el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura han iniciado el análisis de combinar los pólders y las obras de mejoramiento fluvial. Como medidas de emergencia para 2017, se contempla aumentar la capacidad hidráulica excavando el cauce hasta el lago Ramón ubicada en la cuenca más baja.

Además, es necesario revisar el diseño de las estructuras fluviales y las medidas contra las inundaciones.

Por lo anterior, se considera necesario elaborar el Plan Maestro del río Piura para solucionar los problemas antes mencionados. En particular si se quiere proteger la ciudad de Piura (cuenca baja) ante las inundaciones con un período de retorno de 100 años, va a ser necesario cortar el caudal máximo de entre 4000 y 2000 m³/s, salvo cuando sea aumentada la capacidad hidráulica del cauce. Actualmente se tienen planteados varios proyectos como por ejemplo, la construcción de la presa, reservorios, pólders, recrecimiento de los diques y la consecuente reconstrucción de los puentes. Sin embargo, es probable que las inversiones que se hagan para implementar estos proyectos no manifiesten el impacto esperado, sino se tiene definido de antemano el caudal fluvial de diseño que es la clave para este tipo de proyectos. Por lo tanto, se recomienda volver a analizar una vez más y redefinir la meta final del control de inundaciones (por ejemplo, un período de retorno de 100 años para las ciudades, de 50 años para las tierras de cultivo, etc.), y luego elaborar el Plan Maestro integral para toda la cuenca del río Piura. Después, se requiere evaluar la relación costo-beneficio, definir el orden de

prioridad de los proyectos y centrar las inversiones.

e) Reservoirio de San Lorenzo

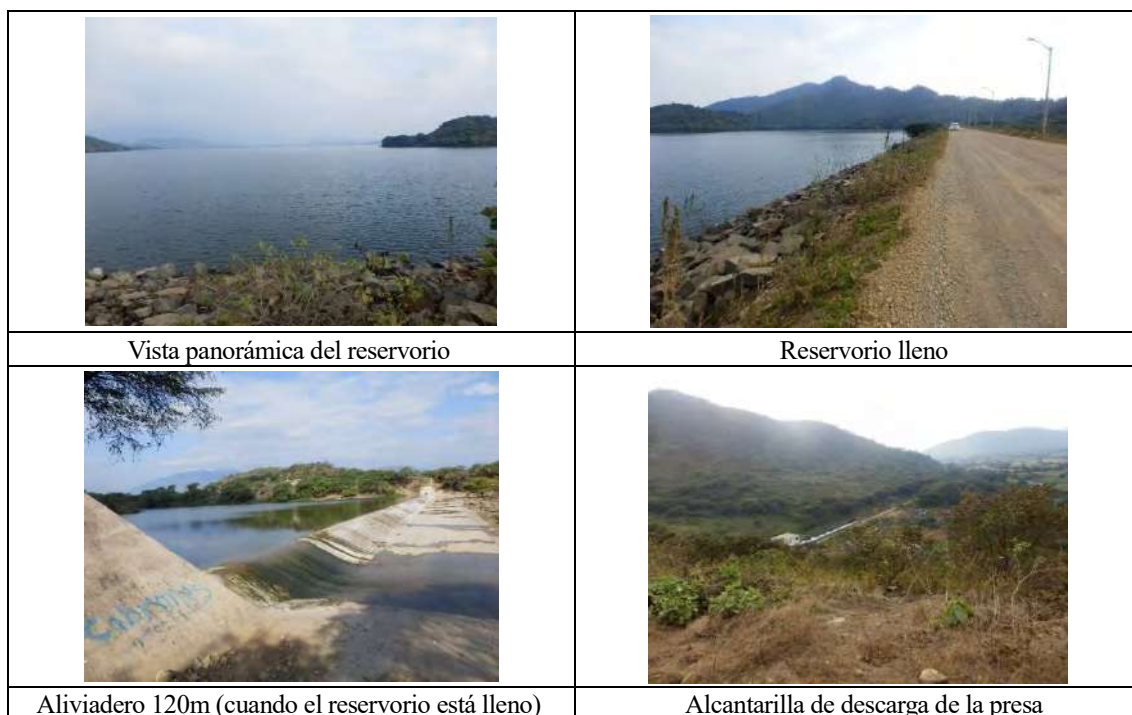
El reservorio de San Lorenzo almacena las aguas del río Quiroz, afluente del río Chira transportadas por el canal Quiroz, y aprovechadas principalmente para el riego. Este reservorio está conectado también con la quebrada Chipillico de la cuenca del río Chira, cuyas avenidas se descargan directamente al reservorio. (Si bien es cierto que no se tienen los datos oficiales, se dice que el caudal máximo entrante en 2017 ha alcanzado el orden de 1000 m³/s.)



Figura 13.3.46 Mapa de ubicación del reservorio San Lorenzo

Sin embargo, dada la reducida capacidad hidráulica en la parte baja de la quebrada Chipillico, el aliviadero está diseñado para descargar las aguas a la quebrada San Francisco de la cuenca del río Piura desde que fue construido (1976).

El reservorio es administrado, no por ANA ni por el Proyecto Chira-Piura, sino por la Junta de Usuarios, quien mantiene el reservorio permanentemente lleno. (También cuando el Equipo de Estudio visitó el sitio, el reservorio estaba lleno.) Si bien es cierto que no se tiene registrado el caudal de descarga, la ANA estima que éste ha sido más de 500 m³/s.



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.47 Fotos del reservorio de San Lorenzo

Las aguas del reservorio de San Lorenzo básicamente deben ser descargadas al río Chira, y no al río Piura, debiendo, por lo tanto, modificar la práctica actual. Como alternativas aquí se plantean preliminarmente tres propuestas siguientes, aunque es necesario ahondar en el análisis para definir propuestas más concretas.

Propuesta 1: Mantener el nivel del agua 1 o 2 metros por debajo del aliviadero durante la época de lluvias, y aprovechar esta altura como el margen de seguridad para controlar las inundaciones (se requiere tomar en cuenta el régimen de descarga del río Chipillico).

Propuesta 2: Construir una subpresa aguas abajo del aliviadero y cortar el caudal máximo de descarga (se requiere analizar la ubicación y el tamaño de la presa.)

Propuesta 3: Alzar la altura de la aliviadero 1 o 2 m, del tipo presa seca, y destinar el margen de seguridad para controlar las avenidas (se requiere analizar la estabilidad de la propia presa, humedad y el régimen de descarga del río Chipillico).

Sea cual fuese la propuesta que se adapte, va a ser necesario discutir el tema con todos los actores del reservorio y optar la mejor alternativa para reducir el caudal de avenidas del río Piura.

Como medidas no estructurales se proponen: 1) construir el sistema de monitoreo y registro del nivel de agua del reservorio y del caudal de descarga del aliviadero; y 2) preparar el manual de gestión, operación y mantenimiento (incluyendo las medidas de emergencia en caso de exceso de lluvias, etc.)

f) Rehabilitación del dique destruido

A continuación se resumen las propuestas para la rehabilitación del dique destruido del río Piura.

Localidades de Viduque y Narihuala

El dique ha sido rehabilitado, pero con arena fina que puede producir infiltración de agua y la consecuente

ruptura. Por lo tanto, se propone tomar medidas como las siguientes:

- 1) sustituir el material del dique por un material apropiado;
- 2) revestir la superficie con una capa impermeable;
- 3) ampliar la sección del dique; o
- 4) instalar un dren al pie de talud y reducir el nivel del agua.

Para solucionar este problema se recomienda realizar el análisis de flujo de infiltración del dique y mantener un gradiente hidráulico local de 0.5 o menos para lograr la seguridad.

Por otro lado, es necesario rellenar sin falta el "charco" formado por el agua vertida del dique roto, ya que éste puede acelerar el proceso de filtración del dique.

Adicionalmente, se recomienda crear cobertura vegetal en el talud interior del dique para prevenir la erosión por lluvias.



Fuente: Proyecto Chira-Piura

Figura 13.3.48 Dique destruido en Viduque

Molino Azul (tramo del dique no rehabilitado)

Para la reparación de un tramo roto del dique, se requiere adoptar una serie de precauciones porque éste puede convertirse en un tramo crítico en un futuro. De acuerdo con las normas japonesas "Guía de análisis estructural de los diques de los ríos" establece para un dique afectado por un desastre, adoptar un factor de seguridad 10 % más que de un dique ordinario. Se dice que para que el dique rehabilitado se estabilice, hay que esperar varios años. Por lo tanto, para el diseño de rehabilitación, se recomienda adoptar una sección algo más alta y más grande que otros diques cercanos. De ser posible, se recomienda utilizar el material que contenga material fino entre 15 – 50 %, un factor de coeficiente de permeabilidad de $1.0 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ o menos, considerando que el simple revestimiento del dique de arena existente se destruye fácilmente.

No solo es necesario evacuar el agua estancada en el charco formado en la parte rota del dique, sino que además, se requiere excavar el fondo 1 o 2 metros y eliminar el material ya que el fondo puede haber sido revuelto. Se debe analizar el tipo del material excavado, ya que si es arena acumulada, esta parte puede convertirse en un "curso de agua" en el futuro. De ser imposible eliminar la arena, podría optar por ejecutar la obra de control de infiltración, como por ejemplo, el tablestacado, etc. Los cursos de agua dentro del área fluvial que se conectan al tramo roto del dique deben ser rellenados porque puede conducir el agua de las avenidas.

	
Vista panorámica del tramo del dique destruido en Molino Azul - 1	Sección del dique roto (el dique es poco resistente por ser una estructura recubierta con tierra arcillosa)
	
Vista panorámica del tramo del dique destruido en Molino Azul - 2	Agua estancada en el tramo roto del dique



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.49 Fotos del tramo roto del dique en Molino Azul

Localidad de Chato Chico (curva del río)

En dique en esta zona ha sido destruido en la curva exterior del río. Si bien es cierto que es necesario reparar urgentemente, ésta es una parte que sufre mayor impacto de las aguas del río y existe una alta posibilidad de recurrencia de la ruptura. En particular, la corriente secundaria que se produce al pie de talud de la curva puede excavar la base del dique (defensa ribereña) con riesgo de producir el colapso de la obra. Se considera necesario ejecutar la obra de protección de lecho ya que la mampostería convencional no sería suficiente para proteger el dique. Esta obra podría ser "rocas enjauladas" o espigones para la protección de piso.

Adicionalmente, la actual ruta de aguas está muy cerca de la obra de defensa, y se recomienda alejar el curso principal colocando espigones aguas arriba del tramo curvo.

	
Vista panorámica del tramo roto del dique (exterior de la curva)	Sitio donde se recomienda colocar espigones

Fuente: Fotos del Proyecto Chira-Piura y y del Equipo de Estudio

Figura 13.3.50 Dique destruido en Chato Chico

(3) Río Chira (presa de Poechos)

(a) Identificación de las características y fenómenos de los daños de inundaciones

La presa de Poechos es una presa de múltiple propósitos que sirve para el riego, generación eléctrica, etc. La capacidad efectiva del embalse de diseño de 791 millones de m³, se redujo hasta 396 millones de m³ (50 %) según la medición de 2013 (véase la Figura 13.3.51), debido a la acumulación de sedimentos. Los sedimentos arrastrados provienen de la cuenca alta del río Chira, incluyendo el territorio ecuatoriano.



Fotografía tomada por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.51 Condiciones actuales de la acumulación de sedimentos en la presa del Poechos y del arrastre de sedimentos en la cuenca alta

(b) Necesidades de rehabilitación y reconstrucción de los organismos gubernamentales del Perú

Las autoridades locales ya finalizaron el análisis para solucionar el problema de la acumulación de sedimentos de la presa de Poechos. Dado que la presa había sido diseñada con posibilidad de recrecer 5 metros más que la altura actual, se contempla elevar 3 metros el aliviadero de emergencia para aumentar la capacidad del embalse. Asimismo, se va a construir una compuerta a la presa recrecida para conservar el funcionamiento del aliviadero, la que será operada en caso de emergencia.



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.52 Aliviadero a ser recrecido del reservorio de Poechos (100mx4 = 400 m)

Dentro de este contexto, las autoridades locales solicitaron al Equipo de Estudio formular propuestas de largo plazo para solucionar el problema de la acumulación de sedimentos de la presa.

(c) Desafíos y soluciones sobre las medidas estructurales, no estructurales, institucionales y organizativas

Los métodos más comunes para controlar la acumulación de sedimentos en un embalse son: la eliminación de los sedimentos (a corto plazo), controlar la entrada de los sedimentos construyendo una presa de sedimentos aguas arriba, o derivar los sedimentos para que no entren al embalse (a largo plazo).

En realidad los sedimentos arrastrados no se extienden por todo el embalse de un solo golpe, sino que los sedimentos arrastrados por las avenidas, se acumulan primero en el extremo aguas arriba del embalse, y se van extendiendo con el tiempo; luego, otra cantidad de sedimentos arrastrados por las siguientes avenidas es depositada nuevamente en el extremo aguas arriba del embalse, para ir extendiéndose con el tiempo. Este proceso se repite (véase la Figura 13.3.53). De esta manera la actual acumulación de sedimentos de la presa de Poechos es el resultado de la repetición de este proceso durante aprox. 40 años.

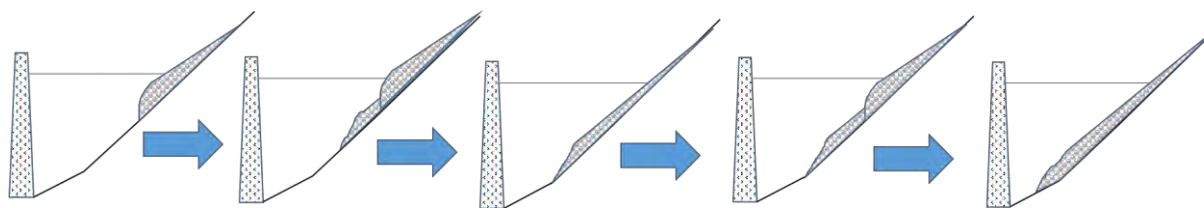


Figura 13.3.53 Esquema conceptual del avance de acumulación de sedimentos en el reservorio

Es más fácil eliminar los sedimentos depositados aguas arriba, que los que se han extendido por todo el embalse.

Si se toma en cuenta este mecanismo de acumulación, la eliminación de los sedimentos depositados en el extremo aguas arriba del embalse viene a ser la tarea primordial.

Como una medida más ambiciosa para prevenir la entrada de los sedimentos al embalse, se hace necesario instalar la presa de sedimentos, etc. Se estima que al año 2013, se acumularon 473 millones de m³ de sedimentos. Si se toma en cuenta que han transcurrido 37 años desde que la presa fue construida, se tiene un promedio de 13 millones de m³ al año. En el caso de instalar la presa de sedimentos, ésta debería ubicarse en el extremo aguas arriba del embalse, para retener eficientemente los materiales arrastrados. El sitio 21 km aproximadamente más arriba de la presa de Poechos puede ser uno de los sitios candidatos. En la siguiente figura se muestra su ubicación. En cuanto al dimensionamiento, la presa de sedimentos tendrá 10 m aprox. de altura, con 700 m aprox. de largo de la corona, con la que se logrará una capacidad de 13 millones de m³ si se toma en cuenta también la topografía local (véase la Figura 13.3.54).

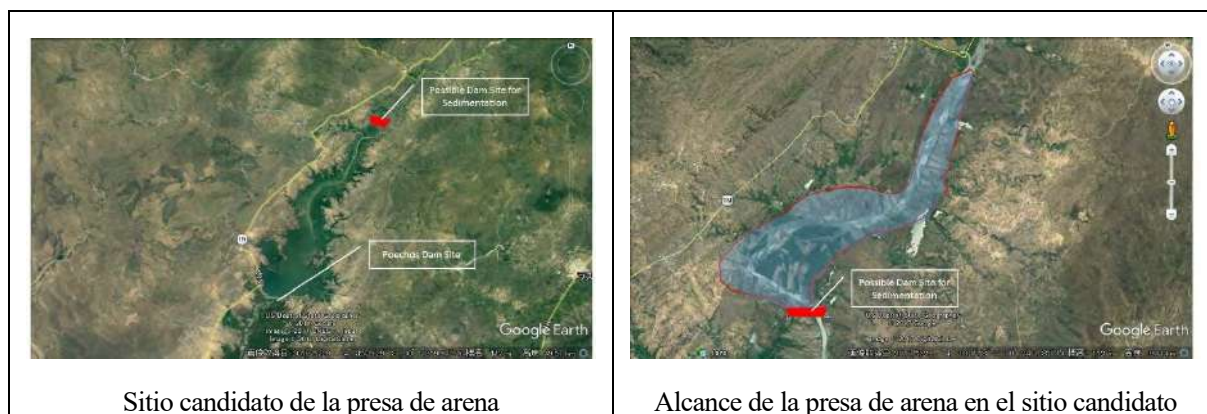


Imagen de Google Earth editada por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.54 Sitio candidato y el alcance de la presa de arena

Para la construcción de la presa de sedimentos es posible aplicar un método que requiera menor cantidad de cemento, a fin de ahorrar el costo de construcción. En Japón, por ejemplo, se aplica el método CGS (grava y arena cementadas o Cemented Gravel and Sand) o el método de estabilización suelos con cemento para el control de sedimentos.

Una vez llenada la presa de sedimentos después de su construcción, se requiere excavar y descargar fuera de la cuenca los materiales retenidos, para poder continuar recibiendo sedimentos.

(4) Ríos Motupe y La Leche

(a) Identificación de las características y fenómenos de los daños de inundaciones

Las últimas inundaciones del río La Leche se produjeron porque el caudal de avenidas de un tramo superó la capacidad hidráulica del río, y el agua desbordada llegó al centro del distrito Íllimo. El agua permaneció aprox. una semana (véase la Figura 13.3.55). Las aguas del río Motupe también se desbordaron desde un tramo donde se rompió el dique, inundando el casco urbano del distrito de Hayanca (véase la Figura 13.3.55). Sin embargo, no ha sido posible cuantificar el caudal de las avenidas de estos dos ríos debido a la falta de estaciones de monitoreo.

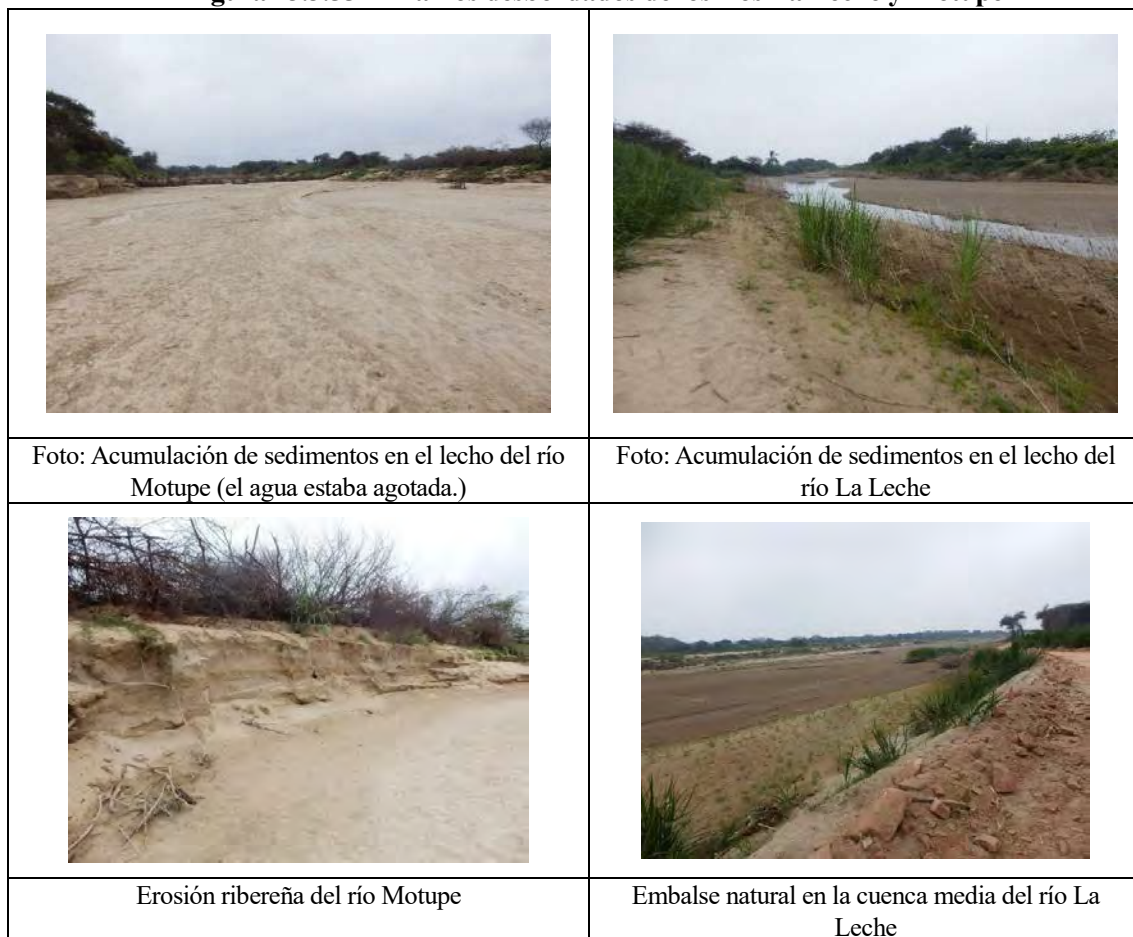
Los daños de las últimas inundaciones se deben a la disminución del cauce por la acumulación de sedimentos, y la consecuente reducción de la capacidad de descarga del río. Si bien es cierto que no ha sido posible obtener los datos cuantitativos que lo confirmen, el Equipo de Estudio durante su visita a la zona inundada y sus alrededores (aguas arriba y abajo), ha visto que los sedimentos cubrían todo el lecho en casi todos los tramos (Figura 13.3.56) de los dos ríos, y que las riberas estaban erosionadas y se había formado embalses naturales. En cuanto a la mecánica del suelo de las márgenes y los materiales del lecho, se distribuye en la zona el suelo arenoso con granulometría fina a mediana, que es fácil de ser erosionado y de acumularse sobre el lecho.

Las autoridades locales contemplan excavar el lecho, pero los materiales excavados son depositados en ambas márgenes del río. Estos materiales pueden servir, temporalmente, de dique. Sin embargo, el golpe de agua producido en las curvas ha acelerado la erosión de las riberas, y los sedimentos vuelven a acumularse

en el lecho, formando un círculo vicioso. Ante esta situación, es necesario buscar una medida para prevenir la acumulación de sedimentos.



Figura 13.3.55 Tramos desbordados de los ríos La Leche y Motupe



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.56 Acumulación de sedimentos y erosión ribereña en los ríos Motupe y La Leche

(b) Necesidades de rehabilitación y reconstrucción de los organismos gubernamentales del Perú

Ya se ha solicitado al Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) rehabilitar el dique destruido por las inundaciones del río Motupe. Además, fue entregada la solicitud al COEN la

descolmatación de los ríos La Leche y Motupe, pero no se ha llegado a definir concretamente los tramos y la cantidad de obras.

(c) Desafíos y soluciones sobre las medidas estructurales, no estructurales, institucionales y organizativas

En la siguiente Tabla se proponen las posibles soluciones según las diferentes causas de inundaciones identificadas tomando en cuenta las necesidades de los organismos gubernamentales del Perú. Los detalles se describen en el siguiente apartado.

Tabla 13.3.20 Políticas básicas (preliminares) del control de inundaciones en la cuenca de los ríos Motupe y La Leche

Desafíos de las medidas contra inundaciones y sedimentos	Necesidades de las medidas contra inundaciones y sedimentos	Posibles medidas
<ul style="list-style-type: none"> • Disminución del cauce y reducción de la capacidad hidráulica debido a la acumulación de sedimentos • Falta de datos cuantitativos para conocer el régimen fluvial. 	<p>Han sido entregadas al Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) la solicitud de rehabilitar el dique destruido del río Motupe y para ejecutar la descolmatación de los ríos La Leche y Motupe, pero no se ha llegado a definir concretamente los tramos y la cantidad de obras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Excavación urgente del cauce (lecho) • Rehabilitación de las obras de defensa ribereña destruidas y control de socavación de la curva exterior del cauce (éste último es efectivo también para reducir la producción de sedimentos a causa de socavación de las riberas.) • Ejecución del estudio de materiales y del movimiento del lecho, y el levantamiento del río y para conocer cuantitativamente la variación del lecho y las condiciones de acumulación de sedimentos. • Después, revisar las posibles medidas contra la acumulación de sedimentos. Concretamente, estas medidas pueden ser: incremento de la fuerza de arrastre del río mediante el recrecimiento del dique, ejecución de la cobertura vegetal en las riberas naturales para prevenir la erosión, construcción del embalse aguas arriba, construcción de la presa de sedimentos, reforestación en la cuenca alta para conservar la zona montañosa, etc. • Como una medida a largo plazo, construir presas en la cuenca alta del río La Leche.

Las medidas de control de inundaciones de los ríos Motupe y La Leche pueden ser de corto plazo (urgente), mediano y largo plazo.

- Medidas de emergencia (a través de las obras de reconstrucción)
 - Excavación del lecho: El puente existente constituye el cuello de botella, ya que no permite recrecer el dique ni ampliar el ancho del río. Por lo tanto, la medida urgente más viable es aumentar la profundidad del lecho sin tocar el ancho del río.
 - Rehabilitación de la defensa ribereña para prevenir la socavación de la curva exterior del cauce: Actualmente se produce la pérdida de los bienes ribereños a causa de la socavación. Esta obra estabiliza el cauce de aguas bajas del río, y contribuye a reducir la producción de sedimentos debido a la socavación de las riberas.
 - Rehabilitación de la defensa ribereña destruida: Es urgente ejecutar esta medida ya que las siguientes avenidas pueden agravar la erosión cambiando el alineamiento del río con posibilidad de causar mayores daños.
- Medidas de control de acumulación de sedimentos a mediano plazo (obras que no pueden ser atendidas)

con el proyecto de reconstrucción post desastre por ser necesario invertir tiempo suficiente para la planificación y ejecución)

- Ejecutar el estudio de materiales y del movimiento del lecho, y el levantamiento del río y para conocer cuantitativamente la variación del lecho y las condiciones de acumulación de sedimentos.
- Seleccionar los tramos críticos de socavación y acumulación de sedimentos a través del análisis de variación del lecho realizando el levantamiento periódico del lecho (una vez al año) y validar los resultados del análisis. Realizar también el levantamiento completo del cauce para conocer el volumen de sedimentos acumulados en todo el río.
- Calibrar el modelo de variación del lecho con los datos básicos acumulados sobre la acumulación de sedimentos, y seleccionar las medidas apropiadas. Concretamente, estas medidas pueden ser: creación de la cobertura vegetal en las riberas naturales para prevenir la erosión, construcción del embalse aguas arriba (que implica excavar y transportar periódicamente los sedimentos); construcción de la presa de sedimentos, reforestación en la cuenca alta para conservar la zona montañosa, etc.



Fuente: http://k-keikaku.or.jp/xc/modules/pc_ktech/index.php?content_id=2252
<http://www.hrr.mlit.go.jp/yuzawa/bousai/info/ccvt.html#>

Figura 13.3.57 Ejemplos de embalses del Japón construido en la cuenca alta

Control de sedimentos a nivel local y a nivel de cuenca hidrográfica

Frente al control de sedimentos a nivel local, las acciones antes mencionadas consisten en regular la producción y el arrastre de sedimentos en forma integral para toda la cuenca en su conjunto. Se requiere estimar los siguientes volúmenes de sedimentos para toda la cuenca, en un futuro próximo.

- Volumen de sedimentos de las laderas y lechos que puede entrar al río o quebrada. (volumen de producción de sedimentos de diseño)
- Volumen de sedimentos que será arrastrado aguas abajo (volumen de descarga de sedimentos de diseño)
- Volumen que se permite o que se debe descargar aguas abajo para la conservación de la cuenca baja o las playas (volumen tolerable de descarga de sedimentos de diseño)

Utilizando los tres datos mencionados, se calculará la diferencia entre el volumen de descarga de diseño y el volumen de descarga tolerable de diseño (= volumen de excedencia de diseño). Luego, se debe reducir esta última variable, mediante la ejecución de las medidas de control como la construcción y disposición de las presas de retención y arbolización de las laderas.

No va a ser posible poner en práctica estas medidas en el período de reconstrucción post desastre. Este período debe ser destinado básicamente a la ejecución de las medidas urgentes, al estudio de sedimentos de la cuenca y a la elaboración del plan de control.

➤ Medidas de inundación a largo plazo

De acuerdo con la información de la Oficina del Proyecto Especial Olmos Tinajones (administrado por el gobierno regional), actualmente existe un plan a largo plazo de construir las presas indicadas en la Figura 13.3.58 en la cuenca alta de La Leche.



Figura 13.3.58 Plan de construcción de la presa en la cuenca alta del río La Leche de la Oficina del Proyecto Especial de Olmos - Tinajones

Este conjunto de presas han sido concebidas para el suministro de agua potable, pero se les deja la posibilidad de incorporar la función de retención de sedimentos a las dos presas de la cuenca alta, Laquipampa y Yavis, y la función de control de avenidas a la presa de calzada en la cuenca media. Una vez construidas las presas, se reduciría sustancialmente la carga del caudal de avenidas desde la confluencia de los ríos La Leche y Motupe hasta la cuenca baja. Adicionalmente, dado que las presas tendrán un fuerte efecto de retención de sedimentos, contribuye a reducir la magnitud de las obras de control de sedimentos en el plan de mediano plazo.

Las presas construidas en el norte del Perú, por lo general son para fines de riego (agrícola) y de generación eléctrica, y no están diseñadas para controlar las inundaciones. Según la información obtenida, estas presas "pueden ser utilizadas también para el control de inundaciones", pero en realidad están casi permanentemente llenas para satisfacer la demanda agrícola, y su función como regulador del caudal de avenidas en realidad es limitada. Por lo tanto, en la elaboración del futuro plan de control de inundaciones, se recomienda incorporar ambiciosamente la función de regulador de caudal, además de las utilidades agrícolas. En cuanto a la estimación del volumen de acumulación de sedimentos de diseño, se considera necesario tomar en cuenta el

régimen actual, y asegurar la capacidad inefectiva de cada presa manteniendo un margen de seguridad y equipar a las presas del sistema de desarenado.

(5) Ríos Chancay-Lambayeque

(a) Identificación de las características y fenómenos de los daños de inundaciones

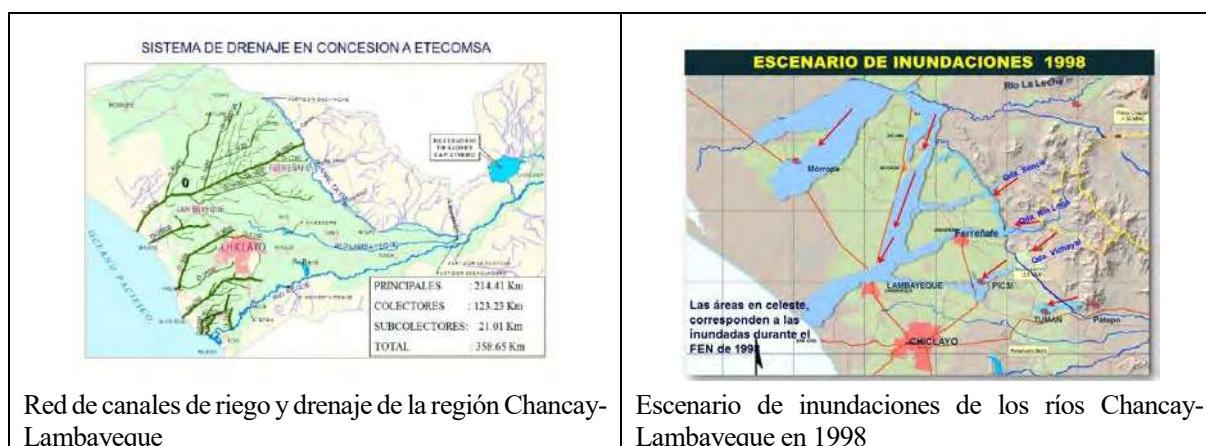
a) Inundaciones del área urbana

El sistema de suministro de agua de riego en esta región consiste en tomar el agua del río Chancay, almacenarla en el reservorio de Tinajones y suministrar a las ciudades de Chiclayo, Ferreñafe y Lambayeque a través de la bocatoma de La Puntilla y el canal de Taymi (véase la Figura 13.3.59).

El agua de riego finalmente es descargada al mar a través de los canales de drenaje denominados Dren 1000, Dren 2000, Dren 3000, etc. Estos drenes son construidos y mantenidos por el Proyecto Especial Olmos Tinajones (PEOT) bajo el control del Gobierno Regional de Lambayeque.

Dentro de la ciudad de Lambayeque, la red de drenes del agua de riego del canal Taymi se extiende en forma de abanico, cuyo clavillo está en el suburbio de la ciudad de Lambayeque (véase la Figura 13.3.59).

En los eventos de inundación, el efluente de las tres quebradas que corren a lo largo del canal de Taymi entra o pasa por encima de éste dejando inundados los distritos de Ferreñafe o Picsi y de aquí es conducida finalmente a las afueras de la ciudad de Lambayeque a través de la red de drenes. También llegan a Lambayeque el agua desbordada de la margen izquierda del río La Leche así como las aguas de lluvia a través de los drenes (véase la Figura 13.3.59). En el evento de febrero de 2017 las inundaciones se detuvieron en las afueras de Lambayeque. Sin embargo, en los eventos de 1998, 1995 y de 1983, el agua llegó a inundar también el área urbana.



Fuente: Proyecto Especial Olmos - Tinajones

Figura 13.3.59 Red de canales de riego y drenaje de la región Chancay-Lambayeque y escenario de inundaciones de 1998

Por otro lado, las ciudades de Lambayeque y Chiclayo no cuentan con un sistema de drenaje, y las aguas de lluvia no son evacuadas oportunamente. El desarrollo urbano incontrolado no solo ha aumentado la descarga de las lluvias al convertir las tierras de cultivo en lotes residenciales, y algunos canales de drenaje

han perdido su función sin ser rehabilitados. Concretamente, las inundaciones que azotaron el norte de la ciudad de Chiclayo y que permanecieron durante tres semanas se deben en parte por haber rellenado el Dren3000 para utilizar como camino.

En el caso de la Ciudad de Chiclayo, el Dren3000 que pasa en las afueras de la ciudad, y los canales de drenaje agrícola que atraviesan la ciudad habían servido de canales de drenaje de aguas pluviales de la ciudad que crecen año a año. Esta función de los canales de drenaje se ha visto afectada por múltiples factores asociados con el desarrollo y crecimiento acelerado de la ciudad en los últimos años. La capacidad de los drenes diseñados para fines agrícolas no es suficiente para drenar todo el agua de la zona, además que parte de su función se ha visto considerablemente deteriorada, razón por la cual las inundaciones provocadas por el mal drenaje permanecen un tiempo prolongado casi todos los años. En la Figura 13.3.60 se muestran algunos de estos ejemplos.



Nota: *1: El sistema de alcantarillado es administrado por la Programa Nacional de Saneamiento Rural

Figura 13.3.60 Ejemplos de la reducción de la capacidad de la red de riego y drenaje y de mal mantenimiento

b) Desbordamiento del agua de la quebrada al canal de Taymi

El canal de Taymi se ubica en un lugar que favorece la entrada del agua con sedimentos de las quebradas cercanas hacia el canal cuando ocurren las avenidas. Se construyeron dos obras para afrontar esta situación. La primera es el sifón que conduce las avenidas de las quebradas por debajo del canal. La otra es una estructura que consiste en conducir las avenidas al canal y de aquí a otro canal perpendicular al primero. La primera ha quedado fuera de uso por haber sido rellenado el sifón con sedimentos. La segunda está funcionando adecuadamente por ser una quebrada con reducida producción de sedimentos.

En todo caso, las dos obras mencionadas están provocando la inundación en los distritos Ferreñafe y Picsi con el agua proveniente de las quebradas y que pasan por encima del canal de Taymi.

	
<p>Entrada de agua de la quebrada en la estructura de sifón</p>	<p>Daños en la entrada de agua de la quebrada río Loco</p>
	
<p>Entrada del agua de la quebrada desde las compuertas basculantes (flap gate)</p>	<p>Estructura de desbordamiento a la izquierda de la foto</p>

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.61 Ejemplos de las medidas contra el desbordamiento del agua de la quebrada hacia la red de canales de riego y drenaje

(b) Necesidades de rehabilitación y reconstrucción de los organismos gubernamentales del Perú

La Oficina del PEOT está solicitando al Gobierno Regional de Lambayeque el presupuesto para reforzar la capacidad de los drenes.

El gobierno regional de Lambayeque ha suscrito el contrato de elaboración del Plan Integral de Manejo de Recursos Hídricos y Control de Inundaciones con Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research (CISPDR) el 11 de julio de 2017. En la Figura 13.3.62 se presenta el artículo de prensa al respecto.



(Extracto del artículo)

El gobierno regional de Lambayeque y el Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research (CISPDR) de la República Popular China firmaron un convenio marco de cooperación para la elaboración de un Plan Integral de Manejo de Recursos Hídricos y Control de Inundaciones. El representante de Changjiang Institute, Zhong Zhiyu, precisó que el objetivo de dicho acuerdo es cooperar en la planificación y gestión de control de inundaciones y recursos hídricos de Lambayeque a fin de evitar muertes y pérdidas de las propiedades privadas a consecuencia de eventos como el fenómeno de El Niño Costero y ofrecer el soporte técnico para el desarrollo sostenible de Lambayeque.

Fuente: Página web del gobierno regional de Lambayeque (<http://www.regionlambayeque.gob.pe/web/noticia/detalle/22935?pass=Mg==>)

Figura 13.3.62 Artículo de la prensa sobre el proyecto de cooperación china para el control de inundaciones en el departamento de Lambayeque

(c) Desafíos y soluciones sobre las medidas estructurales, no estructurales, institucionales y organizativas

En la siguiente Tabla se proponen las posibles soluciones según las diferentes causas de inundaciones identificadas tomando en cuenta las necesidades de los organismos gubernamentales del Perú. Los detalles se describen en el siguiente apartado.

Tabla 13.3.21 Políticas básicas (preliminares) del control de inundaciones en Chiclayo y Lambayeque

Desafíos de las medidas contra inundaciones y sedimentos	Necesidades de las medidas contra inundaciones y sedimentos	Posibles medidas
<ul style="list-style-type: none"> • Construcción del sistema de drenaje urbano en brevedad y elaboración del Plan Maestro del Sistema de Drenaje Urbano • Creación de un organismo coordinador para lograr la coherencia entre los planes de los diferentes sectores • Inspección, operación y mantenimiento para mantener las funciones inherentes de los canales de drenaje existentes • Reconstrucción de las secciones inadecuadas que estorban la capacidad hidráulica 	<p>La Oficina del Proyecto Especial Olmos –Tinajones está solicitando al gobierno regional de Lambayeque el presupuesto para reforzar la capacidad de los drenes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración del plan de drenaje urbano y agrícola • Mejoramiento de los canales de drenaje existentes (concretamente, revestir con hormigón los canales de tierra al igual que los canales de riego, para mejorar el coeficiente de rugosidad de los canales, prevenir la vegetación densa y reducir los sedimentos de los canales (basuras y sedimentos) mediante el aumento de velocidad de flujo).

a) Control de inundaciones de las ciudades

Tanto la ciudad de Chiclayo como Lambayeque afrontan la necesidad de construir en brevedad un sistema de drenaje urbano.

En particular, en el caso de la ciudad de Chiclayo, el drenaje urbano se realiza actualmente con el sistema

de drenaje agrícola y no cuenta con el sistema de drenaje urbano propiamente dicho. Por lo tanto, el primer paso constituye en la elaboración de un plan maestro de dicho sistema.

El plan de drenaje urbano debe ser coherente con la disposición de los canales de riego existentes, y otras infraestructuras como son los caminos, alcantarillado, etc. ya construidas o por ser construidas en el futuro. Por lo tanto, a fin de lograr la coherencia, se requiere crear primero un organismo coordinador intersectorial.

Sin embargo, tanto el Proyecto Especial como la Empresa Nacional de Saneamiento Rural no están tomando iniciativa para resolver el problema del drenaje urbano. Lo ideal sería que el CRHC asuma la función de coordinador para todas las cuestiones de los recursos hídricos de la cuenca. Sin embargo, todavía no ha sido conformado el CRHC en esta región, y por ende, no hay un ente que asuma esta responsabilidad. Por consiguiente, el segundo paso es reforzar la capacidad coordinadora de la ANA y de futuro CRHC en el tema de agua urbana.

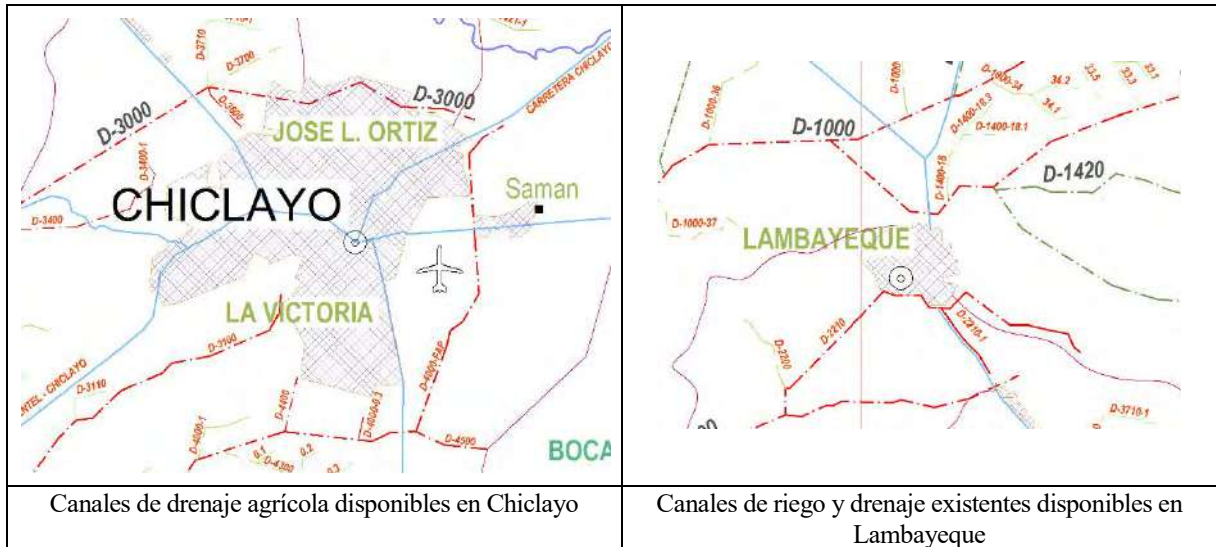
No sería adecuado abordar las dos tareas mencionadas en forma aislada, sino que se recomienda que tanto Chiclayo como Lambayeque emprendan la primera tarea, que es la elaboración del Plan Maestro para la construcción del sistema de drenaje urbano, y luego, la segunda tarea que es la solución de los problemas institucionales.

Normalmente, un sistema de drenaje urbano está constituido por los siguientes elementos:

- Interceptor de la entrada de agua superficial desde afueras, que se construye en el perímetro del área urbana.
- Canales principales y laterales de drenaje para descargar el agua hacia fuera del área urbana.
- Sistema de bombeo para algunos tramos específicos.

En el caso de Chiclayo, los Drenes 3000 y 4000 pueden servir en parte la función de interceptor. Asimismo, los canales laterales de drenaje agrícola también pueden ser utilizados como canales de drenaje urbano.

En el caso de la ciudad de Lambayeque, los Drenes 1000, 1400 y 2000 pueden servir de interceptores, y los demás canales también pueden ser utilizados. Sin embargo, el plan de ampliación de la capacidad del Dren 1000 que actualmente está revisando el Proyecto Especial Olmos - Tinajones contempla aumentar el caudal de avenidas que entra a la ciudad, debiendo por lo tanto realizar las coordinaciones necesarias con los planes de drenaje urbano y de drenaje agrícola.



Fuente: Datos del Proyecto Especial Olmos Tinajones, procesados parcialmente por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.63 Canales de riego y drenaje existentes aprovechables para el drenaje de agua de Chiclayo

En el caso de utilizar los canales de drenaje agrícola existentes, va a ser necesario eliminar las estructuras que cruzan los canales y que interceptan el flujo de agua. El caudal de diseño de estos canales es reducido por ser canales de drenaje agrícola. Por esta razón, la presencia de algunas estructuras de cruce no afectaba la capacidad de descarga aun cuando se producía el remanso. Sin embargo, en el caso de utilizar estos canales también para evacuar el agua de inundaciones, incluyendo el drenaje urbano, es más que probable que se produzca el desbordamiento aguas arriba de los cruces, acumulación de los objetos arrastrados (basuras, troncos, etc.), así como la reducción de la sección hidráulica. Va a ser necesario, por lo tanto, realizar la inspección de los canales de drenaje existentes y eliminar los obstáculos. Asimismo, puede ser necesario reconstruir el alcantarillado de cajón que cruza el camino, ya que la sección actual es inferior a la sección del río aguas arriba y abajo.





Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.64 Obstáculos que cruzan el canal de drenaje existente y la alcantarilla que cruza el camino

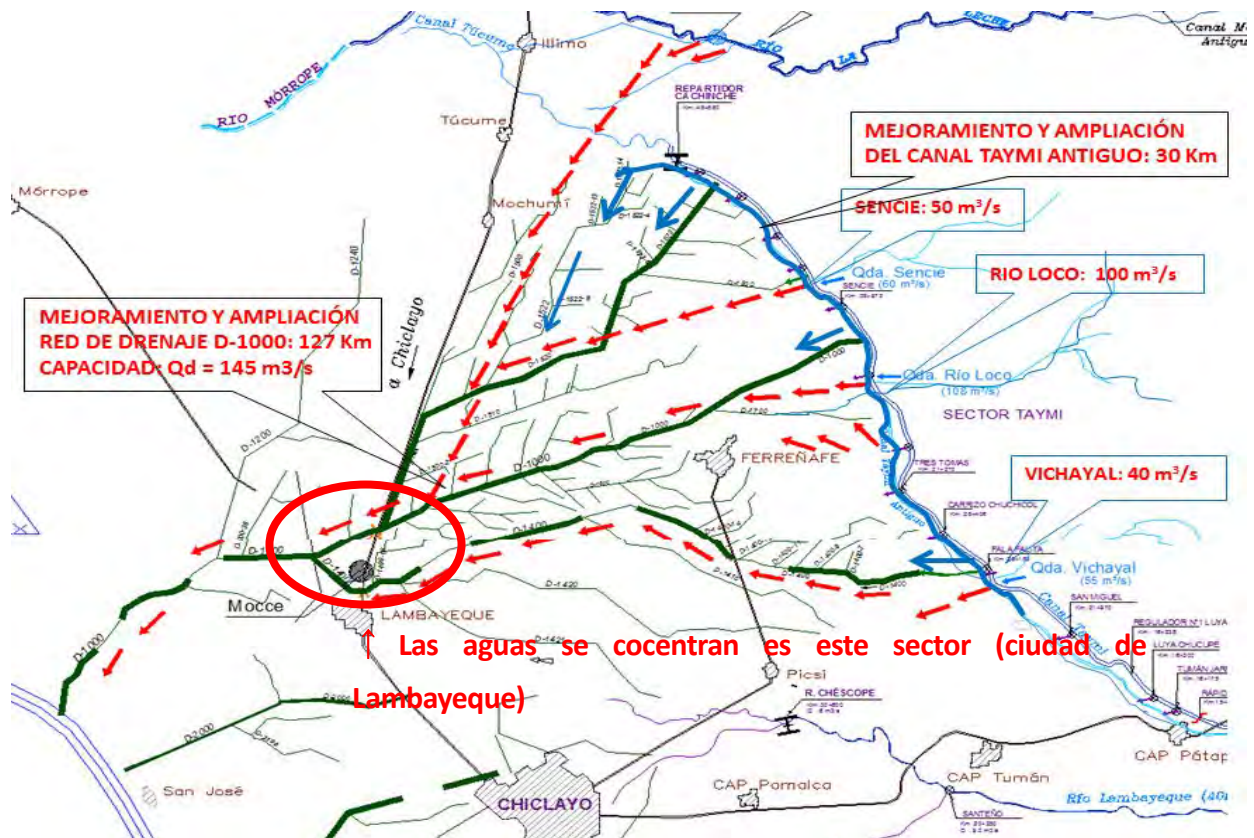
En el caso de elaborar el plan de drenaje agrícola + urbano, puede ser necesario aumentar la capacidad de descarga. En este caso, la medida concreta sería revestir con hormigón los canales de tierra al igual que los canales de riego, para mejorar el coeficiente de rugosidad de los canales, prevenir la vegetación densa y reducir los sedimentos de los canales (basuras y sedimentos) mediante el aumento de velocidad de flujo.



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.65 Mejoramiento del canal de riego existente mediante el revestimiento con hormigón

En cuanto a los distritos Ferreñafe y Picsi, el aumento de la capacidad de los Drenes 1000 y 1400 que actualmente está programando el Proyecto Especial Olmos - Tinajones tendrá un determinado impacto positivo. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los dos distritos mencionados se ubican aguas arriba de la ciudad de Lambayeque. El control de inundaciones en la cuenca alta se traduce en el aumento de caudal de inundaciones en la cuenca baja, en este caso, la ciudad de Lambayeque. Por lo tanto, se requiere pensar en un control integral de inundaciones fundamentado en el cálculo hidráulico racional.



Fuente: Proyecto Especial Olmos Tinajones

Figura 13.3.66 Plan de mejoramiento del canal de drenaje existente aguas arriba de la ciudad de Lambayeque por el Proyecto Especial Olmos - Tinajones

b) Desbordamiento del agua de las quebradas al canal de Taymi

Para pensar en el control de inundaciones de las quebradas que producen gran cantidad de sedimentos (Sencie y río Loco), es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos.

- Diseñar una estructura que favorezca el arrastre aguas abajo y no retenga los sedimentos, o que tenga una sección que facilite remover los sedimentos acumulados.
- Sin embargo, no es pertinente adoptar un sistema como la de la quebrada Vichayal que descargue el agua al Canal de Taymi, porque en el caso de las quebradas Sencie o río Loco pueden rellenar el canal con sus sedimentos.

En Japón las estructuras son diseñadas recién después de realizar el ensayo con las maquetas hidráulicas. Considerando que va a ser difícil reconstruir en brevedad las obras ya construidas, se recomienda que para la construcción de nuevas obras o reconstrucción de las obras obsoletas, se diseñen las estructuras de control de inundación después de realizar los ensayos con maqueta hidráulica del arrastre de sedimentos.

- Se requiere diseñar la estructura del muro del canal del lado de la quebrada, tomando en cuenta la presión de agua de la quebrada.

En la Figura 13.3.67 siguiente, se presenta un ejemplo de la presa vertedero de un embalse diseñado para soportar la presión de agua, con base en el análisis del flujo de infiltración. Esta presa está dotada del respiradero y tubo de drenaje para soportar el alza del nivel y la presión de agua en el interior de la presa vertedero.

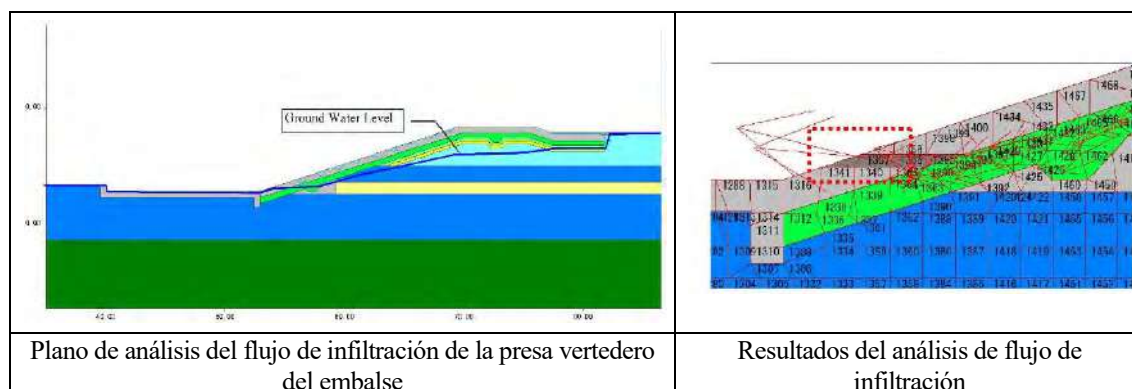


Figura 13.3.67 Ejemplo del análisis del flujo de infiltración de la presa vertedero del embalse (análisis del espesor de revestimiento en base a la presión de agua)

13.3.3 Evaluación de los huaicos ocurridos entre enero y marzo de 2017 y las políticas de las futuras medidas

El Equipo de Estudio llevó a cabo el estudio en campo de los ríos que avenan la ciudad de Trujillo, el río Cuculicote, río Rímac, enfocándose principalmente a los deslizamientos y huaycos asociados con las inundaciones. Los daños directos ocurridos por el derrumbe y deslizamientos han sido descartados porque no han sido marcados en el Área del Estudio.

(1) Características de los deslizamientos y huaycos en la Costa

Los ríos que avenan la ciudad de Trujillo y los ríos Cuculicote y Rímac se ubican en la Costa. Esta región se caracteriza por la reducida precipitación y marcada diferencia entre las épocas de lluvias y seca. Las quebradas que nacen en las sierras, y no en la Cordillera de Los Andes, son ríos intermitentes o perdidos (sin salida) aun cuando su cuenca sea grande. Por ser ríos intermitentes, los cursos son inestables, especialmente en las llanuras, y se distinguen difícilmente en estado natural.

El principal basamento de la cuenca estudiada está constituido por los granitos con avanzado grado de meteorización por falta de cobertura vegetal, y severas condiciones con alternación de estaciones seca y lluviosa, convirtiéndose en el productor de sedimentos y guijarros.



A estos factores naturales se suman los factores sociales: se distribuyen las áreas urbanas y tierras de cultivo a la salida del valle y constituye la intersección de importante red vial. De este modo, los huaycos y el arrastre de sedimentos provocados por las inundaciones en la época de lluvias producen grandes daños en la zona.

Los deslizamientos y huaycos pueden clasificarse según las condiciones topográficas en: 1) erosión y

desbordamiento provocados por el huaycos y deslizamientos en el pie de las sierras y 2) desbordamiento con arrastre de sedimentos en la llanura.

En el pie de las sierras el agua con sedimentos forman el fluido muy denso y energético que en su curso va destruyendo las estructuras cercanas al río. La erosión ribereña y la acumulación acelerada de los depósitos en la cuenca provocan el desbordamiento del agua. Chosica es la ciudad que se expone a esta situación.

Los llanos son propensos al desborde e inundaciones debido a los sedimentos que se depositan cuando los ríos pierden la fuerza de arrastre. Los cursos no definidos y la falta de sección constituyen también las causas del desbordamiento. Corresponden a este caso los ríos de la ciudad de Trujillo, el río Cuculicote y el río Huayacololo, afluente del Rímac.

	
<p>Foto: Granito meteorizado del basamento (quebrada Cuculicote). Es posible raspar con martillo.</p>	<p>Foto: La ladera está recubierta con guijarros de granito que son el núcleo de las rocas meteorizadas en capas de cebolla (quebrada Las Cruces).</p>
	
<p>Foto: Punto inicial de la erosión. Las montañas carecen de cobertura vegetal, y son avenadas por la corriente de agua. Los depósitos sedimentarios al pie están erosionados (quebrada Cuba)</p>	<p>Foto: Área anegable de la tierra baja. Se extiende la tierra plana y es difícil distinguir el curso de agua en estado natural (quebrada León).</p>

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

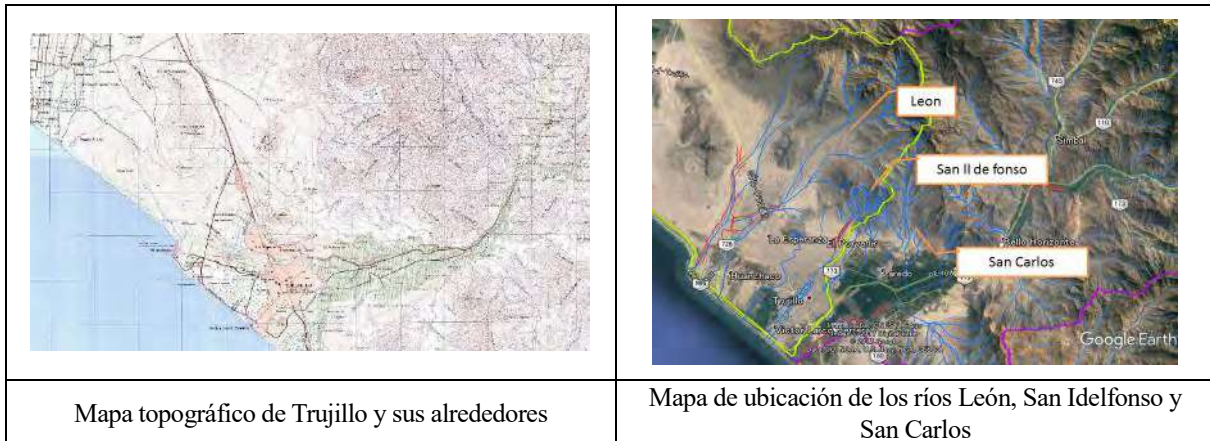
Figura 13.3.68 Características de las quebradas en la Costa

(2) Ríos de Trujillo (León, San Idelfonso y San Carlos)

(a) Identificación de las características y fenómenos de los daños de deslizamientos y huaycos

c) Topografía y naturaleza

En la Figura 13.3.69 se presenta el mapa topográfico de esta zona, así como el alineamiento horizontal de los ríos León, San Idelfonso y San Carlos que produjeron deslizamiento en 2017 en la ciudad de Trujillo.



Fuente: ALA

Figura 13.3.69 Topografía y las principales quebradas de Trujillo

El basamento de esta región está constituido por el granito cubierto extensamente por la capa de grava y arena (lecho de las quebradas, etc.). Si se toma en cuenta que las quebradas están muy erosionadas, se deduce que los sedimentos arrastrados durante el desastre se deben al movimiento secundario de los sedimentos acumulados en las quebradas.



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.70 Basamento y el estrato superficial de gravas y arena de y la producción de sedimentos

d) Condiciones sociales

Se observaron las viviendas construidas legal o ilegalmente en los sitios de alto riesgo, como por ejemplo a la salida de los valles de las tres quebradas que avenan la ciudad de Trujillo. De esta manera, muchos de los pobladores habitan en las zonas vulnerables ante el riesgo de deslizamiento. Como se muestra en la Figura 13.3.71, la mayoría de las quebradas se perdieron o se desaparecieron por el efecto de la urbanización.



Foto: Final del flujo de la quebrada. San Idelfonso. Tomada desde la línea costera mirando aguas arriba. Se reduce levemente la elevación al fondo (aguas arriba). La quebrada se desaparece en el área urbana de Trujillo y no se observa ningún trazo del río en la línea costera.



Foto: Final del flujo de la quebrada León (a la izquierda). Tomada desde la línea costera mirando aguas arriba. Existen parapetos en ambas riberas, aunque no se visualizan en la Foto por estar detrás del terraplén (a la derecha). Tomada mirando la línea costera. El revestimiento pétreo del primer plano corresponde al curso de agua, el cual se encuentra a la misma altura de la calzada.

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.71 Final del flujo de la quebrada. San Idelfonso y de la quebrada. León

e) Daños

La zona fue azotada por siete eventos de inundación en 2017. Una de las causas que agravaron los daños fue la ruptura del dique de tierra por el primer evento. Este dique cruza la quebrada y ha sido construido en 1998 por el gobierno regional para permitir el cruce de los habitantes locales por la quebrada San Idelfonso y para mitigar los daños de inundaciones.

Las avenidas que nacen en la cuenca alta discurren por el cauce que llega hasta la salida del valle. Luego las aguas bajaron por la Av. Miraflores que pasa por el centro de la ciudad, que fue construido sobre el antiguo cauce, dejando inundadas numerosas viviendas y tiendas.

Esta misma situación se produjo con otras dos quebradas (León y San Carlos), pero el daño más grande se produjo con las inundaciones de San Idelfonso que discurrieron por el centro de la Ciudad.

Las autoridades de Trujillo sostuvieron que la Ciudad ha sido azotada por las inundaciones y deslizamientos también en 1982 y en 1998, pero la magnitud de los daños de las últimas inundaciones ha sido mucho mayor que las dos precedentes. De acuerdo con la ALA, en los dos eventos precedentes, la precipitación ocurrió en la cuenca alta, mientras que en el último evento, el exceso de lluvias ocurrió cerca de la ciudad de Trujillo, a elevaciones relativamente menores, y que esto ha sido una de las causas que agravaron los daños (véase el apartado 13.3.1.).



Foto: La huella de la pared que dejaron las inundaciones llega a la altura de una persona.

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.72 Huella de las inundaciones del distrito La Esperanza

(b) Necesidades de rehabilitación y reconstrucción de los organismos gubernamentales del Perú

El gobierno municipal de Trujillo ya terminó de eliminar los sedimentos acumulados en el área urbana, pero las autoridades están preocupadas por la recurrencia de similares inundaciones. El gobierno municipal de Trujillo ha solicitado a la ALA elaborar la propuesta básica de las medidas contra las inundaciones de las tres quebradas, y solicitar al COEN la ejecución de las medidas contra las futuras inundaciones y deslizamientos incluidas en la propuesta básica mencionada.

Por otro lado, la ALA ha captado los datos topográficos básicos y ha realizado el levantamiento de los tramos restantes, y ya ha ejecutado la modelación de inundaciones aplicando HEC-HMS y HEC-RAS. Estos datos han sido transferidos al gobierno municipal de Trujillo recomendando respetar en lo posible la sección transversal del cauce de las quebradas.

Adicionalmente, ANA, a solicitud del gobierno municipal de Trujillo y de la ALA, ha iniciado el estudio de las medidas radicales contra las inundaciones y deslizamientos de las tres quebradas. En lo que respecta a la quebrada San Idelfonso, la ANA recomienda construir un nuevo canal de desviación para no dejar fluir el agua en la Ciudad.



Fuente: Elaborada por el Equipo de Estudio en base a la imagen de Google Earth

Figura 13.3.73 Propuesta de ANA sobre el canal de desviación de San Idelfonso

(c) Desafíos y soluciones sobre las medidas estructurales, no estructurales, institucionales y organizativas

a) Desafíos de las medidas contra deslizamientos y huaycos, y las políticas de sus medidas

En la Tabla 13.3.22 se resumen los desafíos de la planificación de las medidas contra deslizamientos y la propuesta de políticas de solución.

Tabla 13.3.22 Desafíos de la planificación de las medidas contra huaicos en la ciudad de Trujillo y las políticas de sus medidas (propuesta)

Temas	Desafíos	Políticas de solución
Planificación	No se han definido las especificaciones ni los criterios básicos del plan, como por ejemplo, las dimensiones de las obras, puntos de control, las áreas de conservación, volumen de sedimentos de diseño, etc.	<ul style="list-style-type: none"> ● Definir las especificaciones y los criterios básicos del plan en base a los datos del historial de desastres, estudio en campo, etc. ● Se requiere elaborar las normas que indiquen el método de estudio. ● Actualmente se tienen solamente los datos numéricos de los daños de desastres, no así los registros detallados del alcance de desbordamiento y el régimen de descarga (nivel del agua de avenidas, profundidad inundada, profundidad de sedimentos acumulados. Se requiere construir un sistema para captar, centrar y procesar estos datos de desastres. ● Identificar el proceso y espacios de erosión, transporte y depósito de sedimentos. ● Identificar la relación entre la topografía de acumulación de sedimentos precedente y el movimiento de los sedimentos en los últimos años. ● Ejecutar el estudio del volumen de sedimentos.
	Falta de las normas sobre la disposición y diseño de las obras. Las obras de control son vulnerables.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere elaborar las normas sobre la definición de los criterios y el concepto de diseño. <p>(Se recomienda, como el primer paso, construir no un simulacro numérico de alta complejidad, sino una metodología que permita a los ingenieros realizar el cálculo manual.)</p>
Disposición de las obras	No existen actualmente las obras de retención de sedimentos en las cuencas de las quebradas. Las quebradas son anchas, y se requieren de obras grandes. La definición de la disposición de las mismas es también un tema complejo.	<p>Reducir el tamaño de las obras</p> <ul style="list-style-type: none"> ● controlando la dirección del flujo con el dique longitudinal. <p>Controlar el movimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> ● mediante la creación de franja vegetal.

Temas	Desafíos	Políticas de solución
	Actualmente, la ANA está elaborando un nuevo plan de curso de agua de las quebradas en busca de una solución cabal de los deslizamientos y huaycos.	<p>Dado que el canal de desviación cruza con varias quebradas,</p> <ul style="list-style-type: none"> ● se requiere también controlar el arrastre de los sedimentos de estas quebradas. <p>Eliminar los sedimentos y dejar discurrir solamente el agua limpia, mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● la estabilización de los cruces con el dique longitudinal; y ● la retención de sedimentos mediante la presa de sedimentos. <p>A largo plazo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● controlar el movimiento de sedimentos mediante la creación de la franja vegetal
Ejecución de obras	<p>Las obras de control de sedimentos, por lo general, son ejecutadas por el respectivo gobierno local, por lo que su tamaño y calidad son limitados.</p> <p>Por lo general, son pequeñas estructuras ejecutables con la fuerza humana.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Intensificación de los métodos de ejecución mecanizado con el uso de la grúa <i>rough-terrain</i>, etc. <p>En el Japón, se utilizan las maquinarias pesadas similares para las obras de los ríos, pero en las quebradas, la ejecución es básicamente manual. Considerando que son pocos los sitios que tienen una planta de hormigón mixto en la cercanía,</p> <ul style="list-style-type: none"> ● se considera pertinente utilizar los miembros de hormigón prefabricado (presa de bloques, etc.) y el suelo – cemento. <p>En todo caso,</p> <ul style="list-style-type: none"> ● el uso del camión grúa resulta útil para la ejecución de grandes obras. <p>Va a ser difícil adoptar los criterios únicos y coherentes si se ejecutan las obras a nivel municipal, debiendo</p> <ul style="list-style-type: none"> ● transferir la función coordinadora de las obras al gobierno regional, <p>Otra alternativa sería</p> <ul style="list-style-type: none"> ● construir un sistema de evaluación del diseño por un organismo superior. <p>(En Japón, las obras de control de sedimentos son ejecutadas por el gobierno prefectural. Sin embargo, el plan y el diseño son evaluados por el Ministerio de Tierras, Infraestructura, Transporte y Turismo que es un organismo de nivel superior.</p>
Medidas no estructurales	<p>Son pocos los tramos mejorados: las quebradas se desaparecen en su extremo final o sus márgenes no están protegidas.</p> <p>Es difícil ejecutar el encauzamiento por la presencia de viviendas y caminos importantes que cruzan.</p>	<p>Para las pequeñas quebradas, se requiere analizar la pertinencia de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Regular el volumen de sedimentos aguas arriba, y hacer fluir el agua poco densa sobre los caminos. <p>Existen algunos tramos en que se debe adoptar una medida correctiva, como por ejemplo, proteger las viviendas instalando parapetos en las aceras.</p> <p>De otro modo, la solución ideal sería:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Promover el desplazamiento forzado basándose en instrumentos legales. <p>En todo caso, esta medida requiere un prolongado tiempo para concretar.</p> <p>Se debe analizar la posibilidad de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● elaborar el plan de control mediante la construcción de la presa de sedimentos o del dique longitudinal, <p>si existen espacios adecuados en la cuenca más alta.</p> <p>Es necesario tener en cuenta que un diseño realizado sin fundamentarse en los datos precisos del volumen de sedimentos, etc. puede agravar los daños cuando ocurre una fuerza externa excedente.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● También es necesario aplicar ambiciosamente las medidas no estructurales como por ejemplo, informar a los residentes locales los sitios de alto riesgo, ● construcción del sistema de comunicación y de evacuación, etc.
	En la definición del alcance de protección, existen numerosas zonas "grises" ocupadas por las viviendas ilegales.	<ul style="list-style-type: none"> ● Desarrollo de instrumentos legales y construcción de un sistema de cumplimiento <p>En cuanto a la creación de áreas restringidas, también es necesario estudiar la posibilidad de crear las áreas designadas para el control de erosión, bosques de protección, áreas de alto riesgo de deslizamiento, etc. y de aplicar incentivos fiscales como se hace en Japón.</p> <p>El primer paso es definir las políticas sobre la adquisición o expropiación de tierras (privadas y públicas) necesarias para la ejecución de medidas de control de inundaciones y deslizamientos, acordes con la realidad peruana.</p>

b) Propuesta del plan de disposición de las infraestructuras

En la siguiente Figura 13.3.74 se propone el diseño básico (preliminar) de disposición de obras para reducir los daños de deslizamientos en esta área. Se recomienda profundizarse en el estudio de las diferentes obras

en base a esta propuesta.



Fuente: Elaborada por el Equipo de Estudio en base a la imagen de Google Earth

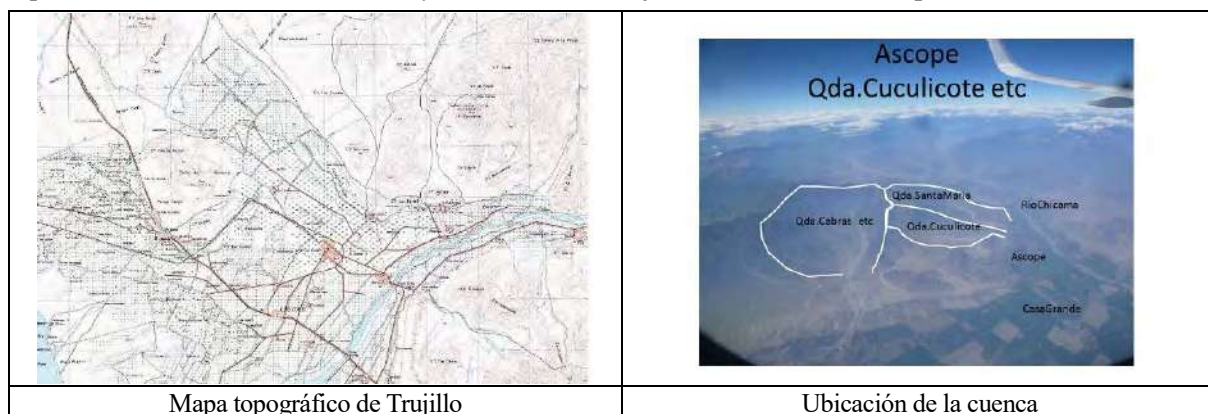
Figura 13.3.74 Disposición de las obras para reducir los daños de huaicos en Trujillo (propuesta)

(3) Río Cuculicote

(a) Identificación de las características y fenómenos de los daños de deslizamientos y huaycos

a) Topografía y condiciones naturales

En la siguiente Figura 13.3.75 se presenta el mapa topográfico de la región, así como la ubicación de las quebradas Cuculicote, Santa María y Cabras donde se ejecutó el estudio de campo de la cuenca.



Fuente: Información proporcionada por ALA y elaboración por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.75 Topografía de la Quebrada Cuculicote y el mapa de ubicación de las tres cuencas estudiadas

Al observar las condiciones del Distrito de Ascope avenado por la Quebrada Cuculicote, los sedimentos acumulados son principalmente arena, mientras que las gravas son retenidas aguas arriba. La geología de la sierra que rodea este distrito está constituida principalmente por el granito. Las rocas presentan avanzado grado de intemperismo y constituyen la fuente de producción de arena sedimentada en el distrito de Ascope y sus alrededores. La diferencia del volumen de sedimentos depositados aguas abajo se debe a la diferencia del volumen de producción que varía dependiendo de la cobertura vegetal (véase la Figura 13.3.76.).



Fuente: Elaborada por el Equipo de Estudio en base a la imagen de Google Earth

Figura 13.3.76 Características de la producción de sedimentos en la zona de la quebrada. Cuculicote

Quebrada Cuculicote

La margen izquierda de la cuenca donde se extiende el cerro Cuculicote produce pocos sedimentos por estar cubierta por vegetación. Mientras tanto la margen derecha produce gran cantidad de sedimentos hasta la cuenca alta por la distribución de granito meteorizado.

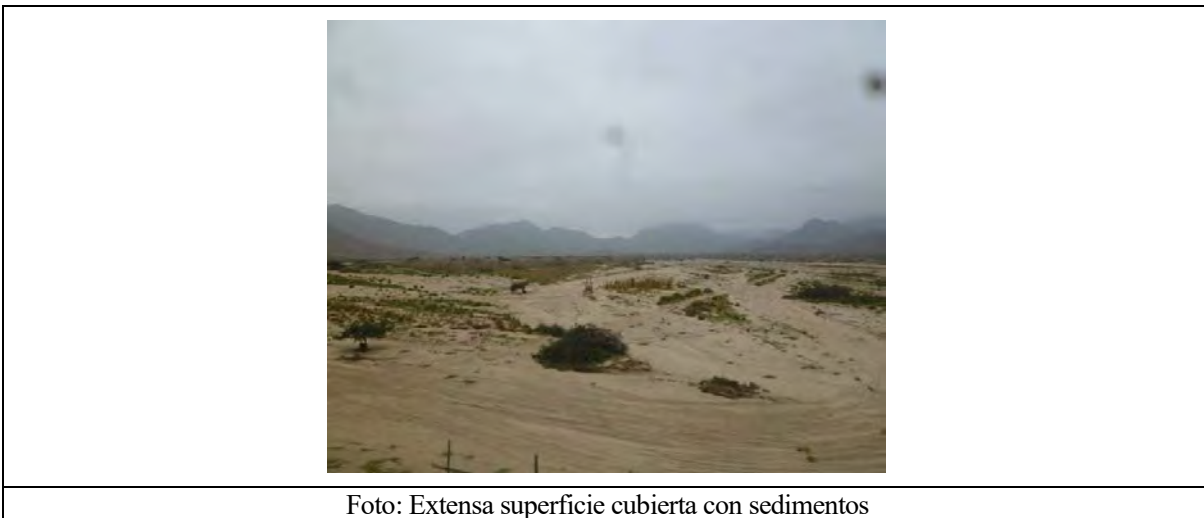


Foto: Extensa superficie cubierta con sedimentos

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.77 Foto tomada desde la cuenca media de la quebrada Cuculicote detrás del cerro Ascope viendo aguas arriba

Quebrada Santa María

Ésta se ubica al este de la quebrada Cuculicote y su área de la cuenca es más grande.

A la salida del valle se forma una delta y las parcelas y los caminos han sido construidos adaptándose a esta topografía. El área anegable es extensa porque es extensa su área de cuenca, pero los daños se centran mayormente en las tierras de cultivo por estar lejos del área urbana de Ascope.

Es una quebrada con lecho alto y el camino que la cruza forma una cuesta que baja hacia el área urbana de Ascope (hacia el oeste). Un brazo de la quebrada confluye con la quebrada Cuculicote aguas inmediatamente

arriba del distrito de Ascope.

Quebrada Cabras, etc.

Varias quebradas se confluyen conformando una extensa área anegable. Se caracteriza por la poca vegetación, y gran cantidad de sedimentos es arrastrada aguas abajo con las inundaciones.

b) Daños

En las inundaciones y deslizamientos ocurridos en 2017, fueron afectadas aprox. 400 hectáreas de tierras de cultivo en las cuencas de las quebradas Cuculicote y Santa María. Además, los sedimentos llegaron al área urbana del distrito de Ascope, donde numerosas viviendas fueron inundadas produciendo pérdidas de muebles y otros bienes interiores, y algunas viviendas fueron arrastradas por las inundaciones que transportaban los sedimentos.

De acuerdo con el informe de ALA, en el distrito de Ascope y sus alrededores fueron afectadas en total 20,000 hectáreas debido a las inundaciones y deslizamientos provocados no solo por las dos quebradas mencionadas sino por otras quebradas de la región.

(b) Necesidades de rehabilitación y reconstrucción de los organismos gubernamentales del Perú

Las medidas urgentes demandadas por esta región son: la excavación y limpieza de los cursos de agua que quedaron rellenos por el depósito de los sedimentos arrastrados por varias quebradas, a fin de prepararse ante los siguientes eventos meteorológicos, y la recuperación de los cursos de agua (véase la Figura 13.3.78).

Sin embargo, de acuerdo con la ALA, el proyecto más prioritario que se requiere ejecutar urgentemente, es la mejoramiento del río Chicama que bloqueó la carretera Panamericana durante más de 30 días, (rehabilitación del dique destruido, limpieza de los sedimentos del lecho, y construcción de las obras de defensa ribereña) y no se sabe si el presupuesto alcanza para cubrir los costos de recuperación de los cursos de varias quebradas.



Foto: Tomada desde el cruce del camino mirando aguas arriba. El lecho de la quebrada es erosionado. La diferencia del nivel del lecho de la quebrada y el camino es muy reducida.

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.78 Sedimentos depositados en el lecho de la quebrada. Cuculicote

(c) Desafíos y soluciones sobre las medidas estructurales, no estructurales, institucionales y organizativas

a) Desafíos de las medidas contra deslizamientos y huaycos, y las políticas de sus medidas

En la Tabla 13.3.23 se resumen los desafíos de la planificación de las medidas contra deslizamientos del y la propuesta de políticas de solución

Tabla 13.3.23 Desafíos de la planificación de las medidas contra deslizamientos alrededor de la quebrada Cuculicote y las políticas de solución (propuesta)

Desafíos	Políticas de solución
El cauce de numerosas quebradas ha quedado relleno en la cuenca baja.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere ejecutar urgentemente la excavación y dragado del cauce para recuperar el curso de agua.
Existen estructuras de cruce que no respetan el flujo de agua en varias quebradas.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se quiere ejecutar los pasos a nivel (acueducto, sifón, etc.) en el cruce entre la quebrada y las obras que interceptan el flujo de agua.
Arrastre de gran cantidad de sedimentos desde las zonas más altas.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere construir las obras de control de movimiento de sedimentos (presas de mampostería de bloques, de suelo con cemento para la retención de sedimentos, etc.)
	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere controlar la fuente de producción de sedimentos (arbolización, protección de laderas, etc.)



Foto: Canal de agua rehabilitada en el cruce con la quebrada. El canal intercepta totalmente la quebrada.

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.79 Canal de riego que intercepta el flujo de agua de la quebrada Cabras

b) Propuesta del plan de disposición de las infraestructuras

En la siguiente Figura 13.3.74 se propone el plan básico (preliminar) de disposición de obras para reducir los daños de deslizamientos en esta área. Se recomienda profundizarse en el estudio de las diferentes obras en base a esta propuesta.



Fuente: Elaborada por el Equipo de Estudio en base a la imagen de Google Earth

Figura 13.3.80 Disposición de las obras para reducir los daños de deslizamientos en la quebrada Cuculicote, distrito de Ascope (propuesta)

(4) Río Rímac

El estudio en campo del río Rímac fue realizado principalmente en el distrito de Chosica que fue azotado por varios huaycos. A continuación se presentan los resultados.

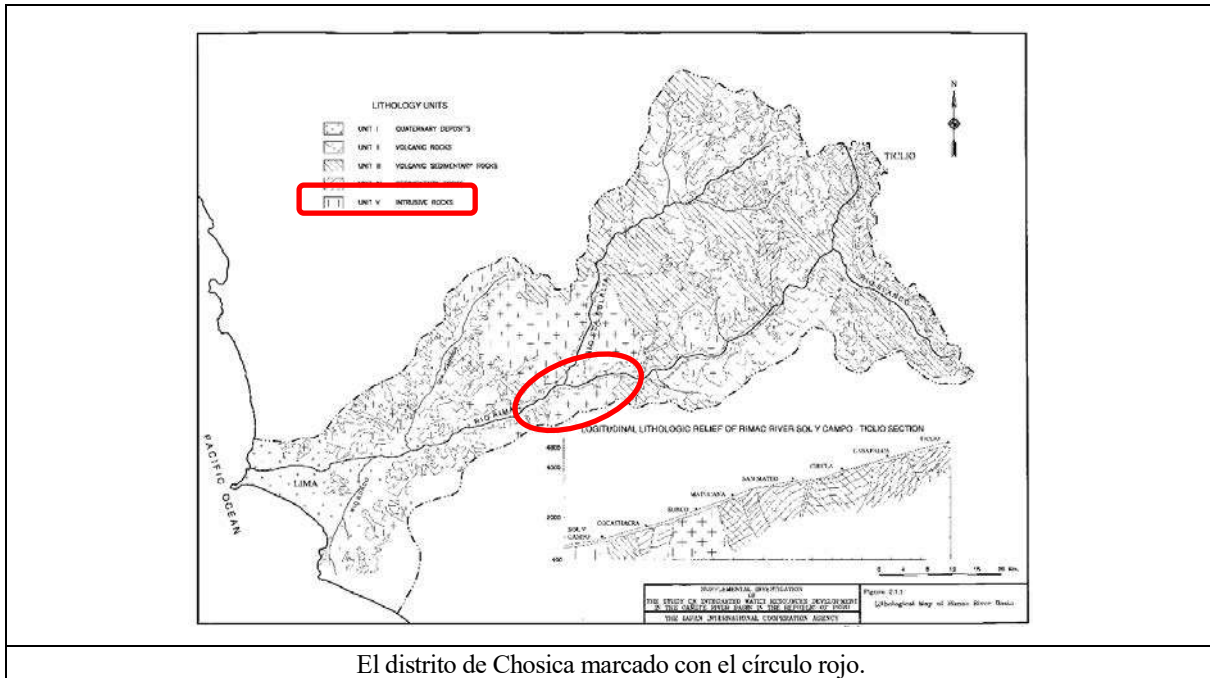
(a) Identificación de las características y fenómenos de inundaciones y deslizamientos (principalmente los huaycos de los afluentes)

a) Topografía, geología y condiciones naturales

El distrito de Lurigancho-Chosica se localiza en la vertiente frontal de la Cordillera de los Andes y se encuentra rodeado de cerros con elevaciones mayores de 2000 metros. A lo largo del río Rímac y su afluente Santa Eulalia, se conforman extensos llanos que vienen a ser el fondo del valle.

El basamento está constituido principalmente por granito. Las laderas están cubiertas de guijarros que son el núcleo, producto de la meteorización en capas de cebolla. También aparecen varios afloramientos rocosos. Las orillas de las quebradas y los llanos del fondo del valle están cubiertos por la capa de grava y arena con guijarros. Su espesor es de aprox. 10 m en su mayoría. También se observan afloramientos de granito en el lecho de las quebradas, la mayoría meteorizada, y su resistencia a la erosión es reducida.

En la Figura 13.3.81 se presenta el mapa geológico del río Rímac, en la Figura 13.3.82 las características geológicas de Chosica y en la Figura 13.3.83 las fotos que representan sus características.



El distrito de Chosica marcado con el círculo rojo.

Fuente: Estudio del Desarrollo Integral de Recursos Hídricos en la Cuenca del río Cañete en la República del Perú, Informe Final, Volumen IV (Investigación Suplementaria de Uso y Pérdida del Agua del río Rímac, JICA, 2002

Figura 13.3.81 Mapa geológico de la cuenca del río Rímac



Fuente: A LA. La quebrada es rodeada densamente por la viviendas

Figura 13.3.82 Topografía de Trujillo







Figura 13.3.83 Características de la topografía y geología de Chosica

b) Condiciones sociales

Chosica es un lugar muy visitado por los turistas diurnos que llegan de la ciudad de Lima para disfrutar la radiación solar, por estar ubicada en las alturas. A lo largo del río Rímac para la carretera nacional que comunica la región andina con la amazónica. También pasa una línea férrea a lo largo del río, que constituye un importante medio de transporte de cargas.

Tal como se indicó anteriormente, numerosas viviendas han sido construidas en el fondo del valle, en la zona anegable y en las laderas de los montes. Existe un elevado número de ocupantes ilegales. Parte del curso de agua ha sido destinada a la urbanización y existen también tierras con alto riesgo de inundación bajo desarrollo.

En la Figura 13.3.84 se presentan algunas fotos que representan las condiciones sociales de Chosica y su área de influencia.

	
<p>Quebrada. Cashahuacra del distrito de Santa Eulalia Se observan los predios a la margen izquierda. El gobierno local considera que esta área es peligrosa.</p>	<p>Área urbana de Santa Eulalia. Las tierras bajas que viene a ser el fondo del valle formado por los ríos Rímac y Santa Eulalia han sido urbanizadas. Las laderas y la quebrada también forman parte del área urbana (foto tomada desde la cercanía de la quebrada. Las Cruces).</p>
	
<p>Ejemplo del uso del curso de agua como área urbana quebrada. Huayaringabaja de Santa Eulalia</p>	<p>Vía férrea a lo largo del río Rímac. Una parte ha sido arrastrada por las inundaciones de este año, siendo reconstruida posteriormente.</p>

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.84 Condiciones sociales de Chosica

c) Historia de desastres y de las medidas contra deslizamientos

En la Tabla 13.3.24 se presenta el historial de inundaciones, deslizamientos y huaycos registrados en Chosica. Los desastres ocurren entre enero y principios de abril que corresponden a la época de lluvias. El intervalo medio de ocurrencia es de cada cuatro o cinco años, pero se observa la tendencia de que los eventos meteorológicos ocurren de manera continua (por ejemplo, la década de los ochenta). Esta tendencia se debe a la continuidad de las condiciones meteorológicas como El Niño y porque las quebradas afectadas por un evento se vuelven vulnerables ya que se demoran en recuperar la estabilidad.

A continuación se presenta una breve reseña de los siniestros y de algunos aspectos que merecen mención.

- En marzo de 1987, una gran cantidad de sedimentos fue arrastrada de la quebrada Pedregal. De una cuenca de 10.6 km² se descargaron aprox. 157,200 m³ de sedimentos (véase la Tabla 13.3.25.).
- De acuerdo con el personal responsable en la gestión de riesgos de desastres del gobierno local, también en 2015 la quebrada Cashahuacra de Santa Eulalia descargó una gran cantidad de sedimentos. Frente a la superficie de cuenca de 10 km² (* dato no confirmado) el volumen de sedimentos arrastrados alcanzó aprox. 150,000 m³.
- Varias pequeñas presas de mampostería fueron construidas en algunas quebradas después del desastre de 1987. Sin embargo, por ser estructuras poco sólidas, muchas de ellas están destruidas parcial o totalmente (véase la Figura 13.3.86). Si se considera que las presas de sedimentos de hormigón que se construyen comúnmente en Japón no presentan este tipo de destrucción, se concluye que el problema está en su diseño.
- En 2016 la ANA ejecutó las obras de protección con barreras flexibles con red de anillos en varias quebradas (véase la Figura 13.3.86). Estas obras han manifestado un determinado efecto porque han retenido los sedimentos de las avenidas de 2017, pero requieren ser reparadas urgentemente ya que están parcialmente socavadas o destruidas.
- De acuerdo con el personal responsable de gestión de riesgos de desastres del gobierno local de Chosica, también ha sido efectivo el dragado de lecho ejecutado en algunas quebradas antes de la llegada de la época de avenidas de 2017.
- De acuerdo con el gobierno local de Santa Eulalia, la emisión de la alerta basada en el monitoreo de los datos de pluviómetros ha contribuido a evacuar oportunamente los habitantes locales, y a lograr cero fallecidos en las inundaciones de 2017.
- El gobierno local de Santa Eulalia está elaborando el mapa integral de riesgos de inundaciones y de deslizamientos por sismos del distrito, según el oficial distrital (véase la Figura 13.3.85). Este mapa de riesgos indica las áreas de alto riesgo con colores rojo y naranja, evaluadas según la estructura de las edificaciones (solidez), condiciones topográficas (cercanía a los ríos, a la salida de las quebradas, etc.). El mapa está siendo actualizado en base a la información más reciente.

Tabla 13.3.24 Historial de inundaciones, deslizamientos y huaycos de la municipalidad de Lurigancho – Chosica (1900-2012)

MUNICIPALIDAD DE LURIGANCHO – CHOSICA		
AÑO	DIA/MES	DESCRIPCION DE EFECTOS Y LUGAR
1900	2ª quincena de Febrero	Desborde e inundaciones en Lima, Lurigancho, Canta gallo, huaycos en la carretera central.
1905	2ª quincena de Enero	Inundaciones en Santa Clara, Chosica, Acho y Piedra Liza.
1925	Enero, Febrero y Marzo	Niño. Lluvias intensas, inundaciones en el Rimac, Villacampa, Quinta Presa, Acho, Piedra Liza, Zarate, huaycos en Chosica, Chaclacayo y quebradas adyacentes a Lima.
1927	21 y 23 de Marzo	Huaycos en Chosica, Pedregal. Inundaciones en Chaclacayo.
1929	10 y 11 de Marzo	Inundaciones Valle del Rimac, Chosica, Chacrasana, Ñaña y otros.
1955	Principio de Enero y segunda quincena de Marzo	Lluvias extraordinarias en Lima. Inundaciones en Huachipa, Vicentelo Bajo, Bravo chico, Chaclacayo, Huatita, huaycos en Los Angeles, Yanacoto.
1966	08 de Marzo	Huaycos e inundaciones Chosica, Chaclacayo y Huampani.
1967	9 y 11 de Febrero	Huaycos en Carretera central e inundaciones en Huachipa.
1972	08 de Febrero 2da quincena de Febrero	Huaycos en Chosica. Bloqueo de la Carretera central. Huaycos en Pedregal (Chosica) y Quirio.
1973	09 de Febrero	Huaycos e inundaciones Chosica, Moyopampa, Clorinda Málaga de Prado. 90 viviendas destruidas, 38 lotes desaparecidos y destrucción de defensa ribereña.
1976	31 de Enero	Huaycos en Tarazona y Pedregal Alto (Chosica). Fuertes daños a la vivienda y tránsito interrumpido.
1976	17 de Febrero	Huaycos en Chosica afectan el Centro Educativo Estatal N° 0064.
1977	Febrero	Inundaciones y huaycos en Moron, Huachipa, Ricardo Palma, San Martin de Porres (casas y cultivo).
1981	Enero 08 de Febrero 12 de Febrero 28 de Febrero 06 de Marzo 07 de Marzo 12 de Marzo	Huaycos en Chosica y Chaclacayo. Inundación en Chosica, Chaclacayo, Ñaña y Mirones Bajos. Huaycos en Chosica y zonas aledañas. Daños a vivienda y zonas agrícolas. Inundación en Chosica. Casas destruidas Inundación en Chosica, afectó numerosas viviendas de la margen izquierda. Inundación en Chosica y Chaclacayo. En los pueblos jóvenes de Chosica. Inundación en Chosica, California y Chaclacayo.
1983	09 de Febrero 08 de Marzo 25 de Marzo 01 de Abril 22 de Febrero	Inundaciones en Huachipa y Morón. Destrucción de 40 viviendas y cultivos. Huaycos en Chosica. Un muerto y dos desaparecidos. Huaycos en Chosica. Muchos destrozos y desaparecidos. Huaycos e inundaciones en Huachipa y Jicamarca Inundaciones en Carapongo.
1985	25 de Febrero 19 de Marzo	Inundaciones en Chosica, Chaclacayo, obstrucciones en la Carretera Central. Inundaciones en Huachipa, interrupción del tránsito en la Carretera central.
1986	30 de Enero	Inundaciones en Huachipa, 150 Has dañadas y 5 Km de la Autopista Prialé afectadas.
1987	09 de Marzo	Huaycos en Chosica y Pedregal. Inundaciones en Chosica Huachipa y Campoy. Pérdidas materiales cuantiosas.
1988	04 de Febrero 14 de Febrero	Inundaciones en Ñaña y Chaclacayo. Muchas viviendas afectadas; 200 Has de cultivos destruidas. Inundaciones en Carapongo y Callao, 5000 pobladores quedan aislados al ser arrasado el puente.
1989	16 de Febrero	Huaycos en Chosica y otros
1998	07 de Enero 25 de Febrero 26 de Febrero	Inundaciones en Chosica Huayco en Chosica, afecta parte de la Univ. La Cantuta. Huaycos en Chosica y Matucana.
2009	17 de Febrero	Chosica
2012	10 de Marzo 05 de Abril	Huaycoloro afecta Cajamarquilla, Huachipa y Nieveria. Chosica: Mariscal Castilla, Virgen del Rosario, Carossio y otros.

Fuente: Dr. Alfonso Valverde Torres. Exposición Colegio de Ingenieros del Perú. Septiembre 2012

Tabla 13.3.25 Volumen de sedimentos arrastrados según quebradas en el evento de marzo de 1987

NAME OF QDA	TYPE	CATHMENT AREA	S L O P E				DEPOSIT VOLUME	DEPOSIT VOLUME PER 1 KM ²	AVERAGE DIAMETER OF DEPOSITING BOULDERS
			AVERAGE SLOPE	TRANSPOR-TATION SECTION	DEPOSIT SECTION	DEPOSIT AREA			
		km ²	%	%	%	ha	m ³	m ³	m
Qda Quirio (R-6)	Valley	10.4	23	9-15	5-7	4.1	14,100	1,400	0.5
Qda Pedregal (R-7)	"	10.6	25	9-14	3-11	30.0	157,200	14,800	1.0-2.0
Qda Corosio (R-8)	Slope	0.4	76	45-60	13-26	2.3	4,400	8,800	0.5
Qda Corrales (R-9)	"	1.4	72	22-45	12-18	5.2	21,700	15,500	0.5
Qda Cashahacra	"	15.1	31	9-16	7-9	21.0	102,000	6,800	1.0
Total		37.9	-	-	-	62.6	299,400	7,900	-

Fuente: Estudio para el Proyecto de Prevención de Desastres en la Cuenca del Río Rímac, JICA, 1988



Foto: Los colores del mapa representan no el tipo de los eventos, sino la solidez de los edificios, topografía, etc. Actualmente el mapa está siendo revisado.

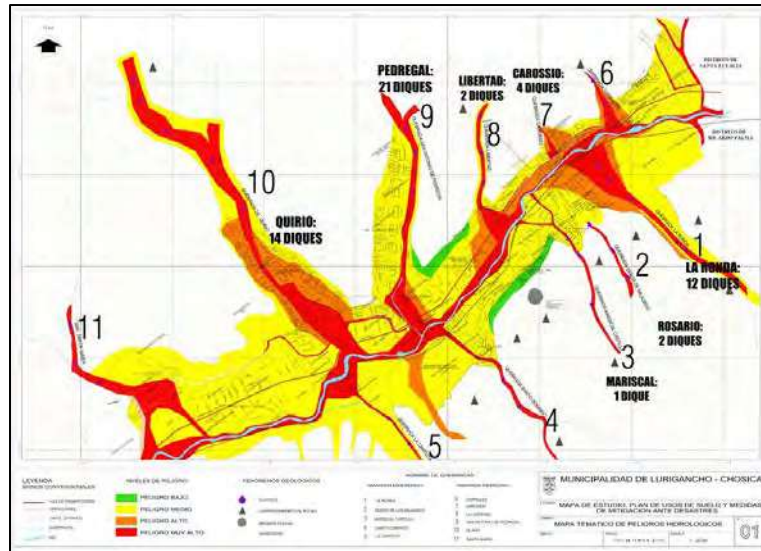
Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.85 Mapa de riesgos (amenazas) elaborada por el gobierno del local de Santa Eulalia



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.86 Ejemplo de las medidas de control de sedimentos ejecutadas por la municipalidad de Lurigancho-Chosica



Fuente: INFORME DE EMERGENCIA PRELIMINAR – 002 - 2017/MDLCH/SGDC/GSC(Flujo de Detritos)

Figura 13.3.87 Quebradas de la municipalidad Lurigancho-Chosica y el mapa de riesgos de flujo de detritos

d) Información detallada sobre las quebradas que avenan el distrito de Chosica

quebrada Corrales

Las inundaciones del 13 de marzo de 2016 dejaron afectadas las viviendas y la vida humana. Además de elevarse 1 o 2 metros el lecho, los guijarros fueron arrastrados. La carretera nacional fue bloqueada aprox. 500 metros obligando a cerrar el tráfico por un mes y medio. Después del desastre, se construyó el puente Bailey que cruza esta quebrada.

En el desastre de 2017 cayeron 50 mm aprox. de lluvias en media hora. Sin embargo, los daños han sido menores gracias a la protección con malla ejecutada aguas arriba.

Sin embargo, actualmente hay un proyecto de desarrollo de predios residenciales aguas arriba, lo cual puede incrementar el riesgo de deslizamientos y huaycos, junto con la concentración poblacional a lo largo de la quebrada.



Figura 13.3.88 Condiciones actuales de la quebrada Corrales y

quebrada Pedregal

La geología local está constituida por el basamento de granito y la capa de grava y arena que lo cubre. Existen varios barrancos continuos, en cuyo extremo superior el valle reduce su profundidad y se observa el afloramiento rocoso en el lecho.

Los poblados a la salida del valle se ubican muy cerca de los barrancos. Los daños del huayco de 1987 que dejaron más de 100 fallecidos ocurrieron en su mayoría en esta quebrada. Posteriormente, fueron construidas aprox. 30 presas bajas de mampostería irregular de piedras. Sin embargo, actualmente estas presas no han mantenido su forma original. Esta situación se debe a su estructura frágil y poco resistente. Además, tampoco tienen empotrado suficiente de su base, por lo que no resiste directamente la fuerza del huayco. A esto se suma la pérdida de resistencia por la socavación del lecho del río por causa del huayco.

Ante los frecuentes huaycos, la ANA ha ejecutado cuatro obras de protección con mallas de alambre en 2016. Tal como se indicó anteriormente, el último evento de 2017 no dejó grandes daños en esta quebrada pese a que la precipitación ha sido mayor que un año ordinario, gracias a estas obras que retuvieron los sedimentos. A continuación se describen las condiciones actuales de las obras de protección con mallas de alambre.

Tabla 13.3.26 Protección con malla de alambre en la quebrada Pedregal

Situación actual (facto)	Consideraciones
La cantidad de sedimentos retenidos por la obra de protección con malla aguas más abajo ha sido reducida. Mientras tanto la segunda obra contada desde abajo estaba casi llena.	Este hecho indica que la producción de sedimentos a partir de la segunda obra ha sido relativamente reducida o que la obra no ha retenido los sedimentos por su pequeña granulometría.
Aguas arriba de la segunda obra está la confluencia con otra quebrada. La arena ha sido arrastrada desde la subquebrada izquierda. Se observa el depósito de sedimentos de grava en la subquebrada derecha. Por esta razón, la obra de malla de alambre de la subquebrada izquierda no ha capturado los sedimentos.	En el caso de construir obras similares en un futuro, es necesario primero conocer las propiedades de los sedimentos producidos aguas arriba, y seleccionar la ubicación estratégica.

Situación actual (facto)	Consideraciones
La base de las pilas de la obra más arriba de la subquebrada derecha está flotando por efecto de la socavación, y las barras de anclaje están dobladas. Asimismo, las anclas de la margen izquierda están erosionadas.	Se considera urgente reparar estas pilas. Las anclas de la margen izquierda pueden estar insuficientemente empotradas debido a la erosión local, debiendo reparar urgentemente.







	
Se construyeron 30 presas bajas en esta quebrada. La unión con la margen derecha se conecta al camino, por lo que se deduce que este camino ha sido construido antiguamente. La unión con la margen izquierda ha sido arrastrada. Las presas, no solo ésta, parecen haber sido destruidas paulatinamente a lo largo de los 30 años, y no por un evento específico.	Obra de protección con mallas de alambre aguas más abajo, tomada desde aguas arriba. Casi no existen sedimentos retenidos.
	
Muchas de las presas bajas han sido destruidas. Son estructuras poco resistentes y vulnerables.	Estrato de grava y arena que cubre el basamento de granito.
	
La segunda obra de protección con malla contada desde aguas abajo. La obra estaba llena de sedimentos. Aguas más abajo, la producción de sedimentos puede haber sido relativamente reducida o se produjeron sedimentos de granulometría pequeña.	Confluencia de la subquebrada. La arena ha sido arrastrada desde la subquebrada izquierda. Se observa el depósito de sedimentos de grava en la subquebrada derecha.

Figura 13.3.89 Condiciones de la quebrada Pedregal (1)


	
<p>Obra de protección con mallas de alambre de la subquebrada izquierda. No retiene arena por ser del tipo permeable.</p>	<p>Obra de protección con mallas aguas más arriba de la subquebrada derecha. Retiene gran cantidad de gravas y ramas.</p>
	
<p>La base de las pilas socavada está flotando. Las barras de anclaje están dobladas.</p>	<p>Las anclas de la margen izquierda están erosionadas y expuestas. De no tomarse las medidas contra la erosión, se corre el riesgo de falta de empotrado.</p>
	
<p>En el extremo aguas arriba del valle erosivo se desaparece la capa sedimentada. Aguas más arriba aflora el lecho de la quebrada.</p>	<p>La capa de grava y arena sedimentadas pierde su espesor y apoya a la ladera</p>
	
<p>Poblado a la salida del valle. Se establece muy cerca a la escarpa de erosión.</p>	

Figura 13.3.90 Condiciones de la quebrada Pedregal (2)

Quebrada San Nicolás (quebrada Quirio)

Esta quebrada cruza con el camino municipal, que se vuelve intransitable cuatro o cinco días cuando ocurre una inundación. También la carretera nacional queda bloqueada cuando ocurren las inundaciones y

deslizamientos. En 2017 ocurrieron dos inundaciones que dejaron cerrado el tráfico local por varios días. El punto inicial de las inundaciones no estaba cubierto de sedimentos, y se observó que la vegetación no había sido arrastrada por las inundaciones ocurridas en marzo de 2017. Por lo tanto, se deduce que los sedimentos arrastrados fueron producidos principalmente por la erosión de las márgenes.

La defensa ribereña del área urbana consiste en la instalación de parapetos. Esta quebrada se divide en dos cursos en la parte baja, uno de ellos fluye sobre el camino que queda bloqueado cuando ocurre una inundación. Las viviendas construidas a lo largo del camino están protegidas con los parapetos. De acuerdo con la información del personal responsable de reducción de desastres de la municipalidad, el ancho de la quebrada se viene reduciendo con el desarrollo urbano (principalmente la ampliación del camino). El ancho actual de la quebrada es un poco más de 10 metros, el cual había sido anteriormente de 20 metros.

El otro curso de la parte baja avena la zona residencial. Se observó un severo efecto de socavación en el tramo excavado del curso. El ancho original de 20-30 metros se ha visto reducido hasta 10 metros aprox. debido al desarrollo de los lotes residenciales.

Al igual que en la quebrada Pedregal, se construyeron varias presas bajas hace 20 años aprox. para controlar los deslizamientos. Las estructuras son de mampostería con mortero. El lado aguas abajo tiene un perfil de terrazas y el de aguas arriba un perfil vertical. La altura de las uniones en ambos extremos es baja, afectando la resistencia de la obra a la socavación. Recientemente, han sido ejecutadas dos obras de protección con mallas de alambre aguas arriba para retener los sedimentos. El largo de las anclas de esta obra es de 4 metros aproximadamente.





	
<p>Cruce de la quebrada con el camino. Las riberas están protegidas con parapetos debido al poco desnivel entre el camino y el lecho de la quebrada.</p>	<p>El camino se convierte en el curso de agua en la cuenca baja. Las viviendas están apenas protegidas con parapetos.</p>
	
<p>Presas bajas con mampostería de mortero</p>	<p>Protección con mallas en la salida del valle hacia aguas arriba. Es una de las dos obras construidas de este tipo, la que está aguas abajo.</p>

Figura 13.3.91 Condiciones de la quebrada San Nicolás (1)


	
<p>Confluencia aguas arriba de la obra de protección con mallas de alambre. Las gravas son arrastradas principalmente desde la subquebrada derecha.</p>	<p>Es una de las dos obras construidas de este tipo, la que está aguas arriba.</p>
	
<p>Punto inicial de las inundaciones. La presencia de la cobertura vegetal sugiere que la crecida se debió no por los sedimentos arrastrados de la cuenca alta, sino por los sedimentos producidos por efecto de la erosión.</p>	<p>Huella del arrastre de sedimentos desde la subquebrada izquierda. La presencia de las viviendas en la zona inundada, sugiere que estas huellas no son de las inundaciones recientes.</p>
	
<p>Subquebrada llamada "Zona 2". Las márgenes de los tramos con lecho poco profundo son protegidas con parapetos.</p>	<p>Los tramos excavados de la zona 2 sufren fuertes efectos de socavación. Originalmente, el valle tenía un ancho de entre 20 y 30 m, el cual fue reducido por la urbanización.</p>

Figura 13.3.92 Condiciones de la quebrada San Nicolás (2)

Quebrada California

El Equipo de Estudio no ha podido llegar a la quebrada debido al cierre de tráfico por las obras de eliminación de sedimentos ejecutadas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento para rehabilitar los daños de las inundaciones ocurridas en 2017. Por lo tanto, el estudio en el campo se limitó en

la observación de las condiciones de las áreas inundadas.

La obra de rehabilitación por el MVCS consiste en la descolmatación del curso de agua, y hacia el futuro se proyecta construir las obras de protección con mallas de alambre aguas arriba por ANA.



Condiciones de la zona de inundación. El curso fue dragado.

Figura 13.3.93 Condiciones de la quebrada California

Quebrada Yanacoto

Ésta es una quebrada que produjo daños catastróficos de inundaciones de deslizamientos en 2015. De acuerdo con el personal responsable de gestión de riesgos de desastres de la municipalidad de Chosica, los eventos meteorológicos de 2017 no han producido los daños de similar magnitud.

Los sedimentos arrastrados son principalmente el lodo, arena y rocas (del tamaño de cabeza de una persona). El exceso de lluvias de este año no produjo serios daños, debido, según el personal municipal, a la precipitación en la cuenca de esta quebrada no ha sido intensiva. Es difícil verificar este hecho dado que no se han instalado todavía los pluviómetros en cada cuenca, por lo que se considera necesario revisar una vez más la necesidad de aumentar la cantidad de pluviómetros en un futuro.

El desastre de 2015 dejó afectadas las viviendas y otros bienes por los sedimentos arrastrados de las laderas. Sin embargo, no se tomaron medidas especiales dado que las viviendas afectadas fueron las de los ocupantes ilegales.

La margen izquierda de la quebrada está cubierta por detritos y se observan varios pequeños surcos de erosión.

A la margen derecha se levantan los muros naturales formados por la erosión. La altura oscila entre 6 y 8 metros, con más de 10 metros en algunos tramos. También aquí se observan los surcos de erosión, lo cual indica que es productor de sedimentos. Detrás de los precipicios de erosión de la margen derecha se extienden una meseta donde se depositan los sedimentos arrastrados de las subquebradas de la cuenca más alta.

	
<p>El lecho es ancho, de entre 40 y 50 m aprox. midiendo a pie. En la margen derecha se extiende el depósito de sedimentos en forma de meseta con un ancho de entre 50 y 100 m aprox. En la margen izquierda el lecho confina con la ladera del cerro cubierta de detritos.</p>	<p>Detrás de la escarpa de erosión de la margen derecha se extiende una meseta. Esta meseta es cubierta por los sedimentos arrastrados de la subquebrada.</p>
	
<p>Ladera de la margen izquierda. Está cubierta de detritos. Se observan numerosos pequeños surcos de erosión.</p>	<p>Se establecen numerosas viviendas de los ocupantes ilegales en la ladera de la margen derecha en la cuenca baja. Se forman los surcos de erosión en la parte superior de la ladera.</p>

Figura 13.3.94 Condiciones de la quebrada Yanacoto

Quebrada Huaycoloro

Los daños de esta quebrada en 2017 se produjeron a raíz del desbordamiento del agua fangosa.

En 2016 fue recuperado el ancho original de la quebrada con la cooperación de la comunidad local, ya que el ancho se había reducido gradualmente por el desarrollo del área residencial, Asimismo, se colocaron los hitos para demarcar el área fluvial, algunos de los cuales fueron colocados en las tierras privadas. Sin embargo, a raíz de que la acción no incluía la adquisición de los terrenos afectados, muchos de los hitos colocados, en especial en la margen izquierda, han sido removidos o ignorados. Mientras tanto en la margen derecha, se terminó de limpiar el área hasta donde están colocados los hitos, y muchos tramos están vacíos. Esto se debe porque el área fluvial de la margen derecha había sido utilizada principalmente como botadero de basuras. El tramo donde se reduce el ancho de la quebrada es donde se encuentra una granja porcina a la orilla opuesta, y las negociaciones parecen no haber tenido éxito.

La municipalidad ha revestido las márgenes con guijarros, pero sin fundamentarse en el cálculo estructural y de estabilidad. Tampoco ha sido elaborado un plan básico de control de inundaciones para esta quebrada.

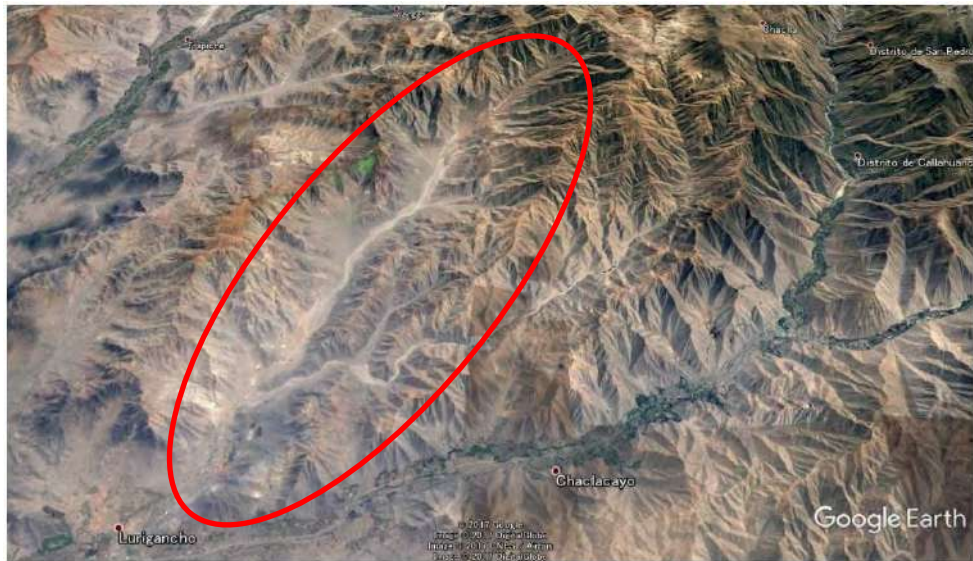


Figura 13.3.95 Cuenca de la quebrada Huaycoloro

	
<p>Anteriormente existía un curso de agua de entre 3 y 4 m de ancho, que fue excavado y ampliado después del desastre.</p>	<p>El puente ha sido construido recién hace dos meses. Anteriormente existía un camino que atravesaba el fondo del valle. El estribo de la margen derecha es construido en el extremo del cauce. Las tierras excavadas del cauce son utilizadas para el terraplenado del dique. Anteriormente, la margen derecha había sido utilizada como botadero.</p>
	
<p>Se instalaron los hitos de señalamiento en el área fluvial y se realizó la limpieza en el lado del río.</p>	<p>El cruce del camino no ha sido tocado, por lo que el dique está cortado. No ha sido posible construir un puente. A la derecha de la foto, se encuentra un letrero que dice "zona intangible recuperada". En este letrero aparecen los nombres de otras organizaciones, además de ANA.</p>



Figura 13.3.96 Condiciones de la quebrada. Huaycoloro

Quebrada Santa Rosa

La quebrada Santa Rosa que avena el distrito de Santa Eulalia, aguas arriba de la ciudad de Chosica, produjo daños por el arrastre de sedimentos en los años 2015 y 2017. En 2017, después del desastre, se construyeron los muros de defensa como una medida urgente en la margen izquierda aguas abajo, donde se ubica un centro educativo.

Las acciones de medidas post desastres de 2017 incluyeron además de la construcción del muro de protección mencionado, la excavación de los sedimentos acumulados en el curso de la quebrada para recuperar la sección hidráulica. Sin embargo, el curso actual descarga las aguas y los sedimentos sobre el camino municipal cuando ocurre una inundación. De no solucionar esta situación, permanecerá el riesgo de que el camino se inunde cada vez que ocurran inundaciones afectando negativamente la economía local. El extremo final de la quebrada se conecta con el río Rímac y no existen obstáculos en su curso.



Figura 13.3.97 Condiciones de la quebrada Santa Rosa (1)

Quebrada Huavaringa (distrito de Santa Eulalia)

Se construyeron muros en ambas márgenes de los tramos donde existen viviendas cercanas para estabilizar el curso. Sin embargo, los demás tramos siguen siendo un canal de tierra.

Antes de las inundaciones de 2017, el gobierno municipal ejecutó el dragado del curso de agua por 1 metro.

Además, hace 7 u 8 años, reforestó las riberas del área anegable con pinos. Se espera que estos árboles reduzcan la fuerza de las inundaciones.

De acuerdo con el oficial municipal, hay un depósito de grandes guijarros en la cuenca alta de esta quebrada, y se teme que estos sean arrastrados por las inundaciones.

Al igual que otras quebradas, los principales caminos cruzan la quebrada Huayaringa sin una protección, y quedan intransitables cuando ocurre una inundación. El extremo final se descarga directamente al río Rímac.

	
<p>Foto del cruce con el camino tomada desde aguas abajo. El curso está revestido con piedras. Se observa la pequeña depresión del curso de agua. La defensa ribereña está cortada por el camino.</p>	<p>Ambas márgenes de los tramos donde confinan las viviendas, son protegidos con muros para estabilizar el curso. El lecho no está revestido.</p>
	
<p>Los tramos sin viviendas en las márgenes han sido simplemente excavados.</p>	<p>Cuenca alta de la quebrada. Grandes rocas se distribuyen en forma continua en el fondo del valle. Probablemente son los núcleos de las rocas meteorizadas en capas de cebolla, y no rocas arrastradas. Para remover va a ser necesario invertir grandes esfuerzos, por lo que resulta más económico tomar las medidas para inmovilizarlas.</p>

Figura 13.3.98 Condiciones de la quebrada Huayaringa

Quebrada Las Cruces (distrito de Santa Eulalia)

La geología de esta cuenca está constituida por el granito, con avanzado grado de meteorización en capas de cebolla y desintegración. De acuerdo con el oficial municipal, las grandes rocas de esta quebrada se desintegran fácilmente cuando son arrastradas, por lo que no provocan grandes daños a las viviendas, etc.

El extremo final de esta quebrada se desaparece. Cuando ocurre una inundación, el agua fangosa fluye sobre la carretera nacional, confluye con la quebrada Corrales mencionada anteriormente, para descargarse

finalmente al río Rímac.

La municipalidad construyó dos presas de sedimentos después de las inundaciones ocurridas en marzo de 2017. Estas presas fueron construidas solamente con la fuerza humana y se demoró casi un mes para terminar. Sin embargo, su estructura es frágil: el material utilizado para el relleno de mampostería es hormigón de pobre calidad. La falta de protección frontal de la presa pone en riesgo de perder la estabilidad debido a la socavación. Son estructuras con alta posibilidad de destruirse cuando ocurren grandes inundaciones.

<p>Foto tomada mirando aguas abajo. El flujo se desaparece en el área urbana.</p>	<p>La parte frontal no está protegida y puede perder la estabilidad por la socavación.</p>
<p>La unión con la margen izquierda consiste solo en adherir al canto rodado, sin el encajado.</p>	<p>El material utilizado para el relleno de mampostería es hormigón de pobre calidad.</p>

Figura 13.3.99 Condiciones de la quebrada Las Cruces

Quebrada Cashahuacra (distrito de Santa Eulalia)

Existen tres puentes (incluyendo uno peatonal) en la cuenca baja, pero su riesgo de bloquear el tráfico vial por la inundación es menor en comparación con otras quebradas. Actualmente, se está construyendo un nuevo puente de camino que cruza la quebrada. La municipalidad ha realizado el dragado del lecho antes de las inundaciones de este año. El costo ha sido de entre 300,000 y 350,000 soles por cada km. La municipalidad considera que la obra ha contribuido a reducir los daños.

Según la información del oficial municipal, existen algunos tramos donde el problema está en la erosión de las riberas, y no en la acumulación de sedimentos.

Actualmente, el gobierno municipal está preocupado por el proyecto de desarrollo de nuevos lotes

residenciales por una empresa privada en un área de alto riesgo de inundaciones, poniendo en peligro a los futuros residentes. La el gobierno municipal reconoce que el riesgo del área desarrollada, pero sostiene que no es un problema fácil de resolver porque hay una sección diferente dentro del gobierno municipal que está a cargo de otorgar los permisos y autorizaciones para el desarrollo; También se tiene la información de que el anterior alcalde ha intervenido en el otorgamiento del desarrollo.

Como una medida no estructural, el gobierno municipal instaló un pluviómetro en la cuenca media de esta quebrada en 2016. Se logró evacuar oportunamente a la población en las inundaciones de 2017 al monitorear los datos captados por este pluviómetro.



Figura 13.3.100 Condiciones de la quebrada Cashahuacra

Quebrada Porta de Huayringa (distrito de Santa Eulalia)

El terreno donde termina el flujo ha sido urbanizado. El agua de las avenidas se desborda e inunda el camino.

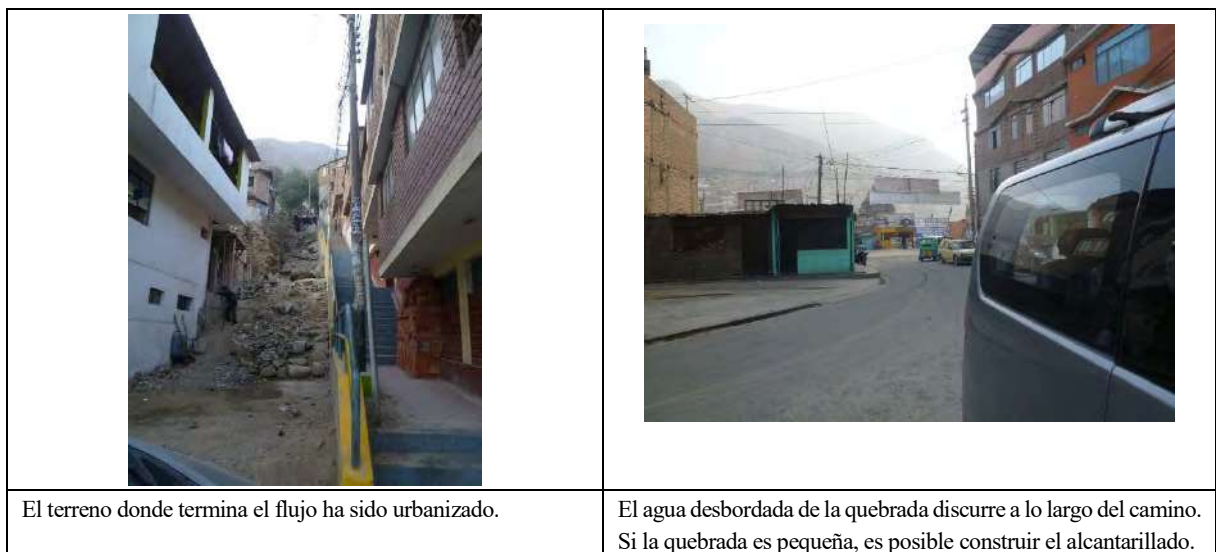


Figura 13.3.101 Condiciones de la quebrada Porta de Huayringa

(b) Identificación de las características y fenómenos de inundaciones y deslizamientos (principalmente las inundaciones del río Rímac)

a) Río Rímac - localidad del puente Ñaña

El puente Ñaña construido sobre el río Rímac ha sido arrastrado por el huayco producido por una quebrada este año. La causa directa del arrastre fue la erosión de los ambos estribos (especialmente fuerte en el estribo de la margen derecha). El puente antiguo era de un tramo. Sin embargo, para ampliar el ancho del río solo en este tramo, el nuevo puente tiene dos pilares. El nuevo puente es un puente de arco con superestructura de metal. Está contemplado terminar la construcción en octubre de este año.

Ha sido construido un puente Bailey aguas arriba del sitio de construcción para desviar el tráfico durante la ejecución de obras.



Figura 13.3.102 Condiciones del puente Ñaña



Figura 13.3.103 Foto satelital del puente Ñaña

b) Río Rímac - localidad de Carapongo

Esta localidad sufrió los daños por la inundación del río Rímac. Sin embargo, la inundación se produjo no por el desbordamiento del dique en esta zona, sino por la entrada de las aguas desbordadas aguas arriba. Las huellas del agua que quedan en las viviendas cercanas y según la información de los habitantes locales, el agua llegó a la altura del pecho. Se desbordó el margen derecho inmediatamente abajo del tramo angosto aguas abajo del mencionado puente Ñaña. Sin embargo, también se escuchó durante la visita al sitio que la inundación se produjo en un tramo del dique que ha sido destruido por los habitantes locales.

La autopista que conecta con Chosica en construcción que estaba casi por terminar y solo faltaba pavimentar, ha sido erosionada por las inundaciones produciendo grandes pérdidas.



Figura 13.3.104 Condiciones del sector de Carapongo



Figura 13.3.105 Foto satelital del sector de Carapongo

(c) Necesidades de rehabilitación y reconstrucción de los organismos gubernamentales del Perú

Las obras de retención de sedimentos son ejecutadas principalmente por el gobierno municipal, quien

realiza el diseño sin normas técnicas específicas. Las obras en la zona montañosa se ejecutan principalmente con la fuerza humana, y no está en condiciones para construir grandes estructuras.

Dentro de este contexto, se vio que es alta la necesidad de transferir a los oficiales municipales sobre el tipo de planes y técnicas requeridas, la teoría básica y los diferentes tipos de obras para solucionar los problemas.

(d) Desafíos y soluciones sobre las medidas estructurales, no estructurales, institucionales y organizativas

En la Tabla 13.3.27 se resumen los desafíos de la planificación de las medidas contra deslizamientos y la propuesta de políticas de solución.

Tabla 13.3.27 Desafíos de la planificación de las medidas contra deslizamientos del río Rímac y las políticas de solución (propuesta)

Desafíos	Políticas de solución
No se han definido las especificaciones ni los criterios básicos del plan, como por ejemplo, las dimensiones de las obras, puntos de control, las áreas de conservación, volumen de sedimentos de diseño, etc.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere definir las especificaciones y los criterios básicos del plan en base a los datos del historial de desastres, estudio en campo, etc. ● Se requiere elaborar las normas que indiquen el método de estudio. ● Actualmente se tienen solamente los datos numéricos de los daños de desastres, no así los registros detallados del alcance de desbordamiento y el régimen de descarga (nivel del agua de avenidas, profundidad inundada, profundidad de sedimentos acumulados. Se requiere construir un sistema para captar, centrar y procesar estos datos de desastres.
Falta de normas sobre la disposición y diseño de las obras. Las obras ejecutadas en algunos tramos parecen haber sido improvisadas. No existe un sistema de capacitación al personal técnico a nivel municipal.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere elaborar las normas y manuales para la definición de los criterios y concepto de diseño. <p>(Es importante no solo desarrollar el modelo de simulacro de alta complejidad para el análisis de las medidas requeridas, sino también desarrollar la metodología de analizar las medidas con cálculo manual para que los ingenieros de los gobiernos regionales puedan diseñar las medidas apropiadas),</p>
Las obras de protección con mallas de alambre son efectivas en los valles angostos. Sin embargo en realidad éstas han sido socavadas o erosionadas en su base.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere buscar la posibilidad de sustituirlas por obras más sólidas, comprendiendo la limitación de esta obra. ● La protección con mallas de alambre es, sin lugar a duda, una medida de emergencia efectiva, por lo que es necesario conocer su uso apropiado.
El dragado del curso de agua es un método efectivo para reducir las inundaciones.	<ul style="list-style-type: none"> ● Es un método de emergencia efectivo porque es relativamente fácil de ejecutar, y por la posibilidad de controlar la ocupación ilegal esclareciendo el alcance del área fluvial, por lo que se requiere continuar implementando este método. ● Al momento de ejecutar el dragado, se debe procurar no cambiar repentinamente el pendiente o la altura relativa del curso de agua. ● Sin embargo, es importante sensibilizar a la población local de que el dragado y la excavación del curso no es una medida permanente, y que es pertinente evacuarse ante un riesgo.
Existen varias quebradas con el extremo final desaparecido. Es difícil ejecutar el encauzamiento por la presencia de viviendas y caminos importantes que cruzan.	<ul style="list-style-type: none"> ● Para las pequeñas quebradas, se requiere incluir entre las opciones la regulación del volumen de sedimentos aguas arriba, y hacer fluir el agua poco densa sobre los caminos. ● Para los cursos de agua que no pueden dejar fluir las avenidas con seguridad, el primer paso para reducir los riesgos es la demarcación del área fluvial y el desplazamiento forzado de las edificaciones fuera de ésta, con fundamentos legales. Por lo tanto es urgente establecer el sistema legal necesario. ● De existir un sitio apropiado en la cuenca alta, es necesario buscar la posibilidad de construir las obras de control como son la presa de sedimentos, dique longitudinal, etc. (*1)

Desafíos	Políticas de solución
Las obras de control de sedimentos, por lo general, son ejecutadas por el respectivo gobierno local, por lo que su tamaño y calidad son limitados. Existen varias obras pequeñas construidas con la fuerza humana.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere revisar la necesidad de intensificar los métodos de ejecución mecanizado con el uso de la grúa <i>rough-terrain</i>, etc. (En el Japón, se utilizan las maquinarias pesadas similares en las obras de los ríos, pero en las quebradas, la ejecución es básicamente manual. En particular, el uso del camión grúa resulta útil para la ejecución de grandes obras). ● Dado que muchos tramos son difíciles de acceder, se requiere estudiar la posibilidad de adoptar otros métodos como la construcción de obras provisionales como son el cablevías, monorraíl para obras, etc. ● Considerando que son pocos los sitios que tienen una planta de hormigón mixto en la cercanía, se considera pertinente utilizar los miembros de hormigón prefabricado (presa de bloques, etc.) y el suelo – cemento. <hr/> <ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere transferir la función promotora y coordinadora de las obras al gobierno regional, etc. ya que va a ser difícil adoptar criterios únicos y coherentes si se ejecutan las obras a nivel municipal. ● Se requiere construir un sistema de evaluación del diseño por un organismo superior. (En Japón, las obras de control de sedimentos son ejecutadas por el gobierno prefectural. Sin embargo, el plan y el diseño son evaluados por el Ministerio de Tierras, Infraestructura, Transporte y Turismo que es un organismo de nivel superior).
Existen viviendas construidas por los ocupantes ilegales en las áreas de alto riesgo de deslizamientos y huaycos. Las áreas restringidas no son respetadas.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere desarrollar los instrumentos legales y construir un sistema de cumplimiento ● En cuanto a la creación de áreas restringidas, también es necesario estudiar la posibilidad de crear áreas designadas para el control de erosión, bosques de protección, áreas de alto riesgo de deslizamiento, etc. y de aplicar incentivos fiscales como se hace en Japón. <p>(Se requiere definir las políticas sobre la adquisición o expropiación de tierras - privadas y públicas- necesarias, acordes con la realidad peruana).</p>
Chosica es un distrito rodeado de cerros y es avenado por un río relativamente grande que divide el distrito en dos segmentos. Se puede decir que son pocas las áreas de bajo riesgo en este distrito.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere elaborar un mapa de peligro indicando el nivel de riesgo según quebradas, y evaluar las prioridades tomando en cuenta la importancia de los elementos a conservar. ● Otra alternativa sería concentrar las obras de protección y crear las zonas seguras. (*2) <hr/> <p>En Santa Eulalia, la emisión de la alerta basada en el monitoreo de los datos de pluviómetros ha contribuido a evacuar oportunamente los habitantes locales, y a lograr cero fallecidos en las inundaciones de 2017.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Es necesario sensibilizar a la población sobre las áreas de alto riesgo y crear el sistema de evacuación como medidas no estructurales, siguiendo el ejemplo de Santa Eulalia.

*1: Es necesario tener en cuenta que diseñar las presas de retención de sedimentos o diques longitudinales, sin fundamentarse en datos precisos del volumen de sedimentos, etc. puede agravar los daños cuando ocurre una fuerza externa excedente.

*2: En Japón la evaluación del riesgo de las quebradas se realiza mediante el sistema de por puntajes. Se considera necesario discutir en el Perú sobre la metodología que se podría adoptar en el país para reducir los riesgos de deslizamientos y huaycos tomando en cuenta el tiempo y el presupuesto requeridos para ejecutar las medidas.

13.3.4 Cálculo de desbordamiento de los ríos Piura y Chancay-Lambayeque

En el Capítulo 7 se realizó el análisis de inundaciones utilizando el modelo RRI aplicando las condiciones de precipitación en la cuenca ocurrida en 2017, y se evaluaron las condiciones generales de inundaciones en la cuenca en base a los resultados del análisis.

En esta sección se describe detalladamente el proceso de revisión del modelo de inundaciones y desbordamiento elaborado antes de los eventos de 2017, aplicando los resultados del reconocimiento en campo ejecutado este año.

Las cuencas objeto de la revisión son las del río Piura y de los ríos Chancay-Lambayeque que han sido

seleccionadas como áreas prioritarias o modelo en el presente Estudio, y donde se ejecutó el reconocimiento en campo para conocer los daños reales de inundaciones.

(1) Calibración del modelo RRI de la cuenca del río Piura con los datos de las inundaciones de 2017

Lineamientos de calibración del modelo RRI: Revisar el curso del río del tramo aguas (capacidad hidráulica) tomando en cuenta el avance en la acumulación de sedimentos sobre el lecho y modificar el modelo para que se produzca la inundación aguas abajo.

Se realizó el análisis de inundaciones aplicando los datos de precipitación de 24 horas del 25 de marzo, fecha en que ocurrió el exceso de lluvias más intenso en el período enero – marzo de 2017 dentro de la cuenca, utilizando el modelo RRI construido para el río Piura antes de las inundaciones de 2017. Se tomaron los datos de las mismas estaciones de monitoreo de precipitación indicadas en la Tabla 13.3.4. Se procesaron estos datos aplicando los polígonos de Thiessen para asumir la distribución espacial de las lluvias dentro de la cuenca. Para las precipitaciones en 24 horas de cada estación se asumió una forma de onda tipo centrado convirtiendo en las precipitaciones horarias.

De acuerdo con las entrevistas con varios oficiales del Proyecto Chira-Piura para conocer las necesidades de cooperación durante la sexta etapa del estudio en Perú, la capacidad hidráulica del río Piura en la ciudad de Piura se redujo de 3700 m³/s a 1700 m³/s, es decir aprox. 2000 m³/s menos. Esta reducción se debe a la disminución de la sección transversal del cauce por la acumulación de sedimentos en los tramos aguas abajo. En base a esta información, se revisaron las condiciones del curso del río del modelo RRI, y se reconstruyó un nuevo modelo. .

En la Figura 13.3.106 se presentan los resultados del modelo de análisis de inundaciones calibrado. De acuerdo con las entrevistas realizadas, no existe todavía un mapa del área inundada con los eventos de 2017, por lo que el alcance real de las inundaciones no es claro. Sin embargo, al considerar:

- ✓ que grandes daños se produjeron en la ciudad de Piura y sus alrededores;
- ✓ por la profundidad inundada verificada en el sitio;
- ✓ y porque el caudal de inundaciones en la ciudad ha sido de 3,500 m³/s,

se consideró que el modelo calibrado coincide casi totalmente con los fenómenos reales de inundación.

Luego se procedió a modificar los cálculos de los Capítulos 7 al 11 utilizando el nuevo modelo.

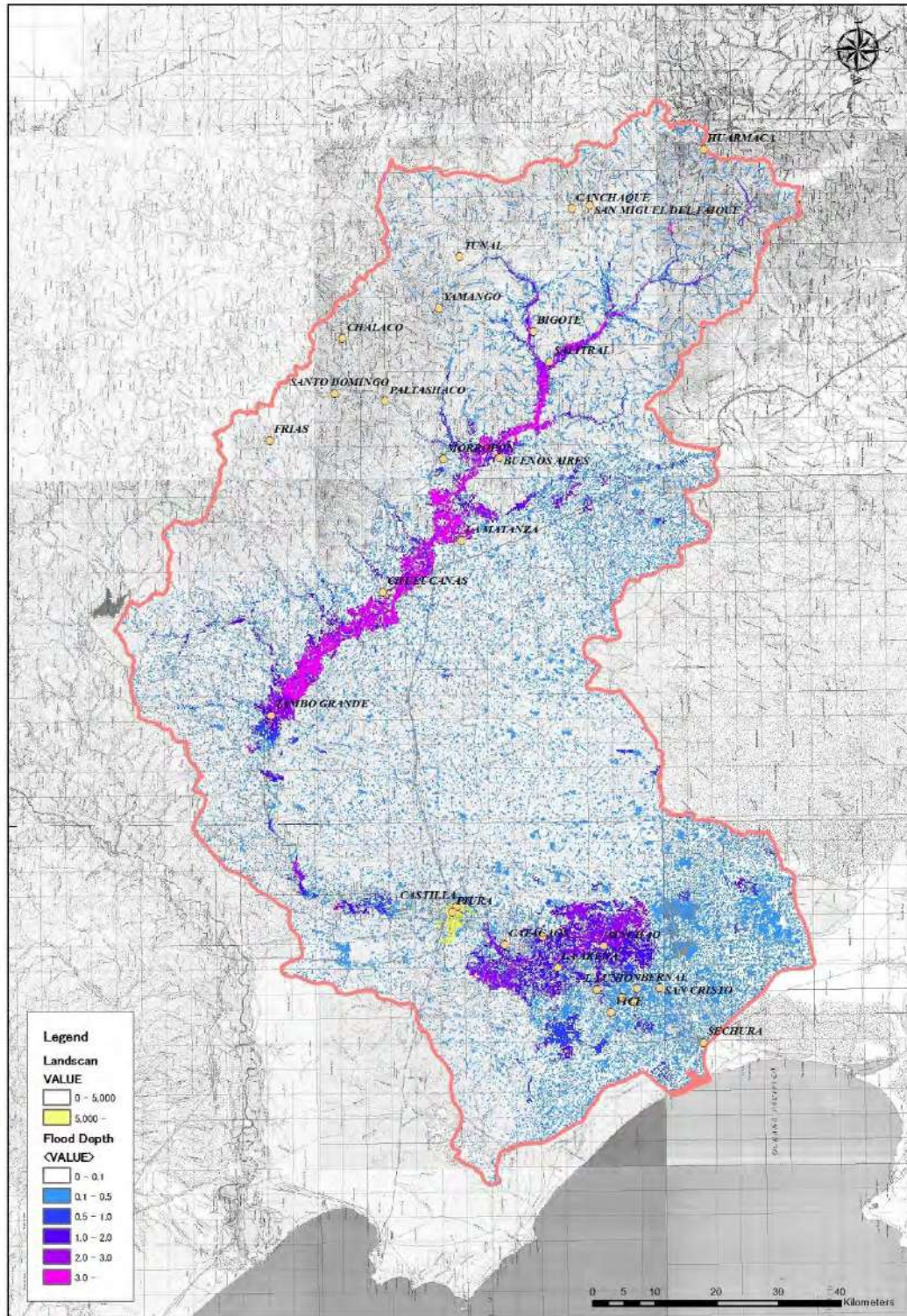


Figura 13.3.106 Resultados del análisis de inundaciones del río Piura por el exceso de lluvias del 25 de marzo de 2017 (distribución de la profundidad máxima inundada)

(2) Ríos Chancay-Lambayeque

Lineamientos de calibración del modelo RRI: Los fenómenos reales de inundación han coincidido en su mayoría con los resultados arrojados por el modelo. Sin embargo, se incorporó el efecto del mejoramiento fluvial ejecutado en el tramo aguas abajo.

Se realizó el análisis de inundaciones aplicando los datos de precipitación de 24 horas del 12 de marzo, fecha en que ocurrió el exceso de lluvias más intenso en el período enero – marzo de 2017 dentro de la cuenca, utilizando el modelo RRI construido para los ríos Chancay-Lambayeque antes de las inundaciones de 2017.

Se tomaron los datos de las mismas estaciones de monitoreo de precipitación indicadas en la Tabla 13.3.9. Se procesaron estos datos aplicando los polígonos de Thiessen para asumir la distribución espacial de las lluvias dentro de la cuenca. Para las precipitaciones en 24 horas de cada estación se asumió una forma de onda tipo centrado convirtiendo en las precipitaciones horarias.

En la Figura 13.3.107 se presentan los resultados del modelo de análisis de inundaciones calibrado. De acuerdo con la información recopilada a través de las entrevistas con los actores locales, la inundación se produjo solo en Eten, aguas más abajo, pero su magnitud ha sido reducida y no se produjeron grandes inundaciones en otros tramos. Los resultados del cálculo con el modelo calibrado coinciden casi completamente con la información recopilada a través de las entrevistas. Por lo tanto, para los valores arrojados en el cálculo descrito en los Capítulos 7 al 11 del presente Informe, se utilizó el modelo RRI calibrado.

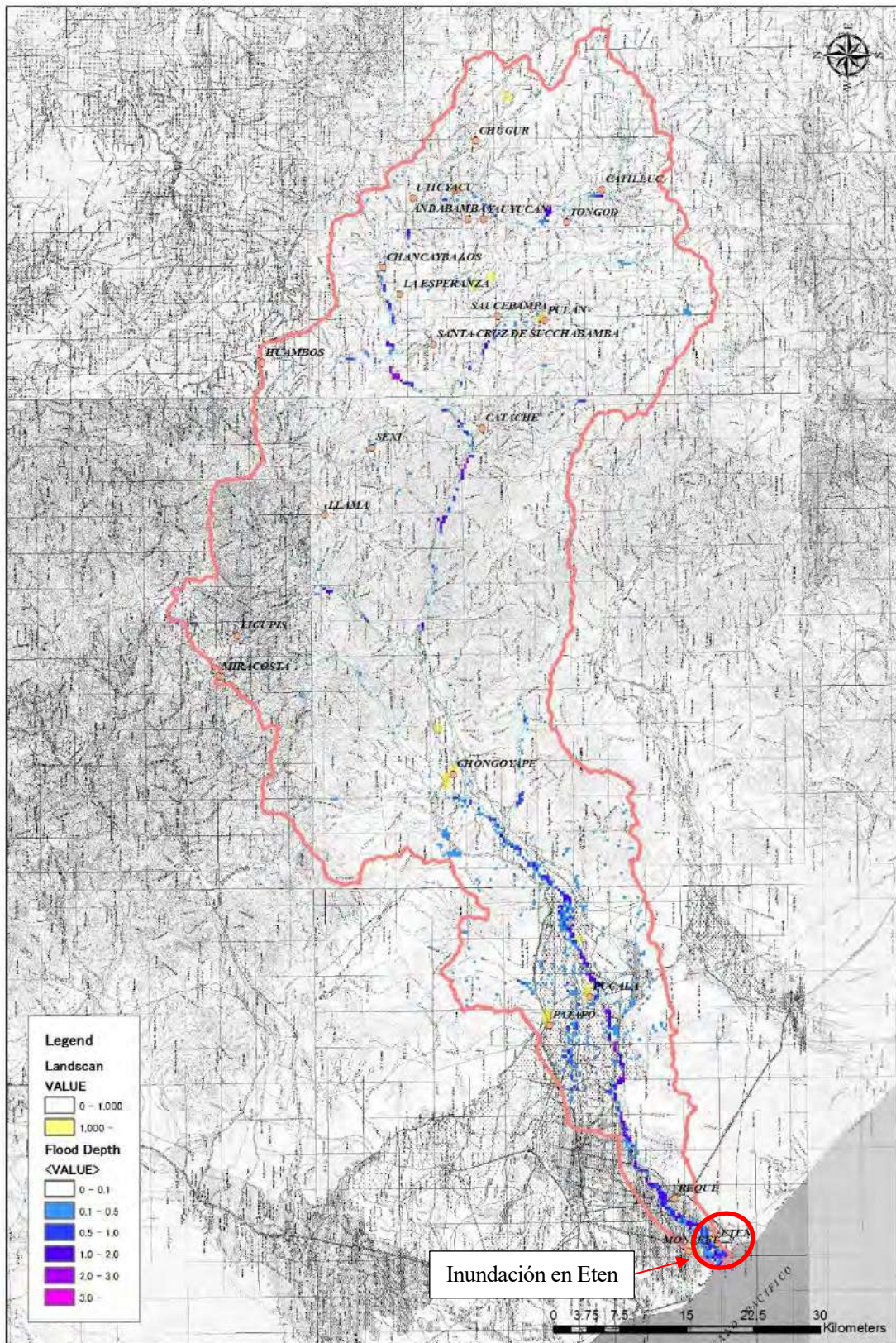


Figura 13.3.107 Resultados del análisis de inundaciones de los ríos Chancay - Lambayeque por el exceso de lluvias del domingo, 12 de marzo de 2017 (distribución de la profundidad máxima inundada)

Capítulo 14 Resumen de los Resultados del Estudio a la Fecha

14.1 Resumen de los resultados del Estudio

14.1.1 Resumen en este Capítulo

Tal como se ha explicado en el Capítulo 4, en este Estudio las 159 cuencas en el Perú han sido categorizadas en diez (10) tipos en términos de características naturales, sociales y económicas. Basándose en esta categorización, se han estimado los costos y beneficios de los proyectos para doce (12) cuencas de río, así como los análisis de inundaciones respectivos.

Entre ellas, el cálculo para las cuencas Chira-Piura y Chancay-Labayeque se ha modificado de acuerdo con el resultado del estudio de exploración en el sitio de los daños causados por la inundación de 2017.

Según el resultado de lo arriba mencionado, en este Capítulo se ha hecho:

- La verificación del “reconocimiento del costo total estimado de los proyectos de control de inundaciones en el Perú” y “cuencas o grupos de cuencas que requieran un proyecto de control de inundaciones prioritariamente”.

Además, se han identificado problemas de la administración del control de inundaciones en el Perú mediante el proceso del estudio de verificación del costo de los proyectos de control de inundaciones y el grado de prioridad arriba mencionados, y se han resumido:

- Recomendaciones para la mejora de la administración del control de inundaciones que el Perú debería efectuar en el futuro (como plan de matriz política en el Préstamo Stand-By para la Reconstrucción Post-Desastre).

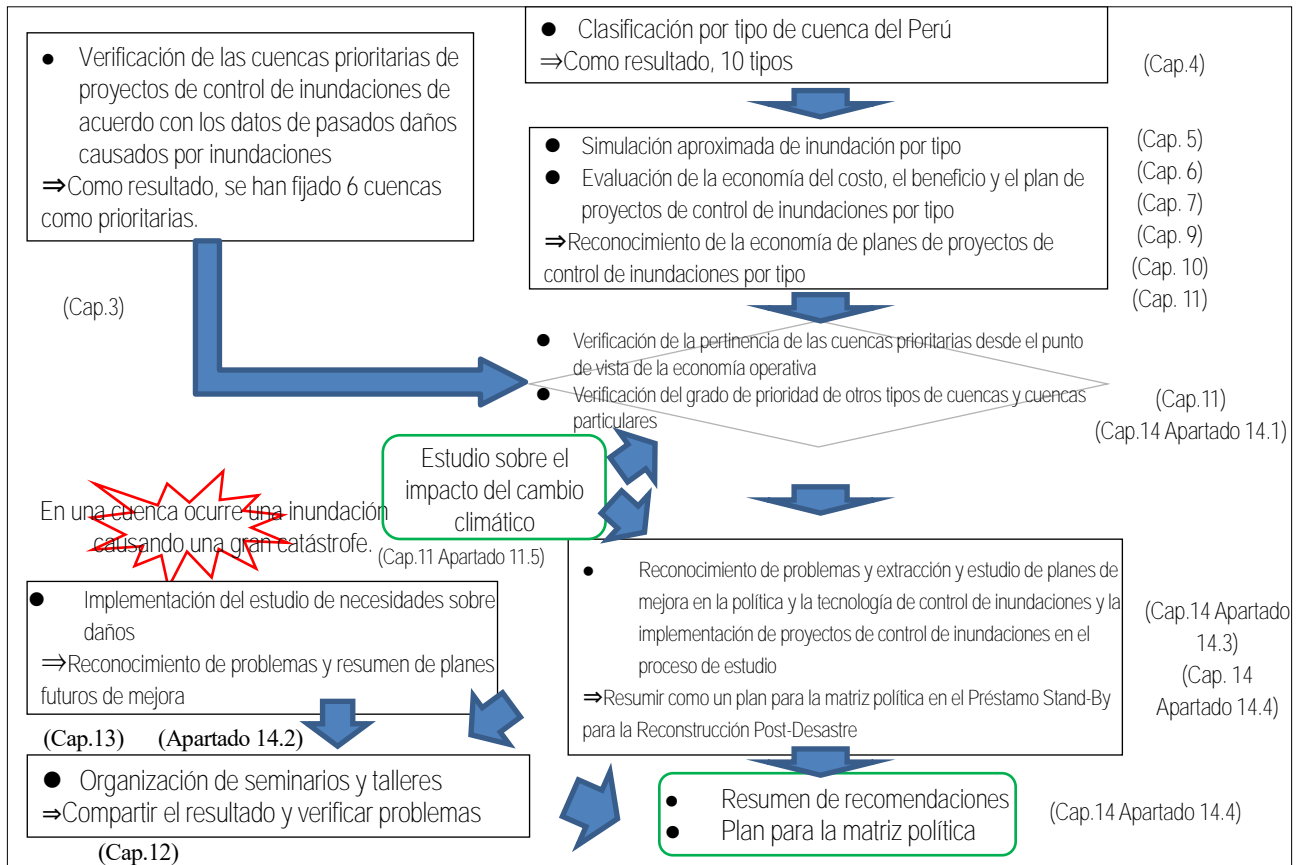


Figura 14.1.1 Sumario de temas estudiados en el presente Estudio y temas resumidos en el presente Capítulo

14.1.2 Visión general de los proyectos de control de inundaciones en el Perú

A continuación se resumen los proyectos de control de inundaciones de las 159 cuencas en el Perú. Como resultado, se han resumido las conclusiones solo para la prevención y mitigación de la inundación del canal principal y no se han incluido el manejo de desastres por sedimentos tales como obras de dragado ni el tratamiento de pequeños afluentes para el tema de los huaycos en la zona de montaña, así como temas relacionados a los sistemas de drenaje en las áreas urbanas.

(1) Costo total estimado de proyecto en todas las cuencas

El costo total estimado para el control de inundaciones en todo el Perú ha sido estimado en S/ 4 a 6 mil millones para el proyecto con una escala de 50 años de periodo de retorno y de S/ 5.3 a 8.6 mil millones para el proyecto con una escala de 100 años de periodo de retorno, respectivamente, basándose en la utilización de los cuatro (4) parámetros asumidos: “Área de Captación”, “Longitud del Canal Principal del Río”, “Número de Pobladores en la Cuenca del Río” y “Número de Puntos Críticos en la Cuenca”, tal como se muestra en la Tabla 14.1.1.

Tabla 14.1.1 Costo total estimado para proyectos de control de inundación en las 159 cuencas

Hipótesis basada en la estimación de cuenca de río modelo	Escala de Proyecto de Control de Inundación (Periodo de Retorno)					
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Extrapolación por ratio de área de captación	938.2	1874.9	2683.6	4234.6	5865.3	8583.5
Extrapolación por ratio de longitud de canal de río	842.6	1673.5	2414.0	3775.3	5059.7	7391.6
Extrapolación por ratio de población	669.6	1411.0	2039.0	3055.9	3988.3	5306.8
Extrapolación por ratio de número de puntos críticos	759.2	1734.6	2550.2	3944.1	5234.7	7407.2

Nota: Los costos arriba mencionados no incluyen los precios de contingencia.

Unidad: S/. millón

(2) Total estimado de beneficios del proyecto y evaluación económica de todas las cuencas

Por otro lado, los beneficios totales como promedio anual generados por los proyectos de control de inundaciones de los principales ríos del Perú, los cuales están compuestos por la mitigación de daños a la agricultura, daños a las viviendas, daños a la infraestructura pública, así como daños por sufrimiento humano, están estimados y se muestran en la Tabla 14.1.2.

Tabla 14.1.2 Beneficio Total asumido para proyectos de control de inundación en los principales ríos del Perú (beneficio: cantidad anual esperada de mitigación de daño)

Hipótesis basada en la estimación de cuenca de río modelo	Escala de proyecto de control de inundación (periodo de retorno)					
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Extrapolación por ratio de área de captación	241.3	653.9	904.2	1114.3	1208.1	1265.6
Extrapolación por ratio de longitud de canal de río	213.1	578.4	806.6	996.6	1081.5	1133.4
Extrapolación por ratio de población	165.2	416.2	568.9	688.2	739.6	770.6
Extrapolación por ratio de número de puntos críticos	184.9	509.2	703.7	871.9	947.2	993.1

Unidad: S/. millón

Basándose en la premisa de que las cifras de los indicadores económicos (TIRS, VANS y B/C) del costo de control de inundaciones en todo el Perú, según el costo estimado de proyectos y los beneficios arriba mencionados, son hipótesis con la aplicación de parámetros e indican la tendencia, se obtienen las cifras mostradas en la Tabla 14.1.3.

Tabla 14.1.3 Evaluación económica de los proyectos de control de inundación en los principales ríos del Perú

Hipótesis por extrapolación		Índice	Escala de proyecto de control de inundación (periodo de retorno)					
Costo de proyecto	Beneficio		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Área de captación	Área de captación	TIRS	37%	45%	44%	37%	31%	26%
		VANS	2 369M	3 887M	5 371M	5 161M	4 175M	3 269M
		B/C	3.5	3.7	4.1	3.6	2.9	2.4
Longitud del canal del río	Longitud del canal del río	TIRS	37%	44%	42%	36%	32%	26%
		VANS	2 190M	3 623M	5 095M	4 435M	4 143M	3 187M
		B/C	3.5	3.7	4.1	3.2	3.0	2.4
Población	Población	TIRS	36%	40%	38%	33%	29%	25%
		VANS	2 013M	2 939M	4 006M	3 637M	3 131M	2 818M
		B/C	3.7	3.5	3.7	3.0	2.6	2.3
Puntos Críticos	Puntos Críticos	TIRS	35%	38%	36%	31%	28%	23%
		VANS	2 030M	3 013M	4 087M	3 514M	3 311M	2 606M

Hipótesis por extrapolación		Índice	Escala de proyecto de control de inundación (periodo de retorno)					
Costo de proyecto	Beneficio		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
		B/C	3.4	3.2	3.4	2.8	2.6	2.1
Longitud del canal del río	Área de captación	TIRS	40%	49%	47%	40%	35%	28%
		VANS	2 448M	4 182M	5 883M	5 156M	4 815M	3 728M
		B/C	3.8	4.1	4.5	3.6	3.3	2.6
Población	Área de captación	TIRS	46%	55%	53%	46%	40%	34%
		VANS	2 667M	4 542M	6 313M	6 006M	5 352M	4 857M
		B/C	4.5	4.8	5.3	4.3	3.7	3.3
Puntos críticos	Área de captación	TIRS	42%	47%	45%	38%	34%	28%
		VANS	2 591M	4 140M	5 610M	4 928M	4 644M	3 716M
		B/C	4.1	4.0	4.3	3.5	3.2	2.6
Área de captación	Población	TIRS	30%	33%	32%	27%	23%	20%
		VANS	1 749M	2 445M	3 342M	3 094M	2 414M	1 833M
		B/C	2.8	2.7	3.0	2.5	2.1	1.8

Unidad: TIRS: % VANS: S/. millón B/C: Ratio

La combinación del “ratio de área de captación” en el costo total estimado de los proyectos y el “ratio de población” en el beneficio será la menos económica. Sin embargo, aun en este caso, todos los proyectos de control de inundaciones por escala superan la tasa social de descuento del Perú, de 10%, por lo que las escalas de los proyectos de control de inundaciones propuestas por ANA:

- Área Agrícola: Periodo de Retorno Inundación de 50 años
- Zona Urbana: Periodo de Retorno Inundación de 100 años

se considerarían apropiadas en la evaluación económica con cálculos aproximados de los proyectos en todo el Perú.

14.1.3 Características principales de los proyectos de control de inundación por tipo

El desglose de los costos del proyecto, de los beneficios del proyecto y de los índices de evaluación económica para cada tipo se muestran en esta subsección.

Tabla 14.1.4 muestra la clasificación de cada tipo de cuenca de río.

Tabla 14.1.4 Cuenca de río modelo (duplicado)

Tipo	Características	Puntos a considerar al planificar y diseñar el Control de Inundación (Referido Capítulo 7)	No. de cuencas de río	Cuenca de río modelo
Tipo 1	Población pequeña y PBI per cápita pequeño.	Se espera que el área protegida sea limitada, de tal manera que se supone un beneficio no tan alto.	57	Biabo
Tipo 2	Población pequeña y PBI per cápita grande. El sector económico secundario es el típico.	Se espera la protección inteligente de lugares importantes como carreteras y sembríos debido a beneficios limitados.	30	Locumba
Tipo 3	Cuencas del Pacífico. Población grande y PBI per cápita pequeño. Poca lluvia y pendiente del río pronunciada.	No solo mitigación de inundación, también el manejo de sedimentos debe de ser considerado debido a las características topográficas.	7	Chancay-Lambayeque
Tipo 4	Cuencas del Pacífico. Población grande y PBI per cápita pequeño. Poca lluvia y pendiente del río suave. El sector económico terciario es típico.	Medidas de mitigación típicas japonesas pueden ser aplicables debido a la similitud de características del río.	3	Piura-Chira*

Tipo	Características	Puntos a considerar al planificar y diseñar el Control de Inundación (Referido Capítulo 7)	No. de cuencas de río	Cuenca de río modelo
Tipo 5	Cuencas del Pacífico. Población grande y PBI per cápita grande. Poca lluvia y pendiente del río pronunciada.	Se deberá de considerar la ubicación de un gran número de casas debido a la construcción de una gran presa.	24	Rimac* and Ica*
Tipo 6	Cuencas del Amazonas. Población grande y PBI per cápita pequeño. Poca lluvia y pendiente del río pronunciada.	No solo mitigación de inundación, también el manejo de sedimentos debe de ser considerado debido a las características topográficas.	9	Mantaro*
Tipo 7	Cuencas del Amazonas. Población grande y PBI per cápita pequeño. Mucha lluvia y pendiente del río pronunciada.	No solo mitigación de inundación, también el manejo de sedimentos debe de ser considerado debido a las características topográficas	8	Huallaga*
Tipo 8	Cuencas del Amazonas. Población grande y PBI per cápita pequeño. Mucha lluvia y pendiente del río suave.	Se espera la protección inteligente de lugares importantes como sembrío y área residencial.	7	Nanay
Tipo 9	Cuencas del Amazonas. Población grande y PBI per cápita grande. Pendiente del río pronunciada. El sector económico secundario es el típico.	No solo mitigación de inundación, también el manejo de sedimentos debe de ser considerado debido a las características topográficas. La red de transporte y manufactura tiene que ser protegida.	4	Urubamba*
Tipo 10	Cuencas del Títicaca. Población grande y PBI per cápita pequeño. Poca lluvia y pendiente del río pronunciada. El sector económico primario es el típico.	Se espera la protección inteligente de lugares importantes como carreteras y sembríos.	6	Ramis**

* : Cuencas de Río Priorizadas ** : Cuencas de río recomendadas como Cuencas de Río Priorizadas

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

Todos los costos estimados de los proyectos, los beneficios y los indicadores económicos mencionados en el presente apartado 14.1.3 muestran las cifras de evaluación en caso de la extrapolación de:

- El parámetro más adecuado para la extrapolación del costo estimado del proyecto: área de captación
- El parámetro más adecuado para la extrapolación del beneficio del proyecto: población

que son de la evaluación económica mínima.

(1) Costo total estimado del proyecto de control de inundaciones por tipo

Los costos estimados del proyecto para el control de inundaciones por cada tipo se muestran en la siguiente Tabla 14.1.5.

Tabla 14.1.5 Resumen de costos estimados de los proyectos de control de inundaciones por tipo (parámetro: área de captación)

Unidad: S/. millón

Tipo	Cuenca modelo (no. de cuencas de ríos incluidos)	Escala de la inundación (periodo de retorno)					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo (57)	0	21.9	95.8	393.0	1 043.3	1 644.1
2	Locumba (30)	0	0	31.4	39.9	62.4	98.4
3	Chancay-Lambayeque (7)	25.9	299.5	500.9	741.7	814.7	1 022.7
4	Piura & Chira (3)	12.1	44.3	81.0	148.1	222.3	537.1

Tipo	Cuenca modelo (no. de cuencas de ríos incluidos)	Escala de la inundación (periodo de retorno)					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
5	Rímac & Ica (24)	12.8	18.8	25.4	218.8	460.3	1 538.8
6	Mantaro (9)	104.5	205.1	208.2	222.2	263.4	341.9
7	Huallaga (8)	539.0	839.9	1 037.7	1 279.6	1 385.7	1 502.3
8	Nanay (7)	190.7	257.7	295.4	378.3	476.6	517.2
9	Urubamba (4)	6.9	6.9	166.0	514.4	769.6	934.6
10	Ramis (6)	46.4	180.9	242.0	298.8	366.8	446.3
Total (159)		938.2	1 874.9	2 683.6	4 234.6	5 865.3	8 583.5

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

La escala de los proyectos de control de inundaciones por tipo no muestra las características de cada cuenca debido a que el número de cuencas de río clasificadas en cada tipo es diferente. Sin embargo, el costo estimado de los proyectos del tipo que tiene la característica de mayor caudal de inundación, como “el terreno escarpado con muchas precipitaciones”, tiende a incrementarse.

(2) Esbozo de los resultados totales de beneficio y evaluación económica de las 159 cuencas

Los beneficios del proyecto de control de inundaciones por cada tipo se muestran a continuación en la Tabla 14.1.6.

Tabla 14.1.6 Resumen del beneficio total basado en el rango de población en cuencas de río por tipo (cantidad anual esperada de mitigación de daño)

Unidad: S/. millón

Tipo	Cuenca modelo (no. de cuencas de ríos incluidos)	Escala de la inundación (periodo de retorno)					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo (57)	0	2.3	3.9	5.3	6.2	6.9
2	Locumba (30)	0	0	15.2	15.2	15.3	15.3
3	Chancay-Lambayeque (7)	4.1	24.0	37.6	51.5	58.5	62.9
4	Piura & Chira (3)	2.7	3.3	3.9	4.8	5.5	5.9
5	Rímac & Ica (24)	0.7	10.0	16.6	24.0	27.8	30.2
6	Mantaro (9)	4.7	12.2	16.0	18.4	19.3	19.7
7	Huallaga (8)	102.6	252.5	324.7	378.1	399.5	411.5
8	Nanay (7)	31.1	65.9	82.5	95.1	99.8	102.7
9	Urubamba (4)	11.9	23.8	38.6	60.4	70.5	76.7
10	Ramis (6)	7.4	22.1	30.0	35.3	37.4	38.7

Tipo	Cuenca modelo (no. de cuencas de ríos incluidos)	Escala de la inundación (periodo de retorno)					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
	Total (159)	165.2	416.2	568.9	688.2	739.6	770.6

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

Basándose en la estimación de costos y beneficios del proyecto arriba mencionados, así como en los costos y beneficios adicionales de las obras de control de la erosión en cada uno de los puntos críticos, los índices económicos para el control de inundaciones por cada tipo han sido estimados en la Tabla 14.1.7.

Tabla 14.1.7 Evaluación económica de los proyectos de control de inundación por tipo

Parámetro por beneficio: c. Población / Parámetro por costo de proyecto: A. Área de captación

Tipo	Cuenca de río modelo	Index	Escala de la inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo (57)	TIRS	51%	27%	10%	-4%	-17%	-
		VANS	61M	58M	-2M	-269M	-720M	-
		B/C	8.6	2.9	1.0	0.3	0.1	0.1
2	Locumba (30)	TIRS	51%	51%	44%	39%	30%	21%
		VANS	146M	146M	141M	135M	121M	91M
		B/C	8.6	8.6	6.8	5.5	3.7	2.2
3	Chancay-Lambayeque (7)	TIRS	35%	11%	8%	6%	6%	3%
		VANS	138M	29M	-52M	-158M	-163M	-290M
		B/C	4.2	1.1	0.9	0.8	0.8	0.6
4	Piura-Chira (3)	TIRS	39%	25%	18%	12%	8%	-1%
		VANS	143M	116M	85M	26M	-33M	-304M
		B/C	5.5	2.8	1.9	1.2	0.9	0.4
5	Rímac, Ica (24)	TIRS	46%	51%	54%	28%	19%	5%
		VANS	614M	683M	728M	596M	406M	-321M
		B/C	7.3	7.6	7.7	3.1	1.8	0.7
6	Mantaro (9)	TIRS	17%	13%	14%	15%	12%	9%
		VANS	75M	43M	71M	78M	47M	-23M
		B/C	1.6	1.2	1.3	1.3	1.2	0.9
7	Huallaga (8)	TIRS	24%	35%	37%	35%	34%	32%
		VANS	507M	1 284M	1,551M	1 634M	1 692M	1 591M
		B/C	2.0	2.8	2.9	2.7	2.6	2.4
8	Nanay (7)	TIRS	25%	44%	51%	47%	40%	39%
		VANS	191M	595M	828M	969M	915M	935M
		B/C	2.0	3.4	4.0	3.7	3.1	3.0
9	Urubamba (4)	TIRS	78%	131%	26%	11%	7%	5%
		VANS	174M	269M	223M	38M	-117M	-209M
		B/C	9.9	14.7	2.3	1.1	0.8	0.7
10	Ramis (6)	TIRS	28%	16%	15%	14%	11%	9%
		VANS	101M	90M	93M	81M	33M	-28M
		B/C	2.8	1.5	1.4	1.3	1.1	0.9
Total (159)		TIRS	30%	33%	32%	27%	23%	20%
		VANS	1 749M	2 445M	3 342M	3 094M	2 414M	1 833M
		B/C	2.8	2.7	3.0	2.5	2.1	1.8

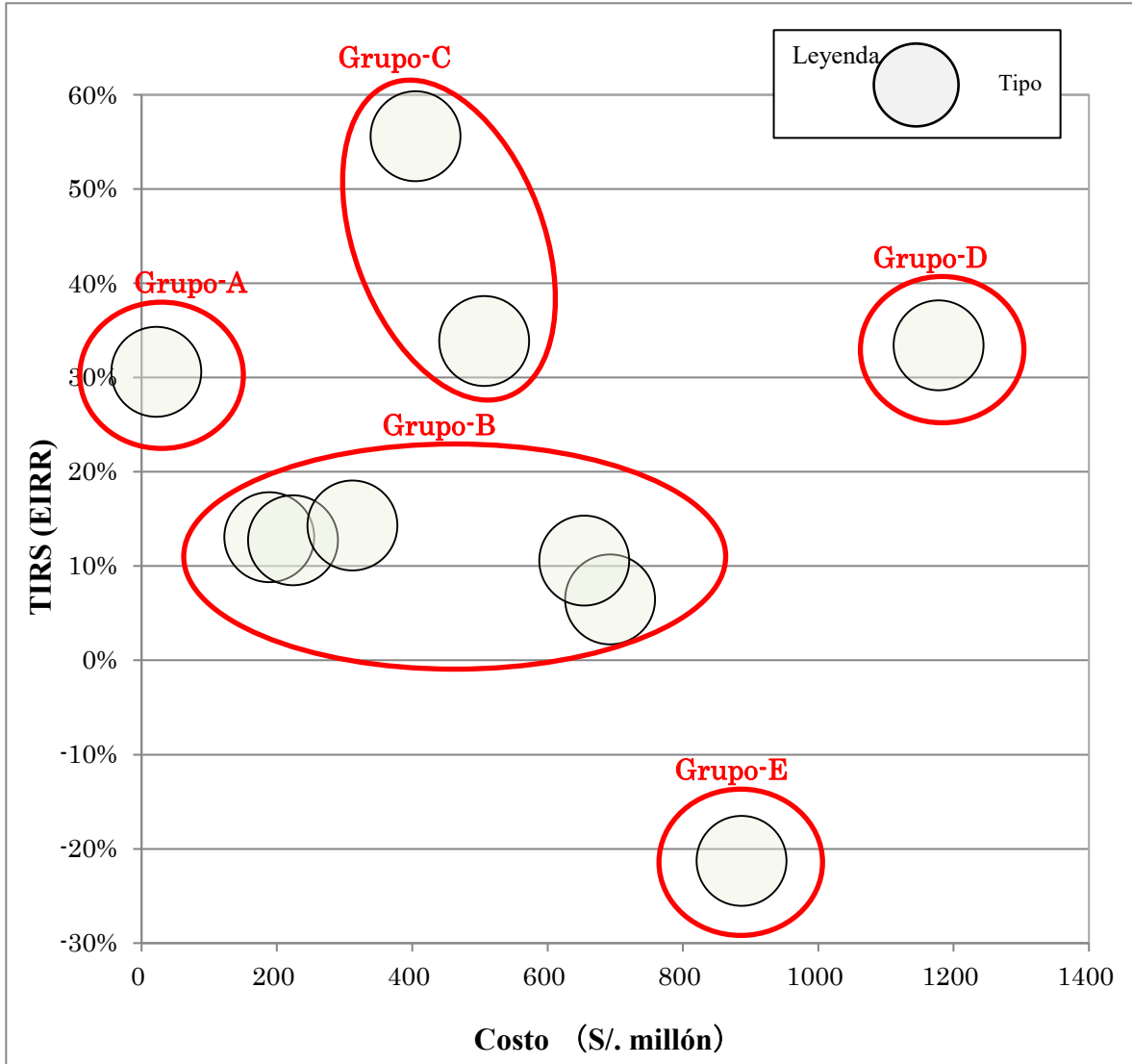
* : En cuanto a Locumba, los resultados con Control de Erosión han sido adaptados en total.

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

(3) Análisis en el resumen por tipo

(a) Agrupación por tipo y organizaciones ejecutoras (plan)

En la Figura 14.1.1 se muestra la relación entre TIRS y el costo estimado de los proyectos, según el costo estimado de los proyectos, los beneficios y los indicadores económicos por tipo antes mencionados. Debido a que el análisis presente es aproximado, se necesita una investigación más detallada para calcular el costo exacto del proyecto. Cabe mencionar que se ha descartado la aclaración del nombre de los tipos con el motivo de precisar que las características de determinado tipo son meramente valores de referencia.



Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

Figura 14.1.2 Agrupando por tipos

Como se muestra en la Figura 14.1.1, los proyectos de control de inundaciones de las cuencas tienen diversas características económicas según el tipo, por lo que se supone que cada una de las 159 cuencas tendría su propia característica para elaborar un plan detallado de control de inundaciones en una cuenca particular.

Por ejemplo, como se muestra en la Figura 14.1.1, sería posible agruparlos en grupos aún más grandes

Por consiguiente, las organizaciones relacionadas necesitarán estudiar un incremento del reparto presupuestario para proyectos de control de inundaciones antes de que las entidades gestoras de cada cuenca presenten su solicitud presupuestaria basada en el plan detallado del control de inundaciones., Esto se debe a que, según un cálculo muy aproximado, se requerirá un presupuesto nacional anual de S/.300 millones solamente para el control de inundaciones al intentar implementar proyectos de control de inundaciones en todo el país en los próximos 30 años.

Además, será necesario contar con un sistema de implementación de proyectos para ejecutar paralelamente diversos tipos de proyectos de control de inundaciones.

14.1.4 Resumen del estudio sobre cuencas de río priorizadas

En esta subsección están resumidos los resultados individuales para seis (6) cuencas seleccionadas como “Cuenas de Río Priorizadas” en el Estudio. Se acompañan de recomendaciones para la implementación de los proyectos de control de inundaciones en términos de los aspectos relacionados a la ingeniería del río.

(1) Ríos Piura-Chira

Las obras de control de inundaciones propuestas por este Estudio para la cuenca de los ríos Piura-Chira están resumidas a continuación en la Tabla 14.1.10.

Tabla 14.1.10 Resumen de proyecto de control de inundación para los ríos piura-chira

Tipo	Ítem	Índice	Escala de la inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
4	General	Área de captación	21,698 km ²					
		Población	1,449,000					
	Daño x inundación	Costo daño estimado (Piura)	2.9M	24.5M	67.1M	145.1M	220.9M	300.1M
		Costo daño estimado (Chira) (S/. millón)	0.1M	0.5M	4.7M	11.7M	23.2M	35.0M
		Costo daño estimado (Todos) (S/. millón)	3.0M	25.0M	71.8M	156.8M	244.1M	335.1M
	Proyecto control inundación	Costo estimado del proyecto (S/. millón)	1.37M	21.06M	70.54M	123.78M	193.55M	365.54M
		Beneficio fijo anual (S/. millón)	2.44M	2.99M	3.54M	4.38M	4.95M	5.38M
	Evaluación proyecto (Alt-1)	B/C	31%	20%	15%	10%	10%	4%
		Área de captación	58M	44M	28M	4M	0M	-94M
		Población	3.4	1.9	1.4	1.0	1.0	0.6

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

La mayoría de las áreas importantes a lo largo de los tramos principales de los ríos Chira-Piura han sido protegidas contra un periodo de retorno de 50 años debido a los tremendos daños ocasionados por el fenómeno de El Niño en los años 80 y 90. Por lo tanto, los daños relacionados a inundaciones frecuentes, tales como inundaciones en 2 años, 5 años y 10 años, son muy limitados. Sin embargo, los daños asumidos para un periodo de retorno de 100 años se estiman en S/ 50 millones. Por lo tanto, el incremento del nivel de protección de 50 a 100 años deberá de ser llevado a cabo paso a paso.

En el Estudio, la evaluación económica de los proyectos de control de inundaciones de la cuenca de los ríos Chira-Piura no es tan alta por lo que no se recomiendan obras de inmediata implementación. El monto estimado del costo del proyecto para la cuenca de los ríos Chira-Piura de alrededor de S/ 600 millones para 100 años de periodo de inundación ha resultado de una estimación horizontal igualitaria. En relación a esto, los métodos mas económicos para le mejora de los niveles de protección deberán de ser considerados de acuerdo con las siguientes ideas:

- Elevar la altura de los diques existentes.
- Construcción de paredes de parapeto contra inundaciones en los diques existentes

Por otro lado, los siguientes temas y problemas han aparecido en la cuenca del Chira-Piura:

- Sedimentación que ha estado afectando el volumen de almacenaje en las represas.
- Sedimentación que ha afectado el flujo del río en los estuarios.
- Erosión de los bancos del río en los tramos intermedios.

Estos temas deberán de ser escudriñados y el presupuesto para manejar estos problemas deberá ser asegurado adicionalmente a los costos de proyecto propuesto en el Estudio.

(2) Río Rímac

Las obras de control de inundaciones propuestas para la cuenca del río Rímac en este Estudio están resumidas a continuación en la Tabla 14.1.11.

Tabla 14.1.11 Resumen de proyecto de control de inundación del río Rímac

Tipo	Ítem	Índice	Escala de la inundacion (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
5	General	Área de Captación	3,504 km ²					
		Población	5,579,000					
	Daño x inundación	Costo de Daño Estimado	0.5M	0.7M	0.7M	0.7M	1.0M	1.0M
		Costo Estimado del Proyecto (S/. Millón)	1.21M	1.77M	1.77M	2.56M	3.57M	3.96M
	Proyecto Control inundacion	Beneficio Fijo Anual (S/. Millón)	2.44M	2.99M	3.54M	4.38M	4.95M	5.38M
		TIRS	43%	43%	44%	42%	40%	40%
	Evaluación económica	VANS	35M	36M	36M	36M	35M	35M
		B/C	5.9	5.8	5.8	5.5	5.1	4.9

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

Como se muestra en la tabla anterior, en la cuenca del río Rímac, que es la cuenca prioritaria, ocurren inundaciones solamente en áreas limitadas de los tramos medio y superior de su curso principal porque el tramo inferior ya está protegido por diques (principalmente de hormigón) hasta la escala del período de retorno de 100 años. Sin embargo, los daños indirectos de las inundaciones de las áreas limitadas mencionadas son grandes: paralización del tráfico de carreteras, etc. Aunque en la tabla anterior se calculan solamente 4 pérdidas causadas por inundaciones: terreno agrícola, viviendas, infraestructura y fuerza laboral, en realidad los daños indirectos no calculados en el presente estudio sería mucho mayor.

Debido a que dichas inundaciones ocurren en un área limitada, se supone que el costo estimado de los proyectos de control de inundaciones para dicha área no sería grande aun en la escala del retorno de 100 años, por lo que se debería implementarlos lo antes posible.

Por otro lado, el daño de la inundación de 2015 que paralizó el tráfico de la Carretera Central durante 1 mes no fue por la inundación del curso principal del río Rímac, sino por los huaycos que ocurrieron en sus afluentes.

Para la gestión del riesgo de desastres del río Rímac, es necesario controlar no solamente las inundaciones del río principal, sino también innumerables aludes que ocurren en sus afluentes.

(3) Río Ica

Las obras de control de inundaciones propuestas para la cuenca del río Ica en este Estudio están resumidas a continuación en la Tabla 14.1.12.

Tabla 14.1.12 Resumen de proyecto de control de inundación para el río Ica

Tipo	Ítem	Índice	Escala de la inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
5	General	Área de captación	7,341 km ²					
		Población	354,000					
	Daño inundación	Costo de daño estimado	0M	0M	42M	106M	118M	170M
		Costo estimado del proyecto (S/. millón)	0M	0M	1M	18M	40M	142M
	Proyecto control inundación	Beneficio fijo anual (S/. millón)	0M	0M	10M	14M	16M	18M
		Evaluación económica (Alt-1)	TIRS	54%	158%	230%	92%	57%
	VANS		33M	71M	97M	116M	117M	65M
	B/C		7.2	14.5	18.1	7.6	4.7	1.7
	Evaluación económica (Alt-2)	TIRS	54%	158%	22%	29%	27%	25%
		VANS	33M	71M	48M	77M	81M	78M
B/C		7.2	14.5	1.9	2.4	2.2	2.0	

Fuente: Preparada por el Equipo de Estudio

En la cuenca del río Ica, las ciudades y municipalidades con desarrollo agrícola industrial a lo largo de los principales tramos del río están bien desarrolladas. En relación a esto, las obras de control de inundaciones en el río Ica tienen comparativamente mayores índices económicos como los de la cuenca del río Huallaga. Adicionalmente, el proyecto para proteger todos los tramos de todas las áreas con alto peligro de inundación en la cuenca se estima que no es tan costoso. Este costo será manejado y el proyecto de control de inundaciones será implementado por el gobierno central por ejemplo, por el PSI y ANA en asociación con el gobierno departamental.

La construcción de cuencas de retardo con diques más bajos en lugar de la construcción de diques más altos es factible. Por lo tanto, la construcción de cuencas de retardo debería ser considerada a la hora de la formulación del plan de control de inundaciones en la cuenca del río Ica. La construcción de una cuenca de retardo reducirá el número de viviendas a ser relocalizadas en los tramos bajos.

(4) Río Mantaro

Las obras de control de inundaciones propuestas para la cuenca del río Mantaro en este Estudio están resumidas a continuación en la Tabla 14.1.13.

Tabla 14.1.13 Resumen de proyecto de control de inundación para el río Mantaro

Tipo	Ítem	Índice	Escala de la inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
6	General	Área de captación	34,547 km ²					
		Población	1,681,000					
	Daño inundación	Costo de daño estimado	6M	14M	16M	16M	16M	17M
		Costo estimado del proyecto (S/. millón)	37M	74M	752M	80M	94M	123M
	Proyecto control inundación	Beneficio fijo anual (S/. millón)	2M	5M	6M	7M	7M	8M
		Evaluación económica (Alt-1)	TIRS	21%	18%	20%	19%	19%
	VANS		30M	32M	42M	42M	42M	16M
	B/C		1.9	1.6	1.7	1.7	1.6	1.2
	Evaluación económica (Alt-2)	TIRS	21%	18%	13%	14%	14%	12%
		VANS	30M	32M	17M	23M	22M	15M
		B/C	1.9	1.6	1.2	1.3	1.3	1.2

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

En cuanto al control de inundaciones del río Mantaro, TIRS supera, al igual que el río Urubamba, el 10% tanto en el período de retorno de 50 años como en el de 100 años, como se muestra en la Tabla 14.1.13. Sin embargo, un análisis detallado podría dejar un resultado de que solamente con los daños directos no se supere la tasa de descuento social de 10% del Perú debido al aumento del costo de explotación y de compensación por el desplazamiento de viviendas, por lo que se requiere elaborar un plan detallado.

(5) Río Huallaga

Las obras de control de inundaciones propuestas para la cuenca del río Huallaga en este Estudio están resumidas a continuación en la Tabla 14.1.14.

Tabla 14.1.14 Resumen de proyecto de control de inundación para el río Huallaga

Tipo	Ítem	Índice	escala de la inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
7	General	Área de captación	55,109 km ²					
		Población	1,036,000					
	Daño inundación	Costo daño estimado	234M	449M	537M	680M	780M	864M
		Costo asumido del proyecto (S/. millón)	335M	523M	646M	796M	862M	934M
	Proyecto control inundación	Beneficio fijo anual (S/. millón)	70M	172M	222M	258M	273M	281M
		Evaluación económica (Alt-1)	TIRS	37%	54%	56%	53%	52%
	VANS		355M	809M	1,023M	1,013M	1,035M	962M
	B/C		1.5	4.7	4.8	4.8	4.7	4.6
	Evaluación económica (Alt-2)	TIRS	37%	54%	24%	26%	25%	25%
		VANS	355M	809M	402M	448M	430M	438M
		B/C	1.5	4.7	2.2	2.4	2.4	2.3

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

El río Huallaga ha sido identificado como la cuenca en donde los proyectos de control de inundaciones son económicamente hablando los más efectivos de entre todas las cuencas priorizadas. Adicionalmente a esto, los costos de los proyectos son bastante altos debido a la amplitud del área de captación y la longitud de los tramos o secciones de los ríos principales. Con el propósito de examinar más a fondo las áreas más urgentes y efectivas a ser implementadas, es altamente recomendable la formulación de un plan maestro de control de inundaciones, así como la implementación inmediata del estudio de factibilidad.

(6) Río Urubamba

Las obras de control de inundaciones propuestas para la cuenca del río Urubamba en este Estudio son resumidas en la Tabla 14.1.15 de abajo.

Tabla 14.1.15 Resumen de proyecto de control de inundación para el río Urubamba

Tipo	Ítem	Índice	Escala de la inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
7	General	Área de captación	59,071 km ²					
		Población	961,000					
	Daño por inundación	Costo de daño estimado	21.6M	27.5M	144.2M	270.8M	320.9M	421.2M
		Proyecto control Inundación	Costo asumido del proyecto (S/. millón)	4M	4M	104M	324M	484M
	Evaluación económica (Alt-1)	Beneficio fijo anual (S/. millón)	6.5M	13.8M	22.4M	34.9M	40.8M	44.5M
		TIRS	99%	193%	33%	17%	13%	12%
	Evaluación económica (Alt-2)	VANS	76M	125M	116M	77M	47M	25M
		B/C	9.4	14.9	2.6	1.5	1.2	1.1
		TIRS	99%	193%	23%	22%	14%	11%
		VANS	76M	125M	87M	109M	50M	10M
B/C		9.4	14.9	1.9	1.8	1.3	1.0	

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

En cuanto al control de inundaciones del río Urubamba, TIRS supera, al igual que el río Mantaro, el 10% tanto en el período de retorno de 50 años como en el de 100 años, como se muestra en la Tabla 14.1.15. Sin embargo, un análisis detallado podría dejar un resultado de que solamente con los daños directos no se supere la tasa de descuento social de 10% del Perú debido al aumento del costo de expropiación y de compensación por el desplazamiento de viviendas, por lo que se requiere elaborar un plan detallado.

(7) Suposición de la implementación de proyectos en las cuencas prioritarias

En el punto (3) del apartado 14.1.3, se han estimado el costo anual necesario y el plazo de posible implementación de proyectos de control de inundaciones de todos los ríos del Perú. Como resultado, el presupuesto anual necesario sería S/.300 millones en caso de que el plazo sea aproximadamente de 30 años.

En el presente apartado, se ha estimado el costo de implementación de proyectos de control de inundaciones de corto y mediano plazo para las 6 cuencas prioritarias, propuestas en el presente Estudio, teniendo como premisa la implementación de los proyectos de control de inundaciones de largo plazo mencionados arriba.

El resultado de la estimación son los puntos siguientes.

- Los proyectos de control de inundaciones de las 6 cuencas terminarían alrededor de 2030 suponiendo que en 2017 se iniciara la elaboración del plan de control de inundaciones.
- Suponiendo que los proyectos terminaran en 2030, la inversión anual necesaria sería aproximadamente S/.150 millones durante unos 14 años, de 2017 a 2030.

En la página siguiente se muestra un programa aproximado de implementación de proyectos de las 6 cuencas prioritarias.

Tabla 14.1.16 Programa aproximado de implementación de los proyectos de control de inundaciones de mediano plazo (borrador) (para 6 cuencas prioritarias)

Prioritized River	Total Target Length	Assumed Imple. Agency	Activity	Assumed Cost (S./ M)	Year															
					2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028-2030				
Ica	32.0 km	Region	M/P (Review)	3																
			F/S	5	2	2														
			SNIP Approval																	
			Selection of Consultant																	
			D/D	4																
			Selection of Contractor																	
			Construction+S/V+Admin	87																
Total	99				2	7	4	0	22	22	22	22								
Huallaga	344.0 km	ANA (MINAGRI) (Project)	M/P (Review)	6	3	3														
			F/S (por F-1)	20		10				10										
			SNIP Approval																	
			Selection of Consultant																	
			D/D (por F-1)	38																
			Selection of Contractor																	
			F-1: Construction+S/V+Admin	287																
			F-2: Construction+S/V+Admin	287																
			F-3: Construction+S/V+Admin	287																
Total	925				3	13	19	0	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41		
Mantaro	37.0 km	Region Local	M/P (Review)	3																
			F/S	5																
			SNIP Approval																	
			Selection of Consultant																	
			D/D	5																
			Selection of Contractor																	
			Construction+S/V+Admin	104																
Total	117				2	7	5	0	26	26	26	26								
Urubamba	100.0 km	ANA (MINAGRI) (Project)	M/P (Review)	3																
			F/S	5																
			SNIP Approval																	
			Selection of Consultant																	
			D/D	22																
			Selection of Contractor																	
			F-1: Construction+S/V+Admin	249																
F-2: Construction+S/V+Admin	249																			
Total	528				2	7	22	0	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28		
Piura-Chira	80.5 km	Region Project	M/P (Review)	3																
			F/S	5																
			SNIP Approval																	
			Selection of Consultant																	
			D/D	18																
			Selection of Contractor																	
			F-1: Construction+S/V+Admin	204																
F-2: Construction+S/V+Admin	204																			
Total	434																			
Rimac	2.0 km	Region Local	M/P (Review)	1																
			F/S	1																
			SNIP Approval																	
			Selection of Consultant																	
			D/D	0.2																
			Selection of Contractor																	
			Construction+S/V+Admin	3.8																
Total	6.0																			
Todos los ríos	595.5 km	Todos	Todas las actividades	2,109	5	44	77	182	216	183	166	196	196	196	196	137	511			

Leyenda
 : Plan Maestro y Estudio de factibilidad
 : Diseño detallado, Aprobación por SNIP, etc.
 : Ejecución de obras

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

14.1.5 Efectos del cambio climático sobre los planes de control de inundaciones

Tal como se ha descrito en la sección 11.5 del Capítulo 11, el cambio porcentual de la precipitación anual en 2040 debido al fenómeno del cambio climático se estima en un rango de -13% ~ +7% basado en el reporte

del SENAMHI, la investigación del profesor Callo Ramos de la Universidad Agraria de la Molina y el reporte del Banco Mundial del 2011. De estos reportes y simulaciones, son confirmados las áreas afectadas con efectos adversos, principalmente las cuencas de los ríos Mantaro y Ramis. Adicionalmente, los cambios en la probabilidad de inundaciones de las mencionados dos cuencas han sido calculados en el estudio y se muestran a continuación en la Tabla 14.1.17.

Tabla 14.1.17 Efectos de la probabilidad de inundaciones por cambio climático

Tipo (nombre de cuenca de río modelo)	Periodo de retorno de inundación (sin cambio climático)					
	2	5	10	20	50	100
Tipo-6 (Mantaro)	1.3	4	8	19	37	70
Tipo-10 (Ramis)	1.1	4	7	16	28	52

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio basado en estudios pasados

Como resultado de esto, los índices de la evaluación económica en cierta escala de obras de control de inundaciones también se incrementara tal como se muestra a continuación en la Tabla 14.1.18.

Tabla 14.1.18 Evaluación económica de proyectos de control de inundación para el río Mantaro y el río Ramis tomando en consideración el cambio climático (escala de proyecto: periodo de retorno de 25 años sin cambio climático / periodo de retorno de 20 años con cambio climático)

Tipo	Cuenca de río	Consideración de cambio climático	Costo total proyecto (S/. millón)	Beneficio anual fijo (S/. millón)	TIRS (%)	VAN (S/.)	B/C (N)
Tipo-6	Mantaro	sin cambio climático	79 645 041	7 158 074	7%	-10 129 593	0.83
		con cambio climático		8 890 435	10%	1 655 783	1.03
Tipo-10	Ramis	sin cambio climático	179 019 648	14 565 795	5%	-31 965 519	0.74
		con cambio climático		20 288 442	10%	2 914 802	1.02

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

Como se ha mencionado arriba, es necesario estudiar cuáles impactos del cambio climático el gobierno del Perú debería tener en cuenta al implementar proyectos de control de inundaciones.

14.1.6 Daños de los deslizamientos e inundaciones ocurridos entre finales de 2016 y marzo de 2017 y comparación con los resultados del presente Estudio

Entre finales de diciembre de 2016 y marzo de 2017 varios distritos del país han sido azotados por serios daños de inundaciones, deslizamientos y huaycos. En esta sección se procuró identificar los datos de los daños según los informes de INDECI para ordenar los datos de inundaciones y de huaycos según cuencas, a la par de comparar con los resultados del presente Estudio e identificar su relación.

14.1.7 Extracción de datos del informe de los daños de inundaciones de INDECI

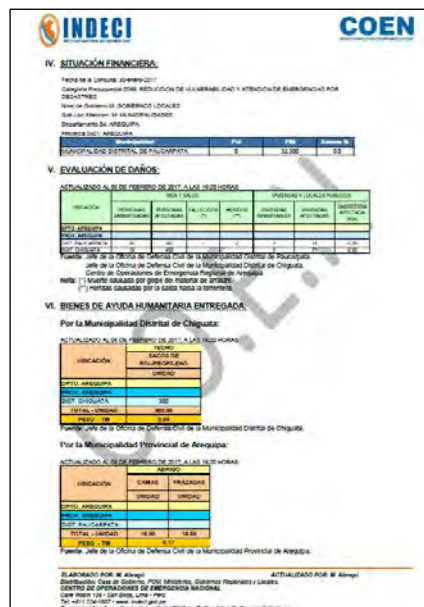
Como primer paso se recopilaron diferentes informes de inundaciones, deslizamientos y huaycos ocurridos entre enero y marzo de 2017 publicados por INDECI y se ordenaron los datos según fechas, tipos de desastres y los lugares afectados (Departamentos, Provincias y Distritos).

Luego, se ordenaron estos datos según cuencas (159 cuencas clasificadas por la ANA) para conocer los daños ocurridos en cada una de ellas.

En la siguiente sección se presentan los resultados de este trabajo.

Tabla 14.1.19 Resumen de información extraída del informe de los daños de inundaciones

Fuente	Período de evaluación	Variables
Página web de INDECI (http://www.indeci.gob.pe/)	Del 30 de enero al 20 de marzo de 2017	Fecha de ocurrencia, tipo de desastre, lugares afectados, magnitud de los daños (número de personas damnificadas y afectadas, viviendas inhabitables y afectadas, carreteras afectadas, tierras agrícolas afectadas, etc.)



Fuente: INDECI (<http://www.indeci.gob.pe/>)

Figura 14.1.3 Ejemplo del informe los daños de inundaciones de INDECI

14.1.8 Comparación de los daños de inundaciones reales y los resultados del presente Estudio

(1) Resumen de informes de daños

Los daños informados mediante los informes de daños de INDECI de las principales cuencas se resumen en la siguiente Tabla 14.1.20.

Tabla 14.1.20 Resultado del resumen de la información según los informes de desastres (INDECI) del 30 de enero al 20 de marzo

No.	Nombre de la cuenca	Número de personas afectadas*	Número de viviendas afectadas*	Carretera afectada (km)	Tierras de cultivo afectadas (ha)
1	Cuenca Caplina	-	-	-	-
2	Cuenca Itaya	2189	571	0	0
3	Cuenca Lacramarca	-	-	-	-
4	Cuenca Chillón	3274	93	273	3
5	Intercuenca 49917	-	-	-	-
6	Cuenca Nanay	-	-	-	-
7	Cuenca Moche	1109	149	15	0
8	Intercuenca 49955	-	-	-	-
9	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	5292	1077	55	92
10	Cuenca Ica	100 488	21 794	1	0
11	Cuenca Perené	307	77	33	5
12	Huallaga	16 843	4 153	0	20
13	Intercuenca Medio Madre de Dios	25	5	0	0
14	Cuenca Lurín	15	3	18	0
15	Cuenca Supe	-	-	-	-
16	Cuenca Casma	15926	3845	162	307
17	Cuenca Chala	-	-	-	-
18	Cuenca Huarmey	330	87	12	14

No	Nombre de la cuenca	Número de personas afectadas*	Número de viviendas afectadas*	Carretera afectada (km)	Tierras de cultivo afectadas (ha)
19	Cuenca Cháparra	-	-	-	-
20	Cuenca Fortaleza	358	118	11	0
21	Cuenca Virú	-	-	-	-
22	Cuenca Chancay - Huaral	2 100	109	255	10
23	Cuenca Rímac	26 151	3 517	334	59
24	Cuenca Locumba	-	-	-	-
25	Cuenca Santa	9 478	2 058	3 784	760
26	Cuenca Nepeña	921	154	1	0
27	Intercuenca Medio Alto Madre de Dios	640	128	0	0
28	Cuenca Mala	350	70	1	0
29	Cuenca Zarumilla	2 744	404	9	522
30	Intercuenca Alto Marañón I	-	-	-	-
31	Cuenca Coata	-	-	-	-
32	Intercuenca Alto Acre	-	-	-	-
33	Cuenca Crisnejas	-	-	-	-
34	Cuenca Huamansaña	313	74	0	0
35	Cuenca Chincha (San Juan)	1 308	262	0	0
36	Cuenca Tumbes	17 013	3 648	88	280
37	Cuenca Huaura	565	82	262	65
38	Cuenca Pescadores - Caraveli	-	-	-	-
39	Cuenca Pisco	9 528	2 178	170	102
40	Intercuenca Alto Marañón III	-	-	-	-
41	Cuenca Olmos	3 325	665	0	0
42	Cuenca Ilo - Moquegua	32	16	0	0
43	Cuenca Utcubamba	-	-	-	-
44	Cuenca Grande	38 924	9 430	4	0
45	Cuenca Pativilca	1 001	235	96	159
46	Cuenca Acari	94	20	3	10
47	Cuenca Mantaro	13 064	2 417	495	496
48	Cuenca Chamán	441	199	13	10
49	Cuenca Cañete	33 832	279	292	1 445
50	Cuenca Huancane	-	-	-	-
51	Cuenca Inambari	19	7	0	0
52	Intercuenca 49793	-	-	-	-
53	Cuenca Urubamba	245	48	2	50
54	Intercuenca Alto ApuRímac	-	-	-	-
55	Cuenca Aguayta	31	6	1	0
56	Cuenca Zaña	2 810	1 262	0	0
57	Cuenca Pachitea	5 492	1 098	5	134
58	Cuenca Camaná	6 841	1 673	284	200
59	Cuenca Piura + Chira	189 078	37 414	27	231
60	Ramis, Puraca and Azangaro	-	-	-	-
61	Intercuenca Alto Marañón II	-	-	-	-
62	Cuenca Honda	-	-	-	-

*: Para los efectos del cálculo, se estima que cada hogar tiene 5,0 personas.

① Total de daños reportados entre el 30 de enero y 20 de marzo (50 cuencas + río Rímac)	512,496	99,425	6 706	4 973
② Total de daños reportados entre el 30 de enero y 20 de marzo (otras cuencas)	77,011	15,487	270	2 249
③ Total de daños reportados entre el 30 de enero y 20 de marzo (todas las cuencas) (=①+②)	589,507	114,912	6 976	7 222

Nota: Las cuencas en rojo son las cuencas seleccionadas como prioritarias para ejecutar los proyectos de control de inundaciones según el presente Estudio.
Las cuencas en azul son las tres cuencas donde JICA contempla ejecutar las obras de control de inundaciones con el préstamo de la AOD del Japón.

(2) Conclusiones del análisis comparativo

Con base en los resultados indicados en la Tabla 14.1.20 se puede afirmar lo siguiente.

- Las 6 cuencas prioritarias según la categorización del presente Estudio son también vulnerables, y son particularmente graves los daños de inundaciones en las cuencas de los ríos Ica, Huallaga, Rímac, Mantaro y Piura-Chira. Los daños de inundaciones, deslizamientos y huaycos en la cuenca del río Urubamba son menos evidentes en comparación con las cinco cuencas mencionadas. Sin embargo, si

se considera la gravedad de los daños sufridos en 2010 por las inundaciones de Cusco, se considera recomendable tomar urgentemente las medidas necesarias al igual que las demás cuencas.

- En el caso del río Rímac, donde han sido reportados serios daños de las inundaciones recientes, el presente Estudio arrojó una alta tasa interna de retorno económico (TIRE) por un lado, pero, por otro lado, la magnitud de los daños estimada (promedio anual de reducción de pérdidas) no ha sido necesariamente alta. Esta diferencia se debe a que el análisis del presente Estudio fue enfocado principalmente a las inundaciones y desbordamientos, mientras que los daños reales reportados incluyen una gran cantidad de daños provocados por deslizamientos y huaycos. Por lo tanto, las medidas de manejo de cuencas y control de inundaciones para el río Rímac y otros donde ocurre este tipo de desastres, deben incluir no solo el propio control de inundaciones, sino también el control de deslizamientos y huaycos, como, por ejemplo, el control de avalanchas y deslizamientos en las quebradas, y manejo de los ríos en las cuencas medias y bajas (para la comparación más detallada de los daños de inundaciones del Río Rímac y los resultados del presente Estudio, véase la siguiente sección 14.2.3.).
- Las cuencas de los ríos Pisco, Cañete y Chíncha (San Juan) cubiertas por el Proyecto de Protección de Inundación de las Cuencas de Río en el Área Costera del Perú, financiado con el préstamo de la AOD del Japón a través de JICA, también han sufrido grandes daños de inundaciones.

En la Tabla 14.1.21 se resume la comparación de los resultados de los daños de inundaciones y deslizamientos obtenidos en el presente Estudio, de la evaluación del E/F para el Proyecto de Protección de Inundación de las Cuencas de Río en el Área Costera del Perú y los resultados de la evaluación de los proyectos de control de inundaciones en los tres ríos a través del presente Estudio.

Tabla 14.1.21 Comparación de los daños reales de inundaciones y los resultados de la evaluación de los proyectos de control de inundaciones en las cuencas de los ríos Pisco, Cañete y Chíncha(San Juan)

Ríos	Daños ocurridos entre enero y marzo de 2017				Evaluación de factibilidad como proyectos de préstamo de la AOD del Japón		Evaluación económica de los proyectos de control de inundaciones según el presente Estudio (*2)				
	Personas afectadas		Tierras de cultivo afectadas		(*1)		Promedio anual de beneficios por daños		TIRE	VAN (*3)	
	Número	Orden de prioridad	Superficie (Has)	Orden de prioridad	Promedio anual esperado de reducción de daños	TIRE	Monto	Total Orden	%	Monto	Orden de prioridad
Cañete	33.832	4	1.445	1	S/. 12,3M	55%	S/. 24M	43	17%	S/.14 M	38
Pisco	9.528	12	102	16	S/. 17,8M	27%	S/. 21M	45	26%	S/ 30 M	23
Chíncha (San Juan)	1.308	30	-	-	S/. 20,5M	47%	S/. 20M	48	29%	S/. 29 M	27

*1: Obras para el control de los eventos con período de retorno de 50 años (los beneficios incluyen también la reducción de los daños indirectos [reducción del área bajo riego, pérdidas económicas por el cierre de tráfico]).

*2: Se aplicó el período de retorno de 100 años para el cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños, y el período de retorno de 50 años para el cálculo de la TIRE y VAN. Para los beneficios, solo se tomó en cuenta la reducción de los daños directos.

*3: Valor calculado aplicando una tasa de descuento social de 10 %.

De esta manera, se reportan los daños en cada una de las tres cuencas (Pisco, Cañete y Chincha) seleccionadas para el proyecto financiado con el préstamo AOD del Japón, en el que ya se terminó de seleccionar el consultor para el diseño detallado. Se observa también que estas tres presentan un número real de personas afectadas muy elevado entre las 159 cuencas. Por tanto, se posicionarían como cuencas en las que se deberá avanzar rápidamente la implementación de los proyectos de control de inundaciones.

14.1.9 Comparación de los resultados del análisis de inundaciones del río Rímac según el presente Estudio y los daños reales

El exceso de lluvias de este año ha provocado numerosos daños en la cuenca del río Rímac, pero en términos del promedio anual esperado de reducción de daños por las inundaciones, estos han sido relativamente reducidos en comparación con los de otras cuencas. Una de las razones sería que en el presente Estudio no está incluidos los impactos de los huaycos que ocurrieron en los pequeños y medianos afluentes del río Rímac. A continuación se resumen los daños recientes reportados en esta cuenca.

(1) Resumen del reporte de INDECI sobre los desastres en el río Rímac

Los daños de la cuenca del río Rímac, según el Informe de Emergencia No. 318 de INDECI (20 de marzo de 2017) se resumen en la Tabla 14.1.22.

Tabla 14.1.22 Desastres reportados en la cuenca del río Rímac según INDECI

Fecha y hora	Lugares	Descripción	Otras informaciones y principales medidas tomadas
14 de enero de 2017 (*2)	Lurigancho-Chosica Chaclacayo	Huaycos y deslizamientos. Viviendas y establecimientos públicos fueron afectadas.	Se ejecutó la evaluación de daños.
15 de enero (*1)	Santa Eulalia	Desastres en las diez quebradas en la cuenca alta de Santa Eulalia y en Buenos Aires. No se reportaron fallecidos ni lesionados. Cierre del tráfico por los sedimentos.	Eliminación de los sedimentos acumulados sobre los caminos utilizando maquinarias pesadas por los gobiernos departamentales y locales. Ejecución de actividades de protección de los habitantes locales.
16 de enero (*1)	Ricardo Palma	Desastres en las cinco quebradas. No se reportaron fallecidos.	No hubo cierre de tráfico por los sedimentos. Atención a los lesionados, y asistencia a los centros de salud, etc.
25 de enero (*2)	Chaclacayo Punta Hermosa	Huaycos en las quebradas Mariscal, Rosario, Santo Domingo, La Cantuta, Corrales, Carosio, Pedregal, Nicolás de Piérola, California y Media Luna.	Eliminación de los sedimentos en los ríos Huaycoloro, etc.
27 de enero (*1)	Surco	Huayco en el kilómetro 67 entre Matucana – Tornamesa.	Se ejecutó el control del tránsito. Inicio de eliminación de sedimentos.
	Huinco	El huayco afectó el tráfico en los caminos comunitarios de Laraos, Huanza, Huachupampa, San Pedro de Cata y San Juan.	Se ejecutó el control del tránsito.

Fecha y hora	Lugares	Descripción	Otras informaciones y principales medidas tomadas
	Gorgor	El huayco afectó el camino a la altura del km 32,8 por 50 metros.	Se ejecutó el control del tránsito.
	Viñac	El huayco afectó el camino comunitario a la altura del kilómetro 78,4.	Se ejecutó el control de tránsito.
16 de marzo (*1)	Lachaqui	El huayco afectó el camino comunitario y las viviendas.	Cierre de tráfico Se ejecutó la evaluación de daños.
	Santa Rosa de Quives	El huayco ocurrido cerca del Centro Poblado de Trapiche afectó el camino comunitario y las viviendas.	
17 de marzo (*1)	San Isidro	Ocurrencia de desastres.	Se inició la operación de albergues para los damnificados.
18 de marzo (*1)	Huinco Santa Eulalia	El huayco arrastró los sedimentos al río Rímac provocando la elevación del nivel de agua.	Emisión de alerta a los distritos ribereños del río Rímac. Ejecución de obras preventivas.

Fuentes: *1: Informe de Emergencia No. 318, 2017/3/20, INDECI

*2: Informe de Emergencia No. 125, 2017/2/06, INDECI

De esta manera, los principales desastres reportados consisten además de las inundaciones del curso principal del río Rímac ocurridas los días 17 y 18 de marzo, en los huaycos de las quebradas o las inundaciones que arrastran los sedimentos.

(2) Identificación de los tramos desbordados del río Rímac

Se compararon los tramos desbordados del curso principal del río Rímac en los días 17 y 18 de marzo según el informe de INDECI y otras informaciones encontradas en Internet, y los tramos identificados como susceptibles a desbordarse según el modelo RRI (programa de análisis de inundaciones) y el modelo bidimensional de régimen variable del presente Estudio. Los resultados se muestran en la Tabla 14.1.23.

Tabla 14.1.23 Tramos desbordados del río Rímac en marzo de 2017 y los tramos vulnerables según el presente Estudio

Distancia (km) desde la desembocadura	Margen izquierda Altura del dique (m)	Margen derecha Altura del dique (m)	Profundidad máxima Altura del lecho (m)	Ancho del cauce (m)	Nivel de agua calculado (m)	Caudal calculado (m ³ /s)	Puntos de cálculo de agua vertiente	Tramos desbordados en marzo de 2017	Observaciones
1	8,14	8,13	3,91	82	7,0	694,9			
2	14,57	15,02	7,96	100	11,5	690,1			
...									
5	42,61	46,36	32,84	82	36,5	674,9			
...									
10	114,25	104,04	96,24	84	100,5	658,6			
...									
14	161,60	164,81	156,70	56	160,6	644,0		**	La ribera izquierda del Parque la Muralla (lado del parque) es baja.
15	174,72	172,14	165,84	72	169,8	640,1			
...									
20	238,20	241,40	227,37	78	230,5	616,7			
...									
25	321,24	321,62	316,70	180	319,0	597,0			

Distancia (km) desde la desembocadura	Margen izquierda Altura del dique (m)	Margen derecha Altura del dique (m)	Profundidad máxima Altura del lecho (m)	Ancho del cauce (m)	Nivel de agua calculado (m)	Caudal calculado (m ³ /s)	Puntos de cálculo de agua vertiente	Tramos desbordados en marzo de 2017	Observaciones
...									
29	383,07	383,46	380,61	70	383,3	582,1	*	**	En el distrito de Huachipa, los diques de ambas márgenes son bajos.
30	404,94	397,89	395,13	114	397,7	577,4			
...									
35	487,89	487,16	480,67	192	482,6	555,1			
...									
38	531,99	531,38	529,95	102	532,0	545,3	*		
...									
40	568,99	570,71	563,51	118	565,8	537,6			
...									
45	658,83	660,70	655,08	60	658,7	516,2			
...									
48	713,86	714,63	711,82	32	715,3	507,0	*		
49	734,73	734,71	733,90	42	736,3	503,8	*		
50	760,15	761,00	755,32	48	758,9	500,4			
...									
55	869,92	868,37	863,84	72	866,9	488,4			
56	893,19	889,92	885,14	72	887,5	486,1		**	Desbordamiento parcial en las orillas bajas
57	912,96	914,58	909,61	32	913,4	483,8	*	**	Ancho reducido del cauce
60	1004,10	1001,04	994,24	40	996,9	129,2			

Notas:

- *1: Datos de altitud y de la sección de los ríos: Preparados con base en los datos satelitales 2mDSM adquiridos por el presente Estudio (intervalos de 1 km)
- *2: Caudal: Estimado con base en el modelo RRI en función de los límites geográficos (cuena alta, afluentes). Los resultados arriba indicados son del caudal de 100 años de probabilidad
- *3: Modelo hidráulico utilizado: modelo unidimensional de régimen variable (MIKE11)

Los resultados de la comparación muestran que el desbordamiento en los kilómetros 29 y 57 fue tal como estaba calculado, pero en los kilómetros 14, 48, 49 y 56 el resultado real fue diferente del cálculo. A continuación se muestra el resultado de la verificación sobre la diferencia entre el resultado real y el resultado calculado.

- En el kilómetro 14 el agua se desbordó, en realidad, solamente en el punto del Parque La Muralla (recinto del parque de cota baja que puede considerarse parte del canal) y el agua desbordada no llegó a la zona edificada.
- Los kilómetros 38, 48 y 49 fueron puntos del área protegida por el dique con la cota más alta que la altura de la orilla, por los que el agua desbordada no llegó a la zona edificada. También el desbordamiento en RRI fue limitado, en una parte de la ribera.
- En el kilómetro 56 el agua se desbordó parcialmente por una orilla parcialmente baja. En este desbordamiento no ocurrió un daño grande en la zona edificada por la cantidad reducida del agua desbordada.

Como se ha mencionado arriba, aunque hay una diferencia parcial en los datos de la altura del terreno basados en los datos obtenidos mediante un análisis vía satélite, como se ha mencionado en el inicio del presente apartado, el resultado del análisis de inundaciones y desbordamientos del presente Estudio y el fenómeno real coinciden en su mayoría.

(3) Características de los desastres del río Rímac y lineamientos de las futuras medidas

De esta manera, las inundaciones ocurridas en el curso principal en marzo de 2017 no difieren con los resultados del análisis de desbordamiento realizado en el presente Estudio. Sin embargo, los daños reales de los desastres fueron mucho mayores que los daños estimados en el Estudio. Las principales razones de esta diferencia son las siguientes.

- Los huaycos de las quebradas constituyen una parte importante de los daños de desastres sufridos, los cuales no fueron contabilizados como beneficios del proyecto de control de inundaciones en el presente Estudio (véase la Tabla 14.1.22.)
- Los daños de las inundaciones incluyen los daños sufridos por las viviendas ubicadas en las riberas, causados por la socavación de las riberas.

Por lo anteriormente expuesto se concluye que es urgente ejecutar el proyecto de control de inundaciones en los tramos del río Rímac donde la sección hidráulica es reducida considerando que en esta cuenca se concentran viviendas e infraestructuras importantes (carreteras y vías férreas) a diferencia de otras cuencas.

- ✓ Adicionalmente, se requiere realizar obras de prevención de huaycos en las quebradas que cruzan las áreas densamente habitadas o los caminos importantes. Estas obras incluyen la estabilización de cauces y riberas, presas de control de sedimentos, mallas contra caída de rocas, etc.
- ✓ Implementar el sistema de alerta temprana de huaycos para proteger la vida humana y los bienes importantes.

14.2 Identificación de los desafíos con base en los resultados del Estudio y recomendaciones

A continuación se resumen los desafíos y los retos relacionados con las actividades y obras de control de inundaciones en el Perú con base en los resultados del estudio sobre la situación actual del sector público en materia de control de inundaciones indicados en el Capítulo 2, el análisis realizado en los Capítulos 3 al 11, así como los resultados del estudio descritos en el apartado 13.1 de este Capítulo del presente Informe Final (I/F), incluyendo el análisis de inundaciones y desbordamientos para el proyecto de control de inundaciones.

14.2.1 Necesidad de formular urgentemente un plan de control de inundaciones y de organizar la información

(1) Necesidad de organizar información sobre los daños históricos de inundaciones, los planes existentes y el avance de los proyectos de control de inundaciones

(a) Situación actual

La región norte del Perú ha sido azotada por grandes inundaciones causadas por el fenómeno de El Niño en las décadas de los ochenta y noventa, y hasta la fecha han sido ejecutados diversos proyectos de control de inundaciones en los ríos.

Con el fin de reducir los daños de las repetidas inundaciones, en el decenio 1999-2009 fue ejecutado el Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructura de Captación (PERPEC), que consistió en la ejecución de obras de control de inundaciones en los ríos de todo el país para proteger las áreas anegables (monto de inversión: 126 millones de US\$). Estas obras públicas fueron ejecutadas y supervisadas por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) hasta 2006. Posteriormente, este Instituto fue reestructurado en el marco de la descentralización, y dos años después de su segmentación, en 2008, fue creada la ANA.

Del mismo modo, el antiguo Sistema Nacional de Defensa Civil (SINADECI) que existía hasta 2011 fue sustituido por el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD). De esta manera, y a raíz de la descentralización de la gestión pública, hasta ahora no existía un esquema en el que una sola institución a cargo del control de inundaciones ejecute los proyectos a su responsabilidad y de manera sostenible.

Actualmente, la ANA es el organismo rector que tiene a su cargo gestionar las obras de control de inundaciones como parte de la gestión de los recursos hídricos. A través de las AAAs y ALAs, que son las autoridades a nivel local, la ANA está llevando a cabo los estudios básicos de control de inundaciones, e incluso está ejecutando algunos de los proyectos.

(b) Recomendaciones

Dentro del contexto mencionado anteriormente, hasta ahora no había una institución responsable de gestionar y archivar los datos e información sobre los proyectos elaborados y ejecutados y sobre los daños de las inundaciones del país. Como consecuencia, se identificaron los siguientes desafíos y retos para ejecutar los futuros proyectos de control de inundaciones en el país.

- Se desconocen cuáles son los ríos protegidos y sus tramos específicos;
- Se desconocen cuáles son los ríos que cuentan con su plan de control de inundaciones, así como su magnitud, nivel y grado de precisión;
- No existe una única entidad a cargo de gestionar, organizar y archivar la información y los datos sobre las inundaciones ocurridas (en qué río y en qué magnitud). Por lo tanto,

- no es posible comparar y analizar los riesgos de las inundaciones en el ámbito nacional.

La ANA cuenta con la Oficina del Sistema Nacional de información de Recursos Hídricos (OSNIRH) que se encarga de centralizar la información y los datos institucionales. Actualmente esta oficina maneja los datos e información referentes a la gestión de los recursos hídricos, no así todavía los datos de control de inundaciones (información sobre los planes elaborados y el avance de los proyectos).

En adelante, OSNIRH necesitará resumir la información sobre el control de inundaciones de todo el Perú incluyendo proyectos de control de inundaciones disponibles para diferentes departamentos de la ANA y las ALAs de todo el país. De este modo, va a ser posible comparar y evaluar los riesgos de inundaciones a nivel nacional y, consecuentemente, "visibilizar" la necesidad de los proyectos y el orden de prioridad de las diferentes actividades. A continuación se presenta un ejemplo sencillo de organización y visibilización de la información sobre el control de inundaciones, incluyendo las medidas a tomarse.

Variables	Río A	Río B	Río C	...
Área de la cuenca	XXX km ²	XXX km ²	XXX km ²	...
Longitud total del curso	XX km	XX km	XX km	...
Magnitud del plan de control de inundaciones	Área urbana 100 años Área rural 50 años	Área rural 50 años	Sin un plan elaborado	...
Caudal de inundaciones de diseño	Tramo A-1: 10.000 m ³ /s Tramo A-2: 8.000 m ³ /s Tramo A-3: 5.000 m ³ /s	Tramo B-1: 1.000 m ³ /s Tramo B-2: 750 m ³ /s Tramo B-3: 300 m ³ /s	Sin un plan elaborado	...
Obras de regulación de caudal (capacidad de control de inundaciones)	Presa D1 (100CCM) Presa D2 (100CCM) Embalse retardador D3 (50CCM)	Embalse retardador B-4 (70CCM)	-	...
Tramos protegidos y obras existentes	Tramo A-1: 20km Tramo A-2: 15km Tramo A-3: 0 km Presa D1 Embalse retardador D3	Tramo B-1: 10 km Tramo B-2: 5 km Tramo B-3: 3 km	-	...
Tramos no protegidos	Tramo A-1: 0 km Tramo A-2: 5km Tramo A-3: 30 km Presa D2 (A ser terminada en 20XX)	Tramo B-1: 10 km Tramo B-2: 10 km Tramo B-3: 0 km Embalse retardador B-4	-	
Daños de inundaciones en el pasado	Fecha: XX de XX de 198X Fallecidos: 25 Afectados: 120.000 habitantes Pérdida económica: S/. 23 millones	Fecha: XX de XX de 198X Fallecidos: 5 Afectados: 5.000 habitantes Pérdida económica: S/. 20 millones	Fecha: XX de XX de 200X Fallecidos: 0 Afectados: 1.000 habitantes Pérdida económica: Se desconoce	

Variables	Río A	Río B	Río C	...
	Fecha: XX de XX de 199X Fallecidos: 10 Afectados: 60.000 habitantes Pérdida económica: S/. 10 millones	Fecha: XX de XX de 201X Fallecidos: 0 Afectados: 25.000 habitantes Pérdida económica: S/. 15 millones	Fecha: XX de XX de 201X Fallecidos: 5 Afectados: 2.000 habitantes Pérdida económica: S/. 5 millones	...
			Fecha: XX de XX de 201X Fallecidos: 3 Afectados: 3.000 habitantes Pérdida económica: S/. 8 millones	

Fuente: Equipo de Estudio

Figura 14.2.1 Lista sistematizada para la visibilización de la información sobre el control de inundaciones" (propuesta)

(2) Necesidad de elaborar rápidamente planes de control de inundaciones

(a) Situación actual

Como se indicó anteriormente, la ANA y las entidades relevantes deberán impulsar la "visibilización de la información sobre el control de inundaciones incluyendo las medidas a tomarse". Sin embargo, hasta ahora no existe un plan de control de inundaciones de las cuencas en general aprobado y consentido por los principales actores locales en la mayoría de los ríos, con un mapa de ruta indicando de qué modo se va concretar los proyectos para reforzar el control de inundaciones.

(b) Recomendaciones

La ANA deberá formular brevemente el plan maestro de control de inundaciones para las cuencas de los ríos seleccionados con base en los resultados del presente Estudio y tomando en cuenta la frecuencia de ocurrencia de inundaciones, y ejecutar el estudio de factibilidad de los ríos o tramos más prioritarios.

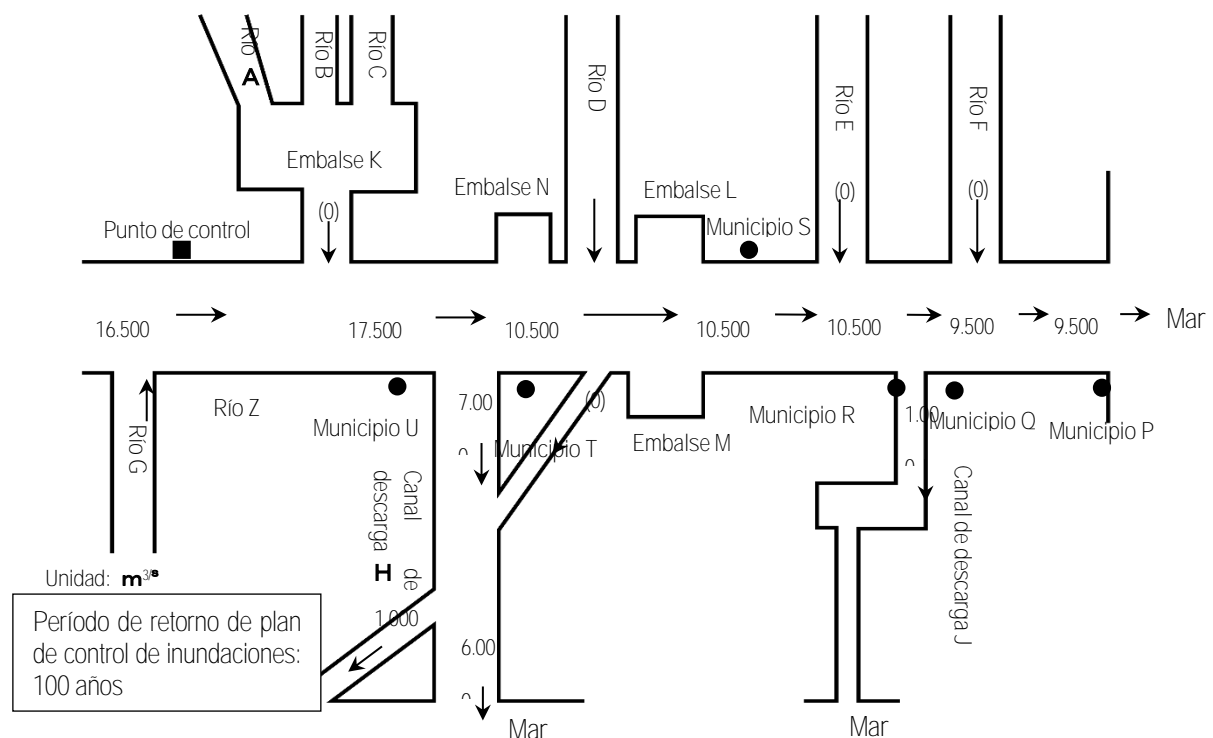
El plan de control de inundaciones de cada una de las cuencas deberá incluir la información especificada en la Tabla 14.2.1, y para la definición del caudal de crecida de diseño se deberá elaborar el mapa de distribución del caudal de diseño, como el que se muestra en la Figura 14.2.2.

Tabla 14.2.1 Información mínima necesaria que debe incluirse en el Plan Maestro de Control de Inundaciones

Temas	Información a ser incluida (ejemplo)
Descripción de la cuenca	<ul style="list-style-type: none"> ● Área de la cuenca, bienes existentes, población, principales afluentes, longitud total del curso, etc. ● Nombre de la entidad administrativa donde existe la cuenca, clima, topografía, geología, patrones del uso de las tierras
Antecedentes de los proyectos de control de inundaciones	<ul style="list-style-type: none"> ● Proyectos de control de inundaciones ejecutados (tramos, costo del proyecto, principales estructuras de control)
Descripción de las inundaciones ocurridas	<ul style="list-style-type: none"> ● Fechas de ocurrencia, precipitación, caudal, daños

Temas	Información a ser incluida (ejemplo)
Análisis de la crecida de diseño	<ul style="list-style-type: none"> ● Magnitud del plan de control de inundaciones ● Resultados de la precipitación probable, cálculo de descarga (metodología y modelos utilizados), cálculo del caudal probable ● Determinación del caudal máximo de la crecida de diseño (incluyendo la evaluación de la relevancia)
Plan de manejo de crecida	<ul style="list-style-type: none"> ● Determinación del caudal a ser manejado mediante las obras fluviales (construcción de diques, ampliación y excavación de cauce) y del caudal a ser manejado por las obras de regulación del caudal de la cuenca (presas, embalses, canales de descarga, etc.)
Caudal de crecida de diseño	<ul style="list-style-type: none"> ● Mapa de distribución del caudal incluyendo el de los afluentes (véase la Figura 14.2.2)
Diseño de cauce	<ul style="list-style-type: none"> ● Información básica de mejoramiento fluvial (tramos, principales municipios, distancia hasta la desembocadura, nivel de crecida de diseño, anchura necesaria, altura del lecho de diseño (pendiente longitudinal, sección estándar de mejoramiento de cauce, etc.)
Disponibilidad de las instalaciones de manejo de ríos, etc.	<ul style="list-style-type: none"> ● Disponibilidad de diques ● Disponibilidad de las obras de regulación de la crecida (presas, embalses) ● Disponibilidad de otras obras de control de inundaciones y prevención de desastres (estaciones de bombeo para drenaje, sistema de alerta)

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio con base en la "Política Fundamental de Gestión de Ríos" del Japón, etc.



Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio con base en la "Política Fundamental de Gestión de Ríos" del Japón, etc.

Figura 14.2.2 Distribución del caudal de diseño a ser indicada en el Plan Maestro de Control de Inundaciones

(3) Necesidad de considerar la inclusión de medidas contra deslizamientos de tierra en las directrices para la prevención de inundaciones

(a) Situación actual

Los daños de las inundaciones ocurridas en el Perú incluyen las inundaciones de las cuencas medias y bajas y los deslizamientos de tierra (huaycos, etc.) que ocurren en las laderas acentuadas de las cuencas altas. Si bien es cierto que los daños de estos segundos son menores en comparación con las inundaciones, estos fenómenos ponen directamente en riesgo la vida humana y pueden producir daños

destruivos de las viviendas, caminos y otras infraestructuras.

En el período (del 30 de enero al 20 de marzo de 2017) en el que cayeron intermitentemente fuertes lluvias originadas por El Niño, ocurrieron muchas inundaciones y huaycos en varios lugares del Perú. En la Tabla 14.3.2 se muestra el resultado del resumen de los desastres ocurridos en dicho período (del 30 de enero al 20 de marzo de 2017) basándose en los informes de desastres de INDECI.

Tabla 14.2.2 Resumen de los daños de inundaciones y de deslizamientos ocurridos entre el 30 de enero y el 20 de marzo de 2017

Tipo de desastres	Proyectos	Personas fallecidas	Daños					Subsidios para la rehabilitación (S/. millones)
			Número de familias (hogares)	Número de habitantes (personas)	Número de viviendas	Distancia del camino (km)	Tierras de cultivo (ha.)	
Inundaciones, lluvias	41 (49%)	4 (5%)	2 961 (21%)	150 187 (21%)	34 182 (22%)	153 (2%)	1 744 (22%)	105.35 (23%)
Deslizamientos y lluvias	23 (27%)	48 (55%)	77 (1%)	5 358 (1%)	1 119 (1%)	68 (1%)	43 (1%)	50.11 (11%)
Inundaciones y deslizamientos (combinado)	20 (24%)	36 (41%)	11 183 (79%)	561 492 (78%)	122 584 (78%)	6 784 (97%)	6 287 (78%)	305.82 (66%)
Total	84 (100%)	88 (100%)	14 221 (100%)	717 037 (100%)	157 885 (100%)	7 005 (100%)	8 073 (100%)	461.28 (100%)

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio con base en el informe de daños de INDECI

Como se observa en la Tabla 14.2.2, mientras que el número de personas y familias afectadas es mayor en las inundaciones debido a la extensión del evento una vez ocurrido, el número de ocurrencia es mayor en los deslizamientos que las inundaciones. También la extensión del camino damnificado y la superficie agrícola damnificada son mayores en las “inundaciones”, que tienden a afectar un área amplia. Por otra parte, el número de muertos es abrumadoramente mayor en los “huaycos”, caracterizándose como desastres proclives a causar fácilmente daños críticos que amenazan la vida humana, a pesar de que el área afectada es limitada en comparación con las inundaciones.

(b) Recomendaciones

Como se indicó en el apartado (a) "Situación actual", se considera necesario no solo tomar las medidas de control de inundaciones, sino que al mismo tiempo se debe reducir los riesgos de deslizamientos en la cuenca alta. Estas medidas deben consistir no en las medidas posdesastre, sino que se debe elaborar el Plan de Manejo de Sedimentos o el Plan de Control de Deslizamientos (en Japón se denomina “Plan de Control de Sedimentos”) en la cuenca alta combinado con las medidas de control de inundaciones que se tomen en las cuencas media y baja. La elaboración del plan de reducción de los riesgos de deslizamientos constituirá un elemento que se debe incluir en el "Plan de Control de Inundaciones que se debe elaborar en brevedad en cada una de las cuencas", como se indicó en el apartado precedente. El plan concreto del futuro control de inundaciones se muestra, junto con los problemas, en el apartado 13.3.3 del Capítulo 13 del presente Informe: “Evaluación de los huaicos ocurridos entre enero y marzo de 2017 y las políticas de las futuras medidas”. Habrá que elaborar, tomando dichos planes como referencia, proyectos de mitigación de daños por cada cuenca

paralelamente a los proyectos del control de inundaciones.

(4) Necesidad de creación de métodos para la estimación de los beneficios indirectos de los proyectos de control de inundaciones

(a) Situación actual

En el presente Informe, los beneficios necesarios para la evaluación económica de los proyectos de control de inundaciones han sido estimados por diferencias de los siguientes cuatro (4) daños entre “con proyecto de control de inundaciones” y “sin proyecto de control de inundaciones”;

- Daños a casas y enseres de casa;
- Daño agrícola;
- Daño a infraestructura pública; y
- Daño debido a las pérdidas económicas de las personas afectadas

(b) Recomendaciones

Otros beneficios directos e indirectos tomando en cuenta los daños sucesivos deberían ser considerados:

- ◆ Pérdidas operativas de negocios comerciales e industrias;
- ◆ Pérdidas económicas debido al tráfico paralizado por inundación en caminos troncales;
- ◆ Pérdidas sociales en educación y oportunidades debido al daño de infraestructura pública;
- ◆ Gasto del gobierno debido a operaciones de emergencia por desastres de inundación de los gobiernos locales, INDECI, Policía y/o fuerzas armadas; y
- ◆ Pérdidas debido al sufrimiento humano incluyendo muertes, heridos y/o otros causas.

Actualmente, en los lineamientos preparados por el MEF (Anexo CME 25), estos beneficios están detallados como beneficios a ser considerados por la evaluación económica para los proyectos de control de inundaciones.

Por lo tanto, es recomendable también que un manual de cálculo sea preparado para presentar cómo son estimados estos beneficios basados en los resultados de investigaciones y recopilaciones de datos a ser reunidos en el evento de una inundación de gran escala.


14.2.2 Retos para el manejo apropiado de un río

(1) Necesidad de Fortalecimiento de la Regulación del Desarrollo en zonas de Planicies Inundables y Riveras de Ríos

(a) Situación actual



Durante el reconocimiento en campo ejecutado como una parte integral del presente Estudio, se ha visto que varias cuencas se han convertido en el escenario del desarrollo económico.

Por ejemplo, durante el reconocimiento en campo en la cuenca del río Mantaro, el Equipo de EstudioEquipo de Estudio observó que actualmente se está construyendo viviendas en el área anegable (tierra baja a lo largo del río que se inundaría inmediatamente cuando ocurre el desbordamiento de agua) al comparar con la imagen tomada de Google Earth (véase la foto).

	Ítem	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	12	3	59.43	3217.2
	Lon.	75	14	22.631	
	Comment: According to ALA, these houses constructed by Informal Settlers.				

Fuente: Equipo de Estudio

Figura 14.2.3 Viviendas construidas en el área anegable a lo largo del río

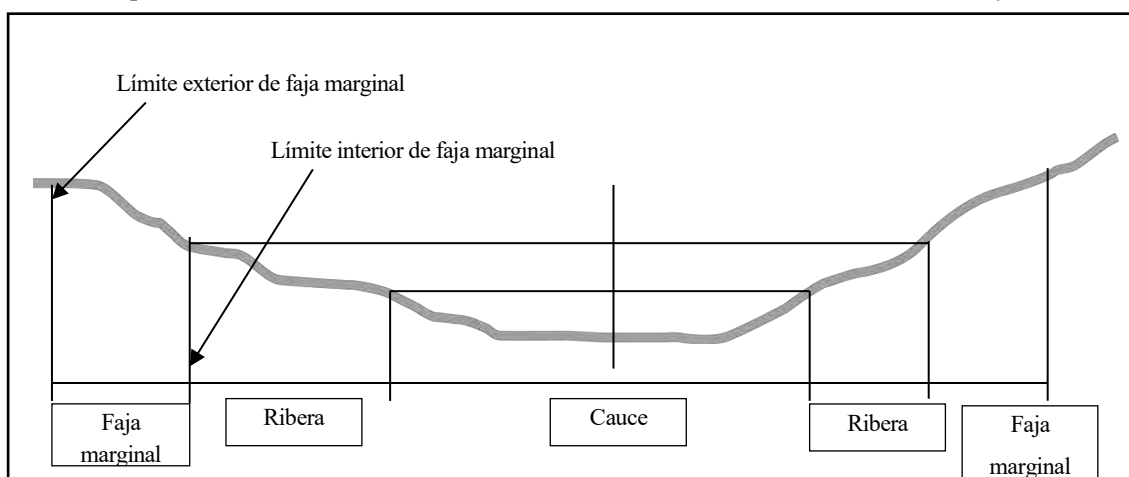
Años	Imagen de Google Earth del río Mantaro en el distrito de Huamancaca
Década de los 70 No existen viviendas en el área anegable.	
2005 Se inició la construcción de varias viviendas en el área anegable.	



Fuente: Imagen de Google Earth

Figura 14.2.4 Ejemplo del desarrollo del área anegable a lo largo del río en los últimos años

Estas riberas son o deben ser designadas como fajas marginales según la definición de la ALA (áreas que deben ser protegidas como zona fluvial), y desde el punto de vista del control de inundaciones, son zonas importantes en el caso de construir las obras de defensa contra inundaciones incluyendo los diques.



Fuente : ANA

Figura 14.2.5 Faja marginal donde se debe restringir el desarrollo, tomando en cuenta la posibilidad de ejecutar un proyecto de control de inundaciones en un futuro

(b) Recomendaciones

Se ha identificado a través de observaciones de campo que las planicies de inundación a lo largo del curso de diferentes ríos, en donde la ubicación de diques o de un canal para aguas de inundación cumpliría el rol de ser parte del río durante una inundación, han sido ocupadas o desarrolladas. El desarrollo de la planicie de inundación a lo largo del canal del río causará efectos adversos e incrementará el riesgo de desastres de la siguiente manera:

- Riesgos a larga escala se generaran en las llanuras aluviales desarrolladas en donde habita el hombre y hay bienes y propiedades. En estas llanuras aluviales ocurren con frecuencia inundaciones a larga escala
- El desarrollo sin un plan de control de inundación en una llanura aluvial y/o a lo largo de las

partes bajas de las riberas del río dificultará una descarga propia del flujo. De tal manera que actividades no planificadas que hacen que se reduzca el ancho del río causarán nuevas áreas inundables o incrementarán el riesgo en otras. Adicionalmente, la velocidad del flujo podrá también incrementar el daño por erosión y socavación a lo largo de los lados del río.

Con relación a este tema, la ANA y AAA/ALA deberían inmediatamente preparar la zonas de río autorizadas o formular un plan de control de inundaciones y de mejoramiento del canal del río basado en un apropiado flujo de descarga, ancho de río o corte transversal estándar en cada uno de los tramos del río.

(2) Necesidad de conservación de zonas pantanosas y zonas bajas en la cuenca del río como extensiones para aliviar el exceso de volumen de descarga de inundación

(a) Situación actual (resultados del Estudio)

Habría que estudiar planes de canales y cuencas básicamente para mantener en adelante los terrenos pantanosos y llanos bajos que actualmente sirven, de hecho, para reducir la cantidad del agua inundada en canales.

Como se menciona en el punto (2) río Piura del apartado 13.3.2: “Evaluación de las inundaciones y desbordamientos ocurridos entre enero y marzo de 2017 y las políticas de las futuras medidas” del Capítulo 13, el CRHC Chira-Piura ha elaborado un plan de construcción de cuencas retardadoras llamadas “polders” en el curso superior debido a las dificultades en incrementar la capacidad de descarga del canal de la zona edificada de Piura.

(b) Recomendaciones

Las áreas pantanosas o áreas vacantes que juegan un rol de efecto de retardo para las aguas de la inundación en las cuencas de los ríos deberán ser preservadas y mantenidas. Es necesario asegurar un sistema mediante el cual las actividades que tengan un efecto adverso para los planes de control de inundaciones sean indudablemente evaluadas por la ANA/AAA/ALA. Además, en caso de que sea difícil incrementar la capacidad de descarga de los canales del curso bajo (por ejemplo, en caso de que el desplazamiento de viviendas requiera tiempo y recursos enormes) debería estudiarse activamente utilizar dichos terrenos pantanosos y planos bajos a lo largo de canales como polders.

Para avanzar en la creación del sistema de conservación antes mencionado y la construcción de polders, se requiere la formulación de un plan de control (plan maestro) tal como se muestra en la subsección 14.2.1. En los mencionados Planes de Control de Inundaciones para cada cuenca de río, se describirá los siguientes detalles:

- Nivel de protección contra inundaciones y descarga de diseño de cada sección/largo de río;
- Ancho de río necesario;

- Altura de dique necesaria;
- Ubicación de zonas de protección y/o conservación y facilidades para reducir la cantidad del agua inundada en el área del río y elementos del plan;
- Otra información relacionada con el Plan de Control de Inundaciones.

Adicionalmente, estos planes maestros de control de inundaciones deberán ser informados a las agencias concernientes, los gobiernos locales y regionales, así como a otras partes interesadas.

(3) Conducción de las obras apropiadas de mantenimiento del río

(a) Situación actual

En muchas de las cuencas de río localizadas a lo largo de la cadena de los Andes, debido a su abrupta topografía, la producción de sedimentos y su transporte es muy activa. Como ocurre en la cuenca del Chira-Piura, material de sedimento producido en la parte alta de la cuenca es depositado y almacenado en el canal del río en la parte baja de la sección donde la pendiente del río es más suave de tal manera que la velocidad del flujo disminuye. Dicha situación se repite mucho en otras cuencas.

(b) Recomendaciones

En esta situación, la capacidad de carga de flujo del canal del río es debilitada por el material de sedimentos acumulado. Para manejar esta situación, obras de mantenimiento propicias deberán ser llevadas a cabo de manera periódica. También una guía de lineamientos técnicos para el mantenimiento propicio de los ríos, así como el marco para la asignación de presupuesto para el AAA/ALA deberá ser preparada.

Se entiende que el lecho de los ríos de Japón se mantiene en un estado sumamente equilibrado gracias a los esfuerzos ininterrumpidos de los administradores de ríos. En el Perú también es importante trabajar con un control de inundaciones que considere toda la cuenca.

(4) Necesidad de monitorear el impacto del cambio climático sobre la gestión de las cuencas

(a) Situación actual

Como se indicó en el Capítulo 11, la investigación del IPCC y del profesor Ing. Cayo Ramos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) ha realizado la evaluación cuantitativa del impacto del cambio climático al futuro comportamiento de lluvias en el Perú.

(b) Recomendaciones

Se recomienda construir un sistema de monitoreo en el que la ANA y la AAA continúen recopilando información y respaldando de manera sostenible las diferentes investigaciones nacionales e internacionales sobre el cambio climático, a la par de monitorear el impacto del cambio climático al manejo de los ríos. En el caso de detectar un impacto significativo del cambio climático en el comportamiento hidrológico del Perú, va a ser necesario revisar la pertinencia de incorporar dicho

impacto en los planes y en la gestión de los ríos.

En Japón se ha propuesto tomar las siguientes medidas de adaptación al cambio climático en el sector de desastres hídricos, ante la posibilidad de que estos se agraven cada vez más por el aumento de frecuencia de fuertes aguaceros de corta duración y locales y otros fenómenos asociados con el cambio climático¹²:

- ✓ Fortalecimiento de las infraestructuras existentes: Reforzar el funcionamiento del capital existente, a través de la reconstrucción de las presas, construcción, ampliación y reconstrucción del sistema de alcantarillado existente, reservorios, etc.
- ✓ Intensificación de las actividades de operación, mantenimiento y renovación: Dar seguimiento cuidadoso a las condiciones de los ríos y del alcantarillado aplicando la TIC, entre otras. Recopilar información sobre las inundaciones y de las aguas continentales aplicando la tecnología de CCTV, entre otras.
- ✓ Construcción del sistema de control remoto de las compuertas y otras obras: Promover la implementación del sistema de automatización y de control remoto de las compuertas, etc. con el fin de asegurar la operación acertada de estas obras y la integridad del personal operador.
- ✓ Diseño de las infraestructuras con mínima necesidad de reconstruir: Procurar diseñar las obras que minimicen la necesidad de reconstruir en un futuro cuando sea necesario reforzarlas para adaptarse al incremento de la fuerza externa derivada del cambio climático. Esto significa seleccionar el tipo de estructura que facilite la remodelación, construcción de la cimentación sólida, etc. para adaptarse flexiblemente al incremento de la fuerza externa.
- ✓ Estructura de los diques que alarguen el tiempo de colapso: Analizar la estructura de los diques que asegure el tiempo necesario para la evacuación de los habitantes, alargando el tiempo que llega a colapsarse el dique, desde la perspectiva de mejorar la fiabilidad de los diques existentes.
- ✓ Medidas de control de inundaciones que tomen en cuenta el uso actual de las tierras: Promover las medidas de control de inundaciones combinando las medidas estructurales (diques perimetrales, etc.) y no estructurales, escuchando la opinión de la comunidad local y tomando en cuenta el patrón de uso de las tierras.
- ✓ Entrega de información sencilla que promueva la evacuación: Procurar entregar a la comunidad local información fácil de entender sistematizando los datos de gestión de riesgos de desastres y la inminencia de los riesgos, a fin de dar a conocer a la comunidad local los riesgos a los que está expuesta.

En algunos países se están tomando acciones para reflejar el impacto cuantitativo del cambio climático en la gestión de los ríos. Por ejemplo, en el caso de Filipinas, se utiliza una guía de diseño

¹² Plan de Adaptación al Cambio Climático del Ministerio de Tierras, Infraestructura, Transporte y Turismo, noviembre de 2015

(Design Guidelines, Criteria & Standards 2015) que estipula tomar en cuenta un incremento del 10 % de precipitación, y la elevación del nivel del mar de 0,3 metros al elaborar el diseño de las estructuras fluviales.

14.2.3 Retos para la creación de un sistema implementación apropiado para proyectos de control de inundaciones

(1) Estableciendo un sistema básico de implementación

(a) Situación actual

Conforme la Ley 29338 Recursos Hídricos, la ANA asume la gestión de los recursos hídricos de las cuencas, que incluye la gestión del riesgo de deslizamientos/aluviones, así como la gestión y el control de inundaciones.

Mediante la promulgación del Decreto Supremo No. 001-2010-AG del 23 de marzo de 2010, la ANA ha creado la Autoridad Administrativa de Agua (AAA), Autoridad Local de Agua (ALA), el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca (CRHC). Las ALAs se establecen bajo la ANA, y asumen la gestión de una a tres cuencas dependiendo de la zona. Además, se contempla crear el respectivo CRHC a nivel de AAA y ALA por iniciativa del respectivo gobierno subnacional.

El Decreto Supremo No. 001-2010-AG del 23 de marzo de 2010 establece el sistema de gestión de las 159 cuencas del país mediante la creación de las Autoridades Administrativas de Agua (AAA), las Autoridades Locales de Agua (ALA) y el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca (CRHC) como entidades adscritas a la ANA.

Actualmente existen en total 14 AAAs y 71 ALAs (Autoridad Local de Agua) bajo las primeras, y cada ALA asume la gestión de entre una a tres cuencas dependiendo de la zona. Las ALAs se establecen bajo la ANA, y asumen la gestión de una a tres cuencas dependiendo de la zona. Además, se contempla crear el respectivo CRHC a nivel de AAA y ALA por iniciativa del respectivo gobierno subnacional.

El cargo del director del CRHC es asumido por el gobernador regional o un representante, y el Consejo está integrado por los principales interesados de los recursos hídricos de la cuenca. La ANA formará parte del Consejo para monitorear sus actividades. Para los efectos de la gestión de los recursos hídricos fluviales, la ANA exige a las AAAs y ALAs a elaborar su respectivo plan de gestión de cuenca, someterlo a la consulta del CRHC donde se reúnen los principales interesados locales para escuchar sus opiniones.

(b) Recomendaciones

Como se indicó anteriormente, ya existe un sistema de gestión de cada cuenca. Sin embargo, los problemas para el control de inundaciones son los siguientes:

- No hay un mecanismo concreto para la formulación de planes de control de inundación para ríos que pasen a través de varias AAA's tal como el río Huallaga,
- No hay un sistema de demarcación para una implementación fluida de proyectos de control de

inundaciones entre el ANA, PSI, gobiernos regionales y gobiernos municipales.

Con el propósito de resolver estos temas, resulta imperativo la creación de un mecanismo claro de demarcación de responsabilidades para con los proyectos de control de inundaciones.

(2) Aumento del presupuesto para ejecutar los proyectos de control de inundaciones

(a) Situación actual

Como se indicó en el Capítulo 2, de acuerdo con la información recibida del MEF, en aprox. 13,4 años, desde diciembre de 2002 hasta mayo de 2016, se invirtieron en total S/. 2.949 millones para los proyectos relacionados con los desastres de inundaciones aprobados por SNIP.

(b) Recomendaciones

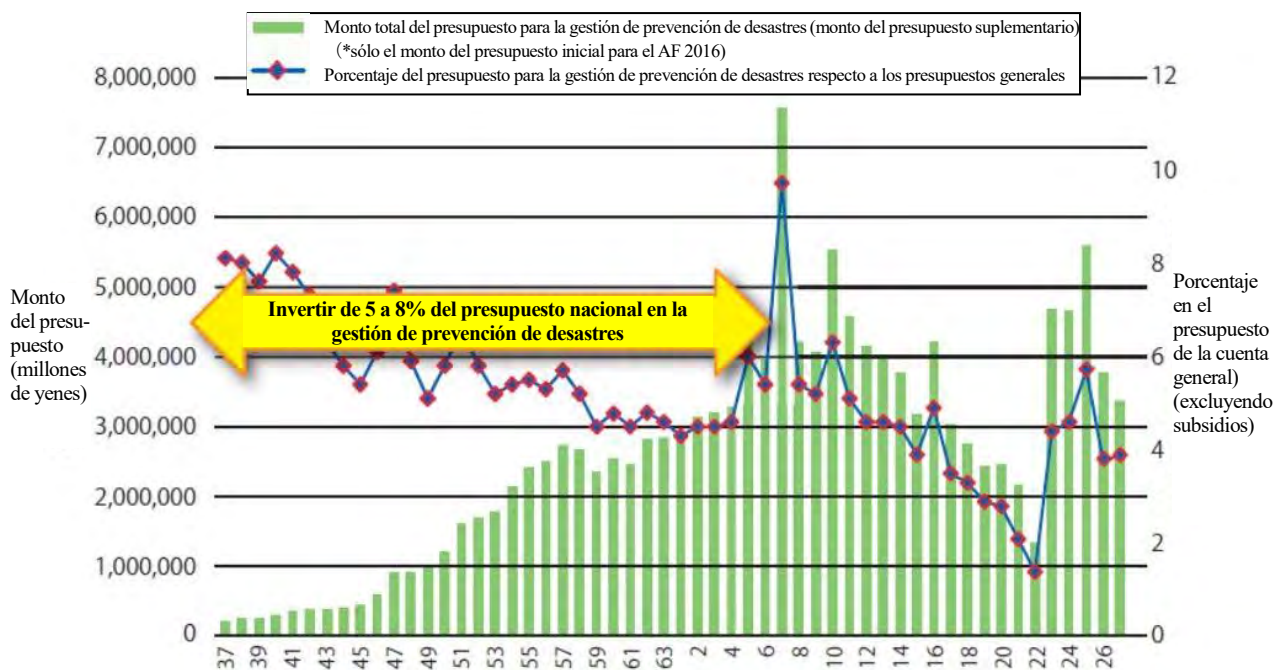
El costo total de los proyectos de control de inundaciones que deben ser ejecutados con mayor prioridad en todo el país según el presente Estudio, se estima en S/. 6.000 millones aproximadamente correspondiente a la probabilidad de 50 años, asumiendo controlar las inundaciones. Este costo total corresponde solamente a los proyectos prioritarios destinados a la reducción de los riesgos de inundaciones, y no se incluyen el costo de elaboración de planes, de los proyectos de rehabilitación posdesastre de emergencia, de reducción de deslizamientos en las cuencas altas, ni del mantenimiento de los ríos incluyendo el dragado, etc.

En comparación con dicho costo estimado, se debe reconocer que el monto invertido en **los últimos trece años aproximadamente, de S/. 3.000 millones** (que se desglosan en S/.200 millones al año), ha sido sumamente poco.

Para los próximos años el Perú deberá ejecutar los proyectos de control de inundaciones como preinversión para la reducción de los riesgos de desastres, sin detenerse solamente en la rehabilitación posdesastre de emergencia y de mantenimiento.

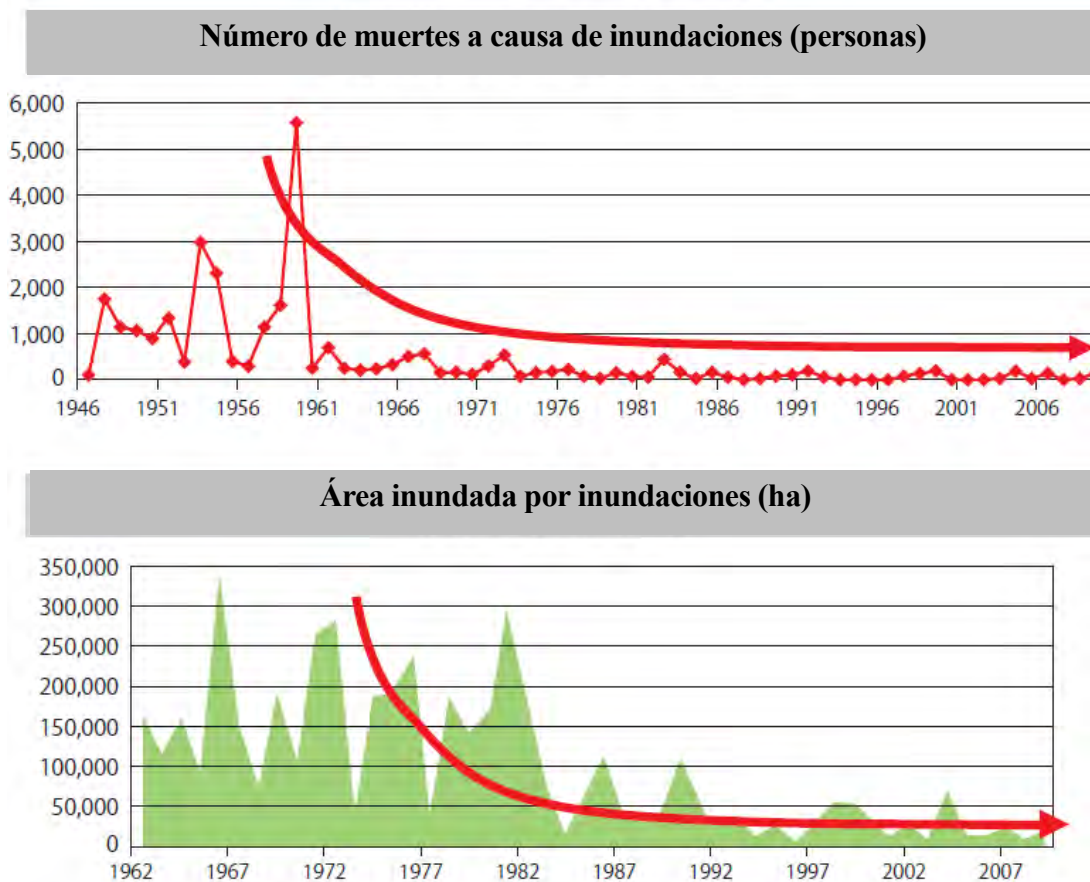
JICA ejecutó el estudio de las políticas e instituciones necesarias para la incorporación de la GRD en el Perú en 2014. En el informe de dicho estudio, se explica cómo Japón ha venido invirtiendo grandes montos para la ejecución de las diversas medidas de gestión de riesgos y como consecuencia ha reducido drásticamente los riesgos, incluyendo la reducción del número de fallecidos principalmente por las inundaciones. Nuevamente en las Figuras 14.3.8 y 14.3.9 se muestran el cambio anual de la inversión en proyectos de reducción del riesgo de desastres y la disminución de daños de inundación en los últimos años de Japón.

El resultado y la relación de dichas 2 figuras muestran claramente que la inversión en la reducción del riesgo de desastres de Japón ha disminuido notablemente el número de muertos y desaparecidos a causa de desastres.



Fuente: Libro Blanco de Gestión de IRiesgo de Desastres, año fiscal 2015, Oficina del Gabinete

Figura 14.2.6 Inversión en la gestión del riesgo de desastres de Japón



Fuente: "Estadística de Daños por Inundación", MTITT

Figura 14.2.7 Cambio anual del número de muertes y la superficie inundada a causa de inundaciones en Japón

(3) Necesidad del desarrollo de capacidades de los gobiernos locales, regionales, AAA y ALA

(a) Situación actual

La mayoría de las obras y actividades relacionadas al control de inundaciones, tales como dragados de río, obras de control de erosión y pequeños trabajos de mitigación, han sido llevadas a cabo por los gobiernos locales y regionales de manera conjunta con la AAAs y las ALAs.

(b) Recomendaciones

Respecto a la situación actual, lo siguiente ha sido observado.

- Obras de mejora del río sin la planificación apropiada;
- Daños a estructuras para el control de inundaciones aparecen inmediatamente luego de ser contruidas; y
- Construcción de infraestructuras públicas que tienen efectos adversos para la inundación.

Estas actividades perjudiciales son el resultado de implementaciones sin conocimientos en términos de ingeniería fluvial y control de inundaciones.

Para resolver estos temas es indispensable mejorar y fortalecer las capacidades respecto a la ingeniería del control de inundaciones en los gobiernos regionales y gobiernos locales, así como en las AAA y ALA. Al mismo tiempo, para materializar las diversas y extensas medidas de control de inundaciones en el Perú dentro del tiempo limitado, es indispensable mejorar la capacidad técnica de los consultores locales. Por lo tanto, se recomienda elaborar guías técnicas para transferir los conocimientos y experiencias técnicas del gobierno central o de los expertos con tecnología avanzada a los gobiernos subnacionales y a los consultores locales, ejecutar periódicamente la capacitación y el intercambio de recursos humanos.

(4) La pronta preparación de lineamientos apropiados para la implementación de proyectos de control de inundaciones bajo el nuevo SNIP

(a) Situación actual

Actualmente el gobierno peruano viene creando el nuevo SNIP. El siguiente paso consistirá en ejecutar los proyectos de reducción de riesgos, incluyendo las inundaciones, en el marco del nuevo SNIP.

(b) Recomendaciones

Actualmente el gobierno peruano viene creando el nuevo SNIP. Basado en las políticas del nuevo SNIP, los lineamientos apropiados y manuales para la implementación propicia de proyectos de control de inundaciones deberán ser preparados inmediatamente según lo referenciado en la subsección 13.2.1.

14.2.4 Cuestiones técnicas sobre la formación de un plan de control de inundaciones

Como se indicó en el apartado 13.2.1, se requiere reforzar la capacidad técnica, incluyendo la elaboración de una guía única de las técnicas y metodologías de análisis para agilizar el proceso de formulación de planes de control de inundaciones en las cuencas que presentan un alto efecto económico de los proyectos. A continuación se plantean dos aspectos que deben ser mejorados en el siguiente paso.

(1) Recolección de data

(a) Situación actual

Datos hidrológicos, tal como el nivel de agua del río y la descarga del río, así como el perfil longitudinal y lateral de la topografía del canal del río, son algunos de los datos básicos para la planificación del manejo del río, de tal manera que es crucial recolectar y manejar esta información de manera propicia. Sin embargo, los datos hidrológicos en Perú están limitados.

(b) Recomendaciones

Es necesario acumular los datos de observación hidrológica, de la sección transversal, perfil longitudinal y los datos topográficos de los ríos. Adicionalmente existen muchos ríos que no cuentan con una estación de observación hidrológica dentro de la cuenca. En cuanto a datos topográficos del río, existen muy pocas cuencas de ríos en donde un estudio periódico de la topografía del río ha sido llevado a cabo. Bajo estas condiciones, la evaluación cuantitativa de la erosión y sedimentación del canal del río se hace difícil. Por lo tanto, la mejora de la red de observación y la mejora en los recursos humanos es necesaria. Cabe recordar que con el fin de conocer detalladamente el comportamiento del arrastre de sedimentos en el curso del río, así como su variación a lo largo del tiempo, se recomienda ejecutar periódicamente el levantamiento transversal y longitudinal del curso del río y el estudio de los materiales de lecho y archivar los datos.

(2) Modelo de análisis de inundación

(a) Adquisición de técnicas de análisis de acuerdo a las características de inundación propia de la cuenca

Situación actual

En el Perú, los análisis de inundación han sido llevados a cabo principalmente usando HEC-RAS, software de análisis hidráulico desarrollado y mantenido por US Army Corps of Engineers, y la ANA también ha realizado los análisis de inundación utilizando el HEC-RAS descriptos en el reporte "Tratamiento de Cauces para el Control de Inundaciones", en el que se trabajaron 11 cuencas. En los reportes, el flujo de inundación fue tratado de manera unidimensional. En caso de que el flujo de la inundación con dirección descendente fuera prominente debido a la gradiente empinada, el área de

inundación estaría limitada a lo largo del canal del río; la reproductividad del fenómeno de inundación es buena para el análisis unidimensional. Sin embargo, es difícil de manera precisa reproducir el fenómeno de difusión del agua de inundación en áreas bajas.

Recomendaciones

En el Estudio, el fenómeno de inundación en las cuencas objetivo es analizado utilizando el modelo RRI, el cual ha sido diseñado por ICHRAM en Japón. Como este modelo trata el flujo de inundación de manera bidimensional, se espera que pueda de manera precisa analizar la propagación del área de inundación en la parte baja. Se considera útil que ingenieros de organismos relevantes puedan adquirir las técnicas de análisis bidimensional a través del uso del RRI y/u otro software de modelado bidimensional de análisis hidráulico como el DHI's MIKE 21 para el manejo de inundaciones en el futuro. También en la última versión del HEC-RAS, que salió en el 2016 (versión 5.0 o más nueva), la función para el análisis bidimensional ha sido agregada. El modelo RRI tiene las características mencionadas en el Capítulo 7. Por lo tanto, para elaborar un plan de mejora de los canales, es necesario seleccionar modelos de análisis hidrológico e hidráulico apropiados según las características de la cuenca, el objetivo del análisis, la precisión requerida y facilidades esperadas de control de inundaciones.

(b) Utilización de datos satelitales

Situación actual

En el Perú, que tiene una inmensa superficie de cuencas, acaban de iniciarse actividades de colección y ordenación de informaciones de alta precisión sobre el revestimiento de la tierra y planos de uso de tierra a nivel nacional. El SENAMHI maneja actualmente alrededor de 1,000 estaciones para medir la lluvia en todo el Perú, las que iniciaron a aumentarse en 2010. La densidad de cobertura de estas estaciones no es suficiente para llevar a cabo los análisis hidrológicos e hidráulicos que reflejen la distribución espacial de las características de precipitaciones, como pueden ser lluvias torrenciales locales.

Recomendaciones

En el presente Estudio, se ha utilizado datos obtenidos vía satélite (MODIS), como información de revestimiento de tierra de las cuencas, para reflejar en el análisis la permeabilidad y la dificultad de correr del agua (rugosidad) de la superficie del terreno. En la ANA ya está difundido el uso de ASTER, que son datos topográficos vía satélite, pero es deseable tratar de aprovechar activamente otros datos globales y obtener conocimientos nacionales e internacionales sobre la forma de aprovechar dichos datos y elevar el nivel técnico para el manejo apropiado de los datos. En el presente Estudio, se ha utilizado los datos de precipitación obtenidos vía satélite –GSMaP- para conocer la distribución espacial de precipitaciones en las cuencas, y se han modificado dichas precipitaciones cotejándolas con los datos obtenidos en las estaciones terrestres para aplicarlas en el análisis de la inundación y el desbordamiento. Sin embargo, se requiere que los datos de lluvia obtenidos de estaciones ubicadas en el suelo se hayan utilizado

básicamente para el análisis de precipitaciones e inundaciones debido a la precisión. En este sentido, es necesario aumentar la densidad de las estaciones de lluvia para formular un plan de control de inundaciones mejor y más apropiado. Además, es necesario registrar la precipitación intermitente de por lo menos 10 años más para obtener y mantener datos suficientes para calcular probabilidades de las estaciones creadas a partir de 2010.

(c) Adquisición de técnicas para el análisis cuantitativo de sedimentos

Situación actual

Tal como se indicó en el apartado 3.2.1: "Necesidad de formular urgentemente un Plan de Control de Inundaciones y organización de información", se recomienda elaborar planes de control de inundaciones junto con planes de reducción de los deslizamientos, ya que estos últimos constituyen los desastres ocurridos frecuentemente en el Perú junto con las inundaciones.

Recomendaciones

Básicamente el comportamiento de las aguas de inundación está relacionado de cerca a la dinámica de sedimentos. Para el manejo adecuado de una inundación, el comportamiento de esta debe ser considerado de manera conjunta con el movimiento de sedimentos en la cuenca aunque el fenómeno de inundación fluvial y erosión son enfocados principalmente en este Estudio. Adicionalmente, considerando que desastres relacionados con los sedimentos ocurren de manera frecuente en los afluentes localizados en las montañas de los Andes, entender de manera cuantitativa la ocurrencia, el transporte y las condiciones de sedimentación de estos sedimentos es vital para un manejo integral de los sedimentos en el Perú. Sin embargo, los métodos para el análisis cuantitativo del comportamiento de los sedimentos aún no han sido establecidos en el Perú. Es por esta razón que es deseable poder empezar a aplicar los métodos que son de uso extendido en el exterior para muestrear un valle mientras se confirma la aplicabilidad de los métodos en el Perú. Específicamente se refiere esto al análisis de flujos y procesos de sedimentación de flujos de escombros en el valle y para analizar el flujo de agua en su conjunto y el proceso de transporte de sedimentos en el río. El ejemplo de la aplicación de tecnología japonesa para el primero es Kanako (<http://www.stc.or.jp/10soft/003Eframe.html>), el cual ha sido desarrollado y mantenido por Sabo and Landslide Engineering Center, y para lo último es iRIC (<http://i-ric.org/en/>), el cual ha sido desarrollado y mantenido por la Universidad de Hokkaido. Ambos software pueden ser utilizados de manera gratuita.

(3) Refuerzo de la información histórica de los desastres ocurridos

(a) Situación actual

Perú cuenta con una base de datos de los principales desastres históricos denominada SINPAD a cargo del INDECI. Sin embargo, tal como se indicó en el Capítulo 2, este sistema no está estructurado de tal manera para realizar el recuento del número de damnificados y de las pérdidas económicas según los

desastres. Cuando ocurren desastres relativamente grandes, se elaboran los informes de los daños, especificando textualmente o mediante el uso de tablas sobre las áreas afectadas, profundidad inundada, etc. Sin embargo, de las principales inundaciones ocurridas en los últimos años, solo la inundación en la cuenca Urubamba en 2010 especifica el monto de las pérdidas económicas según sectores.

(b) Recomendaciones

Para diseñar el futuro sistema de gestión de los riesgos de desastres es sumamente importante registrar y archivar concreta y precisamente los daños sufridos en el pasado. Por lo tanto, se recomienda revisar y reanalizar la metodología actual de recopilación, procesamiento y evaluación de los datos de los desastres históricos y, de ser necesario, rediseñar la metodología y la organización del personal. Es igualmente importante registrar los fenómenos naturales observados durante el desastre, junto con los daños sufridos. Estos datos son, concretamente, para el caso de la gestión de ríos, las huellas de la inundación en el curso del río, profundidad y el alcance de las inundaciones en el área anegable, etc. Para la evaluación de estos fenómenos hidrológicos, se recomienda buscar la posibilidad de utilizar la TIC, como, por ejemplo, drones, fotos satelitales, etc.

Tal como se indicó en el apartado 14.2 14.2.1 (1), se recomienda que la ANA, como instituto técnico rector de controlar las inundaciones, coopere con el INDECI y CENEPRED en la recopilación y gestión de esta información.

14.2.5 Implementación de la metodología de sensibilización sobre los riesgos de desastres

(a) Situación actual

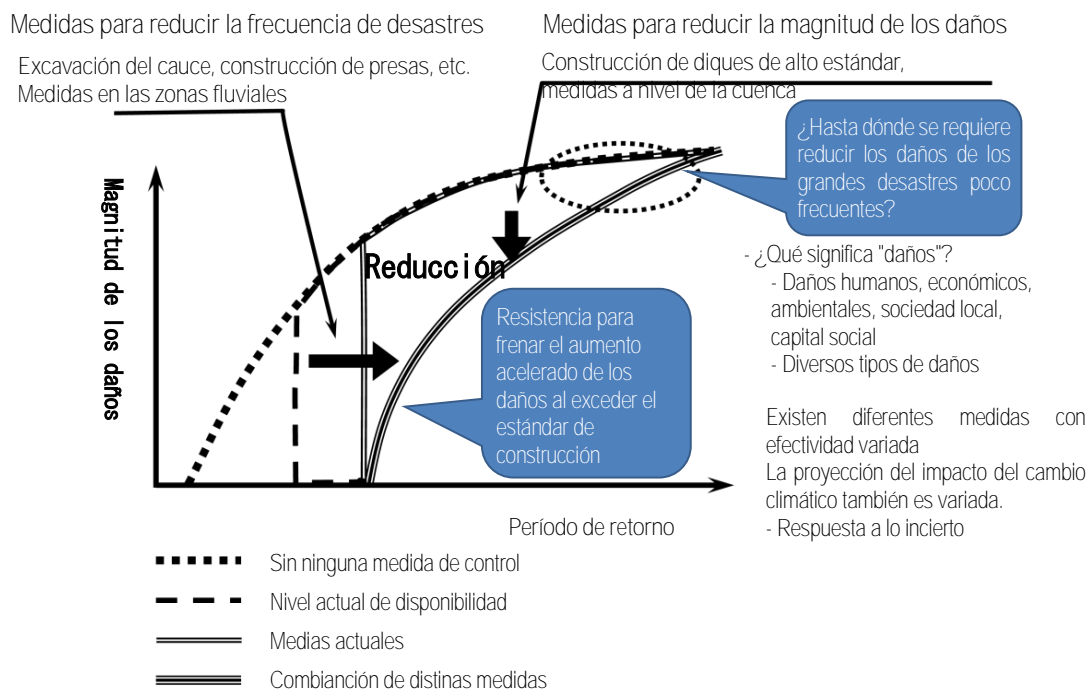
Actualmente, el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) realiza la evaluación de los riesgos de desastres en el Perú. Sus operaciones incluyen la identificación de las amenazas, el análisis de la vulnerabilidad ante las amenazas, la elaboración y aplicación de las guías, etc. Sin embargo, en realidad, no existe todavía una metodología de evaluación cuantitativa de los riesgos de desastres de cada región aplicando los indicadores concretos, o de evaluación concreta de la efectividad de los proyectos de gestión de riesgos de desastres implementados.

(b) Recomendaciones

Para la implementación de los proyectos de control de inundaciones apropiados y efectivos es importante identificar concretamente los riesgos latentes de cada zona y los beneficios concretos de los proyectos en términos de reducción de riesgos, y compartir la misma percepción entre los principales actores involucrados. Como herramienta para visibilizar concretamente los riesgos de desastres, se propone aplicar la curva de riesgos¹³ que se muestra en la Figura 14.2..

¹³ Evaluation of Riverrine Flood Risk Reduction by Scenario-vase Analysis for Response of Flood Prevention System to Wide-Scale Floods (Yuki TAKENAKA, Osamu ITAGAKI, Katsuya KOBAYASHI, Atsushi HATTORI, 2015.06)

Por ejemplo, el mejoramiento fluvial, que es una medida que permite agrandar la magnitud de las inundaciones controlables y reducir la frecuencia de la ocurrencia de los daños, y su efectividad es expresada como el desplazamiento de la intersección de la curva de riesgo y la abscisa hacia la derecha. De igual modo, la efectividad de medidas como la evacuación de la población local, control del uso de las tierras, etc., es expresada como la reducción de la inclinación de la curva de riesgos. De este modo, este gráfico permite evaluar de manera integral la efectividad de las diferentes medidas de gestión y reducción de riesgos de desastres en función del indicador de daños (en la ordenada), y como tal es sumamente útil para seleccionar las mejores medidas y su combinación, permitiendo reforzar la visión compartida entre los diversos actores locales y ofreciendo los fundamentos para la toma de decisiones por los funcionarios públicos. Se recomienda implementar de manera experimental la curva de riesgos o metodologías similares para fomentar el entendimiento entre los actores de gestión de riesgos de desastres y los habitantes locales sobre los riesgos de desastres.



Fuente: Evaluation of Riverrine Flood Risk Reduction by Scenario-vase Analysis for Response of Flood Prevention System to Wide-Scale Floods (Yuki TAKENAKA, Osamu ITAGAKI, Katsuya KOBAYASHI, Atsushi HATTORI, 2015.06)

Figura 14.2.9 Ejemplo de la curva de los riesgos de desastres (para el análisis de las medidas de reducción de los daños de inundaciones)

14.2.6 Introducción de un sistema de alerta y pronóstico de inundaciones

(a) Situación actual

Existen en el Perú varias cuencas que no necesariamente requieren ejecutar urgentemente los proyectos de control de inundaciones, pero cuyos ríos al desbordarse pondrían en riesgo a la vida humana de la comunidad aledaña. Para estos ríos, la medida efectiva de control viene a ser la

implementación del sistema de alerta temprana para asistir la evacuación oportuna de la comunidad local.

El SENAMHI emite, además de avisos ordinarios de desastres meteorológicos, avisos de los riesgos agrometeorológicos para las cuencas Mantaro, Urubamba, Cajamarquino, etc. Adicionalmente, el SENAMHI publica en su sitio web el sistema que permite acceder a la información meteorológica de tiempo real en los ríos Rímac, Chicama y Puno. Sin embargo, se desconoce en qué medida la población está utilizando esta información para evacuar oportunamente.

La ANA, asistido por el Banco Mundial, ha implementado el sistema de captación de los datos de precipitación y de nivel de agua a cada 15 minutos en seis cuencas (Tumbes, Piura, Chira, Chancay-Huarral, Chilica-Vitor-Chilli y Caplina-Locumba), pero estos datos no son compartidos actualmente con otras entidades. Adicionalmente, la ANA ha construido un sistema de alerta temprana instalando pluviómetros en 108 quebradas con alto potencial de ocurrencia de huaycos para monitorear la precipitación en tiempo real.

De este modo, ya ha sido o está por ser implementado el sistema de alerta temprana aunque no en forma suficiente si se toma en cuenta la ocurrencia de frecuentes inundaciones y deslizamientos en todo el país. Además, en la mayoría de los casos, se desconoce en qué grado están siendo aprovechados estos sistemas y solo en algunas pocas cuencas, como es el caso de la cuenca del río Urubamba, se observa que el sistema está siendo efectivamente utilizado.

(b) Recomendaciones

Es necesario implementar y operar efectivamente el sistema de alerta temprana también en los ríos donde, por la limitada disponibilidad de presupuesto o por otras razones, no sea posible construir inmediatamente las obras de defensa, a fin de proteger la vida humana. Adicionalmente, muchas de las cuencas de ríos amazónicos cuentan con una gran área de captación. En estas áreas, el tiempo de espera entre la predicción del evento y la ocurrencia actual del fenómeno (el incremento del nivel de aguas del río) es lo suficientemente larga como para que los residentes puedan evacuar. Por lo tanto, es altamente recomendable instalar un sistema de alerta y pronóstico de inundación en una de las cuencas priorizadas y seleccionadas en este Estudio considerando la disponibilidad de presupuesto y tecnología para el río objetivo. El establecer un sistema de alerta y pronóstico de inundación también incrementará la conciencia de los residentes sobre el tema del manejo del riesgo de inundación. Se debe tomar en cuenta que la combinación de la implementación del sistema de alerta con la sensibilización de la comunidad local en el tema del manejo del riesgo de inundaciones y deslizamientos aumentaría más los beneficios del sistema.

14.2.7 Datos a ser ingresados en el SNIRH

(a) Situación actual

Como se menciona en la subsección 13.2.4, los datos hidrológicos, tal como el nivel de agua del río y la descarga del río, así como el perfil longitudinal y lateral de la topografía del canal del río, son algunos de los datos básicos para la planificación del manejo del río, de tal manera que es crucial recolectar y manejar esta información de manera propicia. Sin embargo, en Perú los registros de datos hidrológicos están limitados.

(b) Recomendaciones

La información y data recolectada, los resultados de los cálculos hidráulicos e hidrológicos y los resultados del análisis de las simulaciones conducidas por el Estudio deberán de ser propiamente archivadas y utilizadas en el futuro. En tal sentido, el sistema de OSNIRH deberá de ser utilizado plenamente. Se recomienda que la data y los resultados de los estudios descritos en la Tabla 14.3.3 y Tabla 14.3.4 sean archivados y plenamente utilizados cuando sean necesarios en el futuro.

Tabla 14.2.3 Datos básicos recolectados por el estudio de la JICA a ser compartidos y actualizados bajo la OSNIRH

Clasificación	Contenidos	Formato del dato	Fuente (Fuente Original)	OSNIRH *
Topografía	Limites administrativos	GIS (shp file)	ANA, DEPHM	●
	Ciudades principales	GIS (shp file)	ANA, DEPHM	●
	Caminos, línea ferroviaria	GIS (shp file)	ANA, DEPHM	●
	Límites de ALA, AAA	GIS (shp file)	ANA, DEPHM	●
	Mapa topográfico(1/100,000)	ecw.file	ANA, DEPHM (IGN)	●
Datos de elevación	SRTM (90m)	Raster data	USGS*1	●
	ASTER (30m)	Raster data	ANA, DEPHM (USGS)	●
	2m DSM**	Raster data	Equipo de Estudio	●
Río	Cuencas de río	GIS (shp file)	ANA, SNIRH	
	Sistema de río (línea del curso del río)	GIS (shp file)	ANA, SNIRH	
Uso de la tierra	Cobertura de tierra (1 km)	ASCII data	GLCC*2	●
Población	Población, 2013	GIS (Meta data)	Equipo de Estudio (Landsat)	●
	Población data, 2013	GIS (tiff)	INEI	●
	PBI per cápita, 2013	GIS (tiff)	INEI	●
Área de inundación	Punto crítico de inundación	GIS (shp file)	ANA, DEPHM	●
Hidrología	Localización de estaciones	GIS (shp file)	ANA, SNIRH	
	Lluvia diaria	excel	ANA, SNIRH	
	Lluvia horaria	excel	ANA, SNIRH	
	Descarga diaria /nivel de agua	excel	ANA, SNIRH	
	Isoyeta	GIS (shp file)	ANA, SNIRH	
Embalse	Localización	GIS (shp file)	ANA, DEPHM	●
	Inventario de embalses	PDF	ANA, DEPHM	●

* Datos a compartirse con ANA, OSNIRH por el Estudio (al final del Estudio) ●Estos datos serán mantenidos por la OSNIRH en el futuro

** DSM data serán comprados solo para algunas cuencas (como ser Rímac, Ica y otros)

*1 USGS:U.S. Geological Survey

Tabla 14.2.4 Datos desarrollados por el estudio de JICA a ser compartidos y actualizados bajo la OSNIRH

Clasificación		Contenidos	Formato del dato	Fuente	SNIRH* 1
Datos de Entrada	Elevación	ASTER (30m)	Raster data	ANA (Fuente Original; USGS)	●
		2m DSM	Raster data	Equipo de Estudio	●
	Cobertura de tierra	Cobertura de tierra	ASCII	GLCC	●
	Suelo	Mapa geológico	ASCII	CGWM	●
	Dato de río	Dirección del flujo	ASCII	Creado con datos de elevación	●
		Acumulación del flujo	ASCII	Creado con datos de elevación	●
		Profundidad del río	ASCII	Modelo RRI	●
		Ancho del río	ASCII	Modelo RRI	●
Altura del banco (orilla)		ASCII	Modelo RRI	●	
Dato de lluvia	Lluvia media de la Cuenca	ASCII, excel	Creado con lluvia diaria	●	
Datos de Salida *	Profundidad máxima de inundación	Profundidad máxima del agua en la zona de inundación	ASCII	Resultado de simulación con el modelo RRI	●
	Profundidad de inundación	Profundidad del agua en la zona de inundación/paso de cálculo	ASCII,	Resultado de simulación con el modelo RRI	●
	Descarga de río	Descarga del río	ASCII,	Resultado de simulación con el modelo RRI	●
	Nivel de río	Nivel del río	ASCII,	Resultado de simulación con el modelo RRI	●

* Datos a compartirse con ANA, OSNIRH por el Estudio (al final del Estudio) ● Estos datos serán mantenidos por la OSNIRH en el futuro

14.3 Resumen de recomendaciones y recomendaciones para la elaboración de una matriz en el Préstamo Stand-By para la Reconstrucción Post-Desastre

14.3.1 Resumen de Recomendaciones

Las recomendaciones descritas en la sección 14.2 se resumen en la Tabla 14.4.1 ~ Tabla 14.4.5.

En las siguientes Tablas 14.4.1 y 14.4.2 se resumen el sistema de coordinación interdepartamental en la ANA y el sistema de coordinación entre la ANA y otras organizaciones en la elaboración de futuros planes de control de inundaciones y la implementación de proyectos. Además, en la Tabla 14.4.3 se muestra una propuesta del sistema de coordinación interorganizacional para la futura implementación de proyectos de control de inundaciones, que está en la deliberación entre la misión del presente Estudio y la ANA.

Tabla 14.3.1 Resumen de recomendaciones (formulación de un plan de control de inundaciones)

Ítem	Resultados del estudio	Recomendaciones	Condiciones previas que se incluyen en la Matriz de Políticas
Formulación de un plan de control de inundaciones	Lista de ríos prioritarios	1. Sistematización de los planes y proyectos de control de inundaciones elaborados hasta la fecha y de la información sobre daños	Elaboración de información sobre el control de inundaciones de las cuencas hasta 2020 por ANA/AAA y CENEPRED. Esta información incluye los daños de las inundaciones ocurridas según cuencas, planes de control de inundaciones elaborados, proyectos y medidas ejecutadas, etc.
		2. Necesidad de una urgente formulación de un plan de control de inundaciones adecuado para proyectos de alto potencial	Elaboración de medidas de control de inundaciones en más de XX cuencas por ANA/AAA hasta 2020. Estas medidas incluyen los planes de medidas contra deslizamientos y el plan operación y mantenimiento. (Las mismas recomendaciones de 7, 11 y 16).
		3. Incorporación del plan de control de deslizamientos y de manejo de sedimentos en el plan de control de inundaciones	
		4. Necesidad de creación de métodos para la estimación de los beneficios indirectos de los proyectos de control de inundaciones	Elaboración del Manual de Análisis Económico de los Proyectos de Control de Inundaciones dirigido principalmente a los gobiernos departamentales y locales. Este trabajo será realizado por ANA en colaboración con el MEF hasta 2020. (Las mismas recomendaciones de 12).

Tabla 14.3.2 Resumen de recomendaciones (manejo apropiado de un río)

Ítem	Resultados del estudio	Recomendaciones	Condiciones previas que se incluyen en la matriz de Políticas
Manejo apropiado de un río	Simulación de inundaciones y diseño de dique	5. Necesidad de fortalecimiento de la regulación del desarrollo en zonas de planicies inundables y riberas de ríos	Designación de fajas marginales en más de XX ríos en función del ancho del río y la sección de diseño del dique propuestos mediante el cálculo de inundaciones y desbordamiento o con base en el plan de control de inundaciones. Este trabajo deberá terminarse en 2020.
		6. Necesidad de conservación de zonas pantanosas y zonas bajas en la cuenca del río como extensiones para aliviar el exceso de volumen de descarga de inundación	Evaluación del impacto de reducción del caudal de crecida en las áreas protegidas en las cuencas de más de XX ríos y promoción de las actividades de conservación desde la perspectiva de control de inundaciones. Este trabajo deberá terminarse en 2020.

Ítem	Resultados del estudio	Recomendaciones	Condiciones previas que se incluyen en la matriz de Políticas
		7. Conducción de las obras apropiadas de mantenimiento del río	Elaboración de las medidas de control de inundaciones en de más de XX cuencas por ANA/AAA hasta 2020. Estas medidas incluyen los planes de medidas contra deslizamientos y el plan operación y mantenimiento. (Las mismas recomendaciones de 2, 3, 11 y 16).
		8. Monitoreo del impacto del cambio climático sobre la gestión de las cuencas	Ejecución de la evaluación del impacto del cambio climático en más de XX cuencas por ANA hasta 2020, utilizando los datos hidrometeorológicos más actualizados.

Tabla 14.3.3 Resumen de recomendaciones (creación de un sistema de implementación apropiado para proyectos de control de inundaciones)

Ítem	Resultados del estudio	Recomendaciones	Condiciones previas que se incluyen en la matriz de políticas
Creación de un sistema de implementación apropiado para proyectos de control de inundaciones	Presupuesto para el control de las inundaciones en el pasado	9. Establecimiento de un sistema básico de implementación	Elaboración del borrador de división de responsabilidades (guía de implementación de los proyectos) entre los organismos centrales, gobiernos provinciales y locales para la ejecución de las medidas de control de inundaciones en todo el país. Este borrador será elaborado por ANA hasta 2020.
		10. Aumento del presupuesto para ejecutar los proyectos de control de inundaciones	Inversión de más de S/. 300 millones al año para los proyectos de control de inundaciones. Este trabajo deberá realizarse por ANA en colaboración con el MEF hasta 2020.
	Resultado de las encuestas de sitio	11. Necesidad del desarrollo de capacidades de los gobiernos locales, regionales, AAA y ALA	Elaboración de las medidas de control de inundaciones en más de XX cuencas por ANA/AAA hasta 2020. Estas medidas incluyen los planes de medidas contra deslizamientos y el plan de operación y mantenimiento. (Las mismas recomendaciones de 2, 3, 7 y 16).
			Iniciación por ANA de las actividades de fortalecimiento de los proyectos de control de inundaciones dirigidas a AAA/ALA, gobiernos departamentales y locales hasta 2020.
		12. Pronta preparación de los lineamientos apropiados para la implementación de proyectos de control de inundaciones bajo el nuevo SNIP	Elaboración del Manual de Análisis Económico de los Proyectos de Control de Inundaciones dirigido principalmente a los gobiernos departamentales y locales. Este trabajo será realizado por ANA en colaboración con el MEF hasta 2020. (Las mismas recomendaciones de 4).

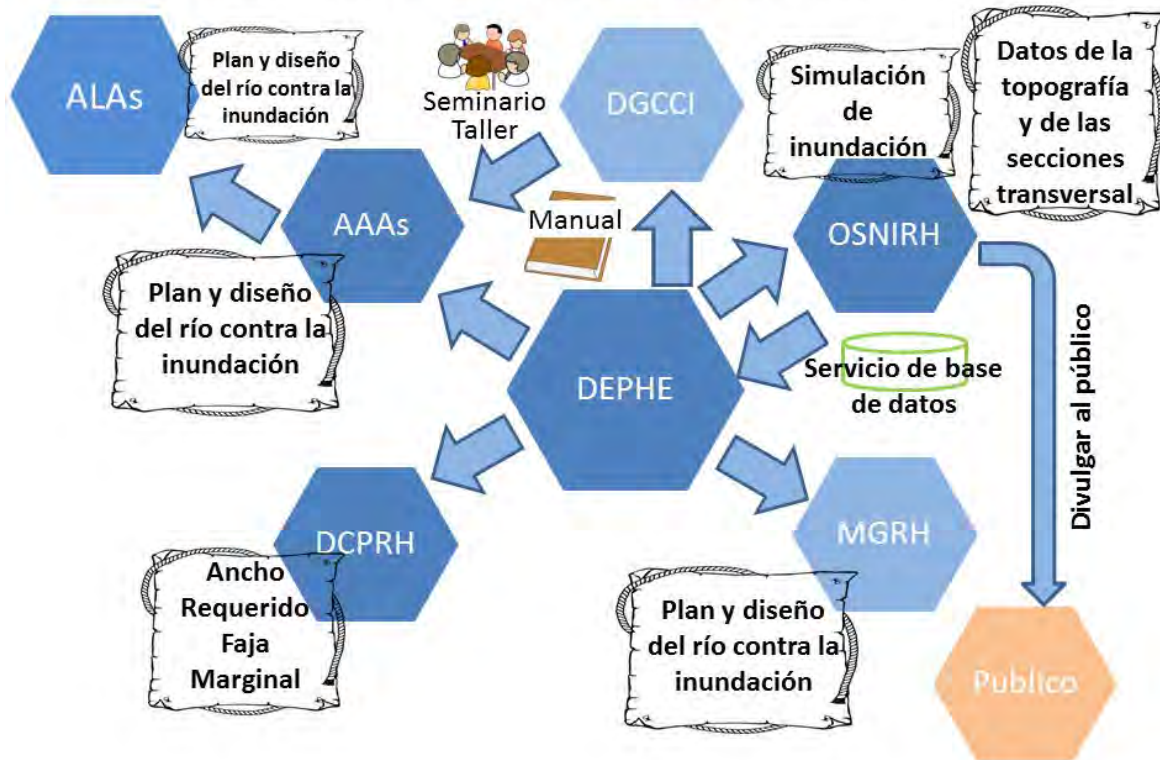
Tabla 14.3.4 Resumen de recomendaciones (cuestiones técnicas sobre la formación de un plan de control de inundaciones)

Ítem	Resultados del estudio	Recomendaciones	Condicionesprevias que se incluyen en la Matriz de Políticas
Cuestiones Técnicas sobre la Formación de un Plan de Control de Inundaciones	Análisis de la precipitación y Análisis de la Inundación-Escorrentía	13. Mejora de la recolección de datos	Construcción del sistema de gestión y actualización de la información de los ríos relacionada con el control de inundaciones (sección transversal y perfil longitudinal de los ríos, materiales de lecho, análisis de precipitación, análisis de inundaciones y desbordamiento, etc.) Este sistema deberá ser construido por OSNIRH de ANA hasta 2020. (Las mismas recomendaciones de 20.)
		14. Mejora del modelo de análisis de inundación (adquisición de técnicas de análisis de acuerdo a las características de las inundaciones propias de la cuenca)	Nombramiento por ANA de más de XX oficiales capaces de realizar el análisis de inundaciones y las estructuras fluviales, incluyendo los oficiales de las AAAs, hasta 2020.
		15. Aprendizaje del modelo de análisis de inundación (utilización de datos satelitales para superar la insuficiencia de datos)	Ejecución del análisis de inundaciones utilizando los datos globales (precipitación y topografía), etc. en más de XX ríos. Este trabajo deberá ejecutarse por ANA hasta 2020.
		16. Modelo de análisis de inundación (adquisición de técnicas para el análisis cuantitativo de sedimentos)	Elaboración de las medidas de control de inundaciones en más de XX cuencas por ANA/AAA hasta 2020. Estas medidas incluyen los planes de medidas contra deslizamientos y el plan operación y mantenimiento. (Las mismas recomendaciones de 2,3, 7 y 11).

Tabla 14.3.5 Resumen de recomendaciones (otros)

Ítem	Resultados del estudio	Recomendaciones	Condiciones previas que se incluyen en la Matriz de Políticas
Otros	Análisis de la precipitación y Análisis de la Inundación-Escorrentía	17. Refuerzo de la información histórica de los desastres ocurridos	Construcción y publicación de la base de datos sobre los daños de los desastres específicos. Este trabajo será ejecutado por INDECI hasta 2020.
		18. Implementación de la metodología de sensibilización sobre los riesgos de desastres	Elaboración de una nueva metodología de análisis de riesgos que tome en cuenta la efectividad de las distintas medidas de control para la reducción de los riesgos en más de XX ríos, incorporando a la metodología actual las técnicas de curva de riesgos o técnicas similares. Este trabajo será ejecutado por ANA hasta 2020.
		19. Introducción de un Sistema de Alerta y Pronóstico de Inundaciones	Construcción del sistema de base de datos de precipitación y nivel de agua de tiempo real en más de XX ríos. Este trabajo deberá ejecutarse por ANA hasta 2020.
		20. Datos a ser ingresados en el SNIRH	Construcción del sistema de gestión y actualización de la información de los ríos relacionada con el control de inundaciones (sección transversal y perfil longitudinal de los ríos, materiales de lecho, análisis de precipitación, análisis de inundaciones y desbordamiento, etc.) Este sistema deberá ser construido por OSNIRH de ANA hasta 2020. (Las mismas recomendaciones de 13).

Based on the Formulation of Flood Control Plans for River Basin, DEPHE shall provide Other Direccions and Oficinas in ANA with Reports, Data and Information related Flood Control



Fuente: Preparadp por el Equipo de EstudioEquipo de Estudio

Figura 14.3.1 Sistema de coordinación dentro de la ANA (borrador)

Explicación de la Figura 14.1.1:

Para la elaboración de planes de control de inundaciones y la implementación de proyectos en las cuencas, las organizaciones de la ANA, especialmente DEPHM, deberán tener las siguientes responsabilidades.

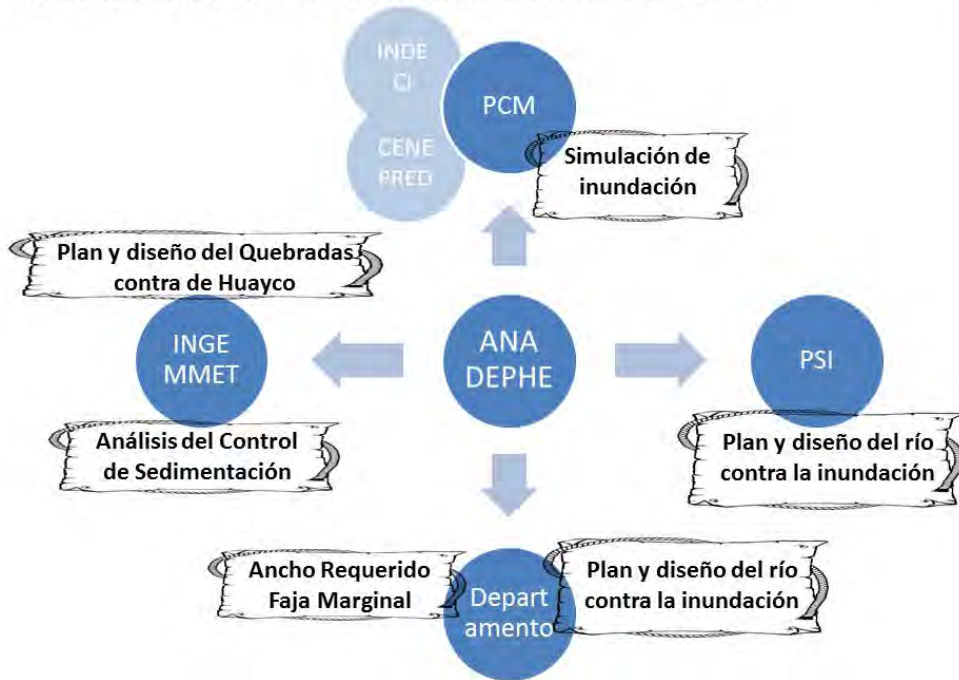
OSNIRH: Necesitará no solamente acumular y compartir datos de utilización del agua, sino también compartir datos relacionados con el control de inundaciones y resultados de análisis con otras organizaciones y con el pueblo.

DGCCI (Dirección de Gestión de Conocimiento y Coordinación Interinstitucional): Necesitará actividades de fortalecimiento de la capacidad para facilitar planes concretos, directrices y manuales elaborados por DEPHM a la AAA/ALA e implementarlos.

DCPRH (Dirección de Conservación y Planeamiento de los Recursos Hídricos): Es la Dirección encargada de elaborar directrices para establecer fajas marginales y administrar las fajas marginales dictadas por la AAA/ALA. Por consiguiente, necesitará actualizar las nuevas directrices para establecer fajas marginales de acuerdo con las directrices y los manuales elaborados por DEPHM y encargarse de la verificación de la concordancia entre las fajas marginales dictadas por AAA/ALA y los planes de mejora de canales.

MGRH (Modernización de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos): Es el único departamento de la ANA capaz de implementar proyectos concretos. Por lo tanto, se requiere de él que desempeñe el papel de organización ejecutora de proyectos de primera prioridad conforme al avance de la elaboración de futuros planes de control de inundaciones en las cuencas.

Based on the Formulation of Flood Control Plans for River Basin, ANA (DEPHE) shall provide Other Agencies with Reports, Data and Information related Flood Control



Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

Figura 14.3.2 Sistema de coordinación entre ANA y Otras Agencias (borrador)

Explicación de la Figura 14.1.2:

Para la pronta implementación de proyectos de control de inundaciones y la promoción de la demostración de efectos de actividades del control de inundaciones, no solamente es necesaria la coordinación interdepartamental dentro de la ANA, sino también la coordinación entre organizaciones centrales.

Para esto, es necesario obtener y compartir activamente datos e informaciones principalmente a través de la ANA. A continuación se mencionan el papel que cada organización deberá desempeñar y datos e informaciones que se deberán compartir.

ANA: A través de OSHIRH, su organización interna, comparte datos sobre la precipitación y el nivel del agua mediante la web, pero en adelante deberá compartir más datos e informaciones que se mencionan a continuación con otras organizaciones relacionadas principalmente a través de DEPHM.

PCM (INDECI/CENEPRED): Resumen del resultado de simulaciones de inundación ejecutada. Actual grado de seguridad contra inundaciones y futuro plan de control de inundaciones de cada una de las cuencas.

INGEMMET: Compartir ideas de control de inundaciones en las cuencas y sobre todo en el curso superior. Compartir el resultado del análisis de sedimentos.

PSI del Ministerio de Agricultura y Riego: Compartir ideas de planes de control de inundaciones de las cuencas.

Gobiernos provinciales y gobiernos distritales: Planes de control de inundaciones de las cuencas, sobre todo compartir el ancho necesario del río.

Las organizaciones relacionadas podrán promover las actividades siguientes desde el punto de vista del control de inundaciones, de acuerdo con los datos compartidos arriba mencionados.

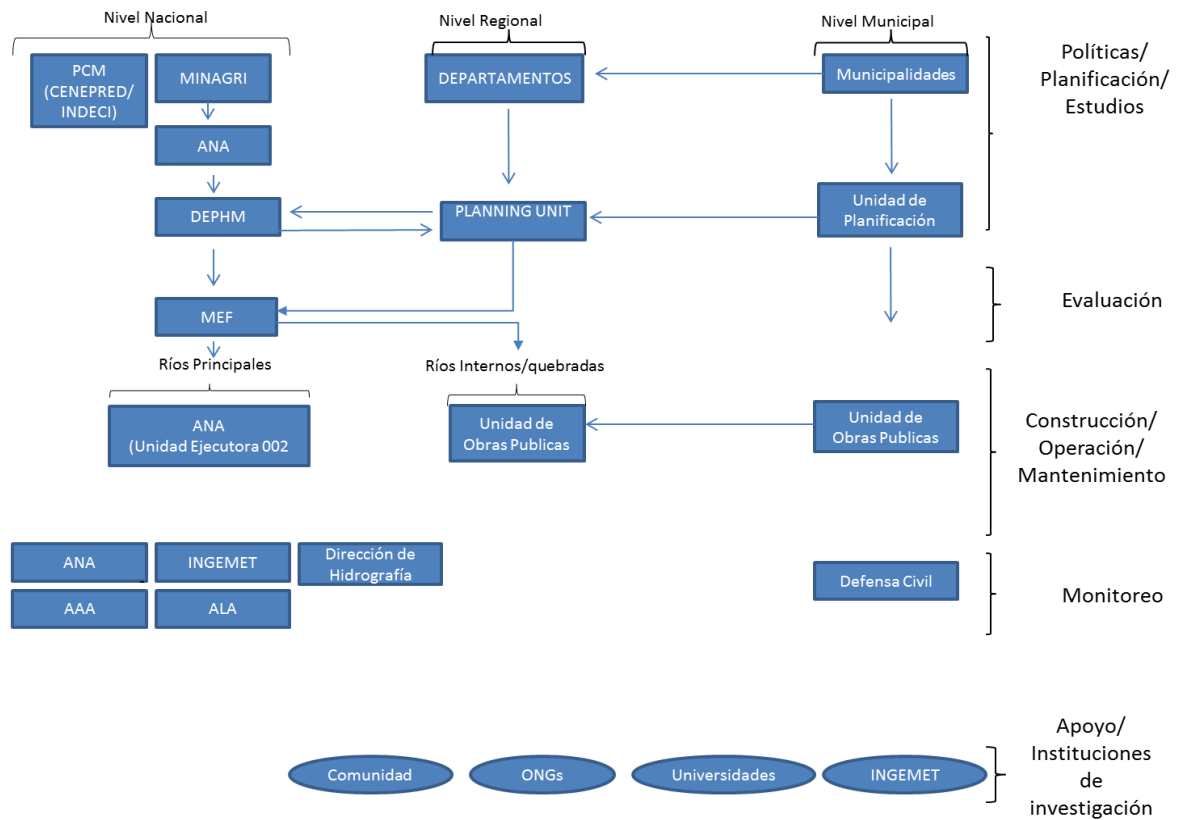
PCM (INDECI/CENEPRED): Verificación y análisis del riesgo de inundación por zona. Elaboración de un mapa de riesgo. Instrucciones a gobiernos provinciales y distritales para disminuir el riesgo.

INGEMMET: Elaboración y actualización de directrices y manuales para la elaboración de planes de control de huaycos.

PSI del Ministerio de Agricultura y Riego: Elaboración e implementación de proyectos de control de inundaciones. Implementación de proyectos de control de inundaciones coherentes con la realidad de las cuencas.

Gobiernos provinciales y distritales: Elaboración y actualización de planes de utilización de tierras teniendo en cuenta los planes hidráulicos. Aseguramiento de la coherencia de los proyectos individuales con el plan general de control de inundaciones de cada cuenca.

Marco Institucional Peruano para Mitigación de la Inundación



Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

Figura 14.3.3 Sistema nacional propuesto para la implementación exitosa del proyecto de control de inundaciones (borrador)

Explicación de la Figura 14.1.3:

En la Figura 14.1.3 se muestra un resumen de ideas sobre la competencia de cada una de las organizaciones en la implementación de proyectos de control de inundaciones, teniendo en cuenta los datos e informaciones que se compartirán en adelante como se ha mostrado en la Figura 14.1.2. A continuación se muestran las competencias concretas.

1. Relacionadas con la elaboración de planes de proyectos de control de inundaciones:

Aunque básicamente ANA dirigirá la planificación de proyectos de control de inundaciones en las cuencas, en el proceso de planificación de proyectos de control de inundaciones deberán incluirse las siguientes organizaciones.

Nivel	Organización	Competencia
Organización central	PCM	Aprobación de directrices y manuales de proyectos de control de inundaciones de las cuencas. Aprobación de proyectos de control de inundaciones de cada cuenca. Demarcación de organizaciones ejecutoras de proyectos de control de inundaciones.
	ANA	Elaboración de directrices y manuales de proyectos de control de inundaciones de las cuencas. Asistencia para la elaboración de planes de control de inundaciones de cada cuenca.
Gobiernos provinciales y distritales	Dirección/departamento de planificación	Elaboración de planes de control de inundaciones de las cuencas.

2. Aprobación de planes de control de inundaciones de cada cuenca:

Un plan elaborado de control de inundaciones en cada cuenca finalmente deberá ser aprobado por MEF desde el punto de vista de la economía. MEF instruirá y aprobará planes de organizaciones ejecutoras de proyectos de cada cuenca (subproyectos) teniendo en cuenta su capacidad de ejecución y la envergadura total de los proyectos.

3. Implementación de proyectos de control de inundaciones en cada cuenca (subproyectos):

Según la aprobación de planes de control de inundaciones de las cuencas y la decisión de organizaciones ejecutoras, organizaciones centrales, gobiernos provinciales y distritales implementarán sus proyectos individuales (subproyectos).

4. Monitoreo de la implementación de proyectos de control de inundaciones en cuencas individuales

Básicamente AAA y ALA deberán monitorear la elaboración de planes y la implementación de proyectos de control de inundaciones.

PCM (INDECI/CENEPRED), INGEMMET, DHN y departamentos encargados de la gestión de riesgo de desastres de gobiernos locales son otras organizaciones relacionadas que también deberían compartir datos y monitorear sus proyectos.

5. Competencia de otras organizaciones relacionadas:

Otras organizaciones relacionadas no deberían relacionarse con proyectos de control de inundaciones individualmente, sino mediante deliberaciones constructivas por medio de Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca (CRHC). En este sentido, es deseable que CRHC sean órganos de toma de decisión definitiva incluyendo la planificación y la implementación de proyectos de control de inundaciones.

14.3.2 Recomendaciones para la elaboración de una matriz en el Préstamo Stand-By para la Reconstrucción Post-Desastre

Las recomendaciones en el presente Estudio, resumidas en el apartado anterior 14.4.1, pueden incluirse en actividades meta en la matriz política del "Préstamo Stand-By para la Reconstrucción Post-Desastre" que actualmente desarrolla JICA en el Perú. Sin embargo, en cuanto a la adopción en la matriz de políticas, es necesario examinarla en función del período requerido, el presupuesto, la capacidad del organismo ejecutor, etc.

En las Tablas de 14.4.1 a 14.4.5 se muestran en la columna derecha posibles condiciones previas de la matriz política relacionada con las recomendaciones que difieren en el grado de dificultad de consecución, el grado de urgencia y la necesidad de asistencia..

En la sesión de explicación del Borrador del Informe Final (DF/R) del presente Informe (febrero de 2017), se escucharon opiniones sobre las recomendaciones del Jefe de ANA y funcionarios técnicos que participaron directamente en el estudio.

Los aspectos arriba mencionados se resumen en la siguiente Tabla 14.4.6.

Se considera que las posibles condiciones definitivas de la matriz política en el Préstamo Stand-By para la Reconstrucción Post-Desastre propuestas en el presente Estudio deberán ser aquellas que contribuyan directamente a la futura seguridad contra inundaciones en el Perú y que, además, tengan alto grado de urgencia y relativamente bajo grado de dificultad en su consecución. Por consiguiente, se recomienda avanzar deliberaciones con la parte peruana basándose en las 3 posibles condiciones mostradas en los siguientes puntos (1) a (3).

(1) Condicion previa 1: que ANA elabore planes de control de inundaciones de 2 o más cuencas, incluyendo planes de control de huaycos y planes de mantenimiento y gestión del curso superior hasta 2020.

Como se recomienda en el punto (2) del apartado 14.3.1, básicamente todos los proyectos de control de inundaciones deben implementarse contando con una política de control de inundaciones elaborada para cada cuenta y coherente en toda la cuenca; así mismo, en su implementación cada una de las obras puntuales (pequeñas) de control de inundaciones debe tener coherencia con la totalidad de la cuenca.

Obras de control de inundaciones de gran escala como la construcción de embalses, vertedores y pólders que sirven para controlar inundaciones, si se implementan sin elaborar un plan general de control de inundaciones de toda la cuenca, podrían causar problemas como la falta de escala de facilidades y la inversión excesiva por tener una escala demasiado grande.

Para evitar dichas circunstancias, primero se requiere la elaboración de un plan de control de inundaciones de la cuenca. Actualmente ANA ha expresado su voluntad de elaborar planes de control de inundaciones en cuencas como las de Chira-Piura, Chancay-Lambayeque y Rímac en cuyas orillas hay muchos habitantes y bienes a pesar del alto riesgo de inundación, o en las que ocurrieron grandes inundaciones o huaycos causando

daños notables para la economía local.

Dichas actividades deberán implementarse rápidamente. Se supone que ANA, que no tiene la experiencia de elaborar un plan de proyectos de control de inundaciones, tendrá que empezar con estudios básicos, incluyendo la agrimensura fluvial y la colección de informaciones básicas, por lo que necesitará entre 1 año y medio y 2 años para elaborar un plan de control de inundaciones de una cuenca. Así mismo, debido a la carencia de la experiencia de elaborar un plan de proyectos de control de inundaciones de una cuenca, ANA necesitará asistencia técnica de otras organizaciones, incluyendo las extranjeras, y se espera también que colabore con instituciones tecnológicas e investigadoras como universidades para la implementación de proyectos. Por lo tanto, suponiendo que dichas asistencias y colaboraciones se desarrollen, sería posible que se elaboren planes de proyectos de control de inundaciones en 2 o más cuencas en aproximadamente 3 años hasta julio de 2020.

También en el 2ND-DRM-DPL-CATDDO del Banco Mundial iniciado en 2015, mencionado en el punto (2) del apartado 2.2.1 del Capítulo 2, están fijadas 4 cuencas como meta del "número de cuencas para las que se han elaborado proyectos de control de inundaciones" y como uno de los indicadores de la matriz política. Sin embargo, se informó en marzo de 2016 que el número logrado fue "cero". Se deberá avanzar dichas actividades inmediatamente como la matriz política del Crédito de Emergencia Stand-by para una Recuperación Urgente de JICA.

(2) Condicion previa 2: Que ANA elabore, junto con organizaciones relacionadas y hasta 2020, una información de control de inundaciones de las cuencas en la que se resuman daños causados por las inundaciones ocurridos en 4 cuencas o más, planes elaborados de control de inundaciones y medidas y proyectos implementados.

Como se ha mencionado arriba, esencialmente todos los proyectos de control de inundaciones deben implementarse de acuerdo con la política de control de inundaciones de cada una de las cuencas y de forma coherente en toda la cuenca. Por otro lado, la elaboración de un plan apropiado es posible cuando se logren la colección y la acumulación de informaciones básicas relacionadas con el control de inundaciones de cada cuenca. Como se ha mencionado en el punto (1) del apartado 14.3.1 del presente Capítulo, se requiere no solamente la información de la utilización del agua de una cuenca, sino también construir una base de datos de informaciones relacionadas con el control de inundaciones de dicha cuenca. Es deseable, como primer paso para la construcción de una base de datos de informaciones del control de inundaciones y la elaboración de planes de proyectos de control de inundaciones, elaborar un registro de actividades del control de inundaciones de los ríos como se ha mostrado en la Figura 14.3.1 del punto (1) del apartado 14.3.1.

En el apartado anterior, se ha requerido elaborar, como uno de los indicadores de la matriz política, planes de control de inundaciones en 2 o más cuencas. Para elaborar planes de control de inundaciones en las cuencas es necesario resumir así las informaciones de pasadas obras de control de inundaciones, y la elaboración de

informaciones de control de inundaciones se completa automáticamente como un proceso para avanzar la elaboración de planes de control de inundaciones en las cuencas.

Por lo tanto, se recomienda, como una de las metas, avanzar actividades para que la elaboración de informaciones de daños causados por inundaciones, planes elaborados de proyectos de control de inundaciones y medidas y proyectos ejecutados, como se muestra en la Figura 14.3.1, de forma que se lleve a cabo hasta julio de 2020 en un total de 4 cuencas, agregando 2 cuencas como actividades preparativas para planes de control de inundaciones de cuencas que en adelante se desarrollarán continuamente.

(3) Condicion previa 3: Que ANA elabore, junto con MEF y hasta 2020, un "manual de análisis de la economía de proyectos de control de inundaciones" destinado a entidades ejecutoras, que son principalmente gobiernos provinciales y distritales, para analizar la economía de proyectos de control de inundaciones.

Como se ha mencionado en el punto (4) del apartado 14.3.1, la estandarización de la elaboración de proyectos de control de inundaciones está en avance porque ya MEF tiene elaboradas la Guía Metodológica para Proyectos de Protección y/o Control de Inundaciones en Áreas Agrícolas o Urbanas y la Guía Simplificada Para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Protección de Unidades Productoras de Bienes y Servicios Públicos Frente a Inundaciones, a Nivel de Perfil. Sin embargo, la mayoría de las solicitudes de presupuesto para proyectos de control de inundaciones presentadas por gobiernos provinciales y distritales, que tienen solamente dichas guías, no pueden cumplir los criterios de justificación como proyectos de control de inundaciones exigidos por MEF. Este problema deberá resolverse con el avance de la elaboración de planes de proyectos de control de inundaciones, como se ha mencionado arriba, pero el avance inmediato de dicha elaboración en todas las cuencas del Perú es sumamente difícil.

Por otra parte, para la reconstrucción de los daños causados por inundaciones y huaycos originados por el fenómeno de El Niño Costero entre enero y abril de 2017, se ha obtenido un presupuesto grande a nivel del gobierno central antes del inicio de un estudio sobre la economía de proyectos, y actualmente dichos proyectos están en la fase de preparación para la implementación. Esto señala que nosotros entendemos instintivamente que las pérdidas económicas causadas por inundaciones son muy grandes y que para el desarrollo del país es necesario contar con proyectos individuales de control de inundaciones que sirvan para disminuir futuros daños causados por inundaciones.

Bajo dichas circunstancias, en adelante es necesario, paralelamente con las actividades de elaboración de planes de control de inundaciones en las cuencas, elaborar un manual con el que gobiernos provinciales y distritales puedan desarrollar pequeñas obras de control de inundaciones, sobre todo, elaborar un método de calcular los beneficios de los proyectos de control de inundaciones. En la elaboración de planes de control de inundaciones en las cuencas se analizará la economía de los proyectos, por lo que el resultado de dichas actividades y estudios podría incluirse en el primer borrador del manual.

Tabla 14.3.6 Dificultad, urgencia, necesidad de asistencia de posibles condiciones de la matriz política propuestas (plan)

Recom. No.	Posible condición de la matriz	Dificultad	Urgencia	Necesidad de asistencia de JICA/WB	Comentario de la Misión del Estudio	Comentario de la parte peruana		
						Jefe de ANA	Funcionarios de la contraparte	MEF
1	Elaboración de la información sobre el control de inundaciones de las 4 cuencas hasta 2020 por ANA/AAA y CENEPRED. Esta información incluye los daños de las inundaciones ocurridas según cuencas, planes de control de inundaciones elaborados, proyectos y medidas ejecutadas, etc.	Fácil	Corta	No		*1	*7	
2, 3, 7, 11-1, 16	Elaboración de las medidas de control de inundaciones en más de 2 cuencas por ANA/AAA hasta 2020. Estas medidas incluyen los planes de medidas contra deslizamientos y el plan operación y mantenimiento.	Mediana	Corta	Sí		*1 *2	*8	
4, 12	Elaboración del Manual de Análisis Económico de los Proyectos de Control de Inundaciones dirigido principalmente a los gobiernos departamentales y locales. Este trabajo será realizado por ANA en colaboración con el MEF hasta 2020.	Difícil	Entre corta y mediana	Sí		*3 *4		*11
5	Designación de fajas marginales en más de 2 cuencas, en función del ancho del río y la sección de diseño del dique propuestos mediante el cálculo de inundaciones y desbordamiento o con base en el plan de control de inundaciones. Este trabajo deberá terminarse en 2020.	Difícil	Entre corta y mediana	Sí		*5		
6	Evaluación del impacto de reducción del caudal de crecida en las áreas protegidas en las cuencas de más de 2 cuencas y promoción de las actividades de conservación desde la perspectiva del control de inundaciones. Este trabajo deberá terminarse en 2020.	Difícil	Mediana	Sí				
8	Ejecución de la evaluación del impacto del cambio climático en más de 2 cuencas por ANA hasta 2020, utilizando los datos hidrometeorológicos más actualizados.	Mediana	Larga	No	La colaboración con universidades y otras instituciones es deseable.			
9	Elaboración del borrador de división de responsabilidades (guía de implementación de los proyectos) entre los organismos centrales, gobiernos provinciales y locales para la ejecución de las medidas de control de inundaciones en todo el país. Este borrador será elaborado por ANA hasta 2020.	Entre fácil y difícil	Corta	No	Se tarda tiempo en obtener consentimiento de diferentes organizaciones. La legislación elevará el grado de dificultad.*13	*6 *4		
10	Inversión de más de S/. 300 millones al año para los proyectos de control de inundaciones. Este trabajo deberá realizarse por ANA en colaboración con el MEF hasta 2020.	Mediana	Entre corta y mediana	No	MEF piensa que es necesario mejorar la capacidad de elaborar la propuesta de proyectos.			*11 *12
11-2	Iniciación por ANA de las actividades de fortalecimiento de los proyectos de control de inundaciones dirigidas a AAA/ALA, gobiernos departamentales y locales hasta 2020.	Mediana	Mediana	Sí		*4		*12

13, 20	Construcción del sistema de gestión y actualización de la información de los ríos relacionada con el control de inundaciones (sección transversal y perfil longitudinal de los ríos, materiales de lecho, análisis de precipitación, análisis de inundaciones y desbordamiento, etc.). Este sistema deberá ser construido por OSNIRH de ANA hasta 2020.	Fácil	Entre corta y mediana	No	Se requiere motivar a OSNIRH.		*9	
14	Nombramiento por ANA de más de 14 oficiales capaces de realizar el análisis de inundaciones y las estructuras fluviales, incluyendo los oficiales de las AAAs, hasta 2020.	Difícil	Entre mediana y larga	Sí	Esencialmente la propia ANA deberá desarrollar recursos humanos.			
15	Ejecución del análisis de inundaciones utilizando los datos globales (precipitación y topografía), etc. en más de 2 ríos. Este trabajo deberá ejecutarse por ANA hasta 2020.	Difícil	Mediana	Sí	Se relaciona con 2, 3, 7, 11-1, y 16.			
17	Construcción y publicación de la base de datos sobre los daños de los desastres específicos. Este trabajo será ejecutado por INDECI hasta 2020.	Mediana	Entre corta y mediana	No	Se requiere motivar a INDECI.			
18	Elaboración de una nueva metodología de análisis de riesgos que tome en cuenta la efectividad de las distintas medidas de control para la reducción de los riesgos en más de 2 ríos, incorporando a la metodología actual las técnicas de curva de riesgos o técnicas similares. Este trabajo será ejecutado por ANA hasta 2020.	Difícil	Entre mediana y larga	Sí				
19	Construcción del sistema de base de datos de precipitación y nivel de agua de tiempo real en más de 10 ríos. Este trabajo deberá ejecutarse por ANA hasta 2020.	Fácil	Entre corta y mediana	(Sí)	Ya el Banco Mundial ha declarado su asistencia.		*10	

Comentario a las recomendaciones para ANA

En la sesión de explicación al Jefe (comentarios del Jefe)

- *1: Aunque en el pasado se elaboraron planes de proyectos de control de inundaciones en no pocos ríos, no se implementaron excepto algunas cuencas como Chira-Piura. En adelante habrá que desarrollar la implementación.
- Comentario de la Misión del Estudio al comentario del Jefe arriba mencionado: La Misión considera que los planes y proyectos de control de inundaciones elaborados e implementados en el Perú básicamente no fueron planes de control de inundaciones de toda la cuenca sino planes de protección contra inundaciones limitados en áreas puntuales. Por lo tanto, a medida que cambie el estado del curso superior o inferior de la cuenca, también pueden cambiar el caudal, la altura del dique que construir, etc. La elaboración del "plan de control de inundaciones de la cuenca" propuesta en el presente Informe se refiere a la elaboración de una política de control de inundaciones que no sufra grandes cambios en el futuro a lo largo de toda la cuenca.
- *2: Considera que especialmente el problema de sedimentación de los ríos que pasan por la cuenca del Pacífico es un factor importante para pensar el control de inundaciones.
- *3: Aunque considera que el control de inundaciones deben formalizarse como proyectos para inundaciones del período de retorno de 50 años o 100 años o más, en la formalización de los proyectos habrá que evaluar la economía mediante la evaluación de costo-beneficio.
- *4: ANA tomará la iniciativa en el control de inundaciones, sobre todo en la elaboración de directrices.
- *5: Está de acuerdo con el Informe de que actualmente el ancho de los canales está reduciéndose gradualmente debido al desarrollo de las orillas. Para los proyectos se requerirá trasladar viviendas, y el gobierno peruano trasladará con firmeza aquellas viviendas ubicadas en zonas peligrosas.
- *6: En el Congreso actualmente se debate sobre la implementación de proyectos de control de inundaciones. Según su resultado, se fijará una principal organización central para la implementación de proyectos de control de inundaciones. Considera que el Informe que señala un resumen hecho por el presente Estudio sobre proyectos de control de inundaciones en el Perú contribuirá al desarrollo del debate en el Congreso.

Comentarios de los funcionarios de la contraparte

- *7: Entienden suficientemente que un plan maestro del control de inundaciones de cada cuenca es necesario. Reconocen que las cuencas de Rímac, Chira-Piura y Chancay-Lambayeque son prioritarias en la elaboración de dicho plan maestro, teniendo en consideración las cuencas prioritarias del presente Estudio y los daños causados por las inundaciones de 2017.
- *8: Quieren elaborar el plan maestro del control de inundaciones incluyendo el control de huaycos en cada cuenca.
- *9: Es posible. Se puede (se debería poder) hacer fácilmente.
- *10: Está previsto que el Banco Mundial coopere en la medición en tiempo real de la precipitación y el nivel del agua y la construcción de una base de datos de 10 nuevas cuencas.

Comentarios de funcionarios (encargados de gestión de riesgo de desastres) de MEF

- *11: El estudio sobre el cálculo de beneficios del control de inundaciones y la difusión de sus conocimientos son necesarios.
- *12: Es necesario fortalecer la capacidad de implementar proyectos de control de inundaciones, principalmente de las municipalidades. En 2016 se presentaron más de 30 propuestas de obras de control de inundaciones por las municipalidades, pero entre ellas solamente 3 superaron la evaluación de documentos y se aceptaron como proyectos. Es necesario contar con una guía y un manual especificados con indicadores sobre la implementación de proyectos de control de inundaciones y sus efectos y fortalecer la capacidad de los funcionarios de los gobiernos distritales.

Otros

- *13: Hubo opiniones de expertos de que es necesario tener una ley que especifique la responsabilidad y la competencia de la gestión fluvial, y sin dicha ley las actividades del control de inundaciones no continuarán con normalidad.

14.4 Presentación de tecnologías avanzadas, japonesas y tradicionales en las medidas de control de inundaciones y huaycos

14.4.1 Control con estructuras

Entre las medidas de control de inundaciones y huaycos, en este apartado se presentarán tecnologías avanzadas, japonesas y tradicionales. En la Tabla 14.4.1 se resumen los problemas tecnológicos en la gestión del riesgo de desastres y tecnologías para resolver problemas cuya futura introducción debería ser estudiada activamente en el Perú.

Tabla 14.4.1 Problemas en el sitio y tecnologías japonesas presentadas

Problemas tecnológicos	Presentación de tecnologías
Tecnologías tradicionales japonesas	
Las tierras desnudas que son fuente de sedimentos están ubicadas ampliamente, por lo que se requiere un control bidimensional.	En el control bidimensional, cubrir una montaña entera con una estructura sólida no es realista, por lo que se recomienda <ul style="list-style-type: none"> ● Control de producción de sedimentos mediante la plantación que resulte posible con la fuerza humana. En Japón existe una variedad de técnicas de plantación como técnicas tradicionales.
Hay muchos torrentes montañosos que no tienen estructuras para el control de la erosión. En caso de la construcción de un dique, la escala de la estructura suele ser grande debido al ancho muy grande del torrente, y la construcción misma también es difícil debido a que el canal no está fijado.	Fijar el canal y el curso con una estructura lineal como <ul style="list-style-type: none"> ● Dique longitudinal, tecnología de control de la dirección del curso, etc. permite reducir el área de desbordamiento. Además, la creación de <ul style="list-style-type: none"> ● Zonas de plantación amortiguadora sirve para controlar el desplazamiento de sedimentos.
Tecnologías japonesas	
Las plantas de concreto premezclado están limitadas, lo que limita los lugares en los que se puede construir una estructura grande de hormigón.	En un sitio que está a mucha distancia de una planta de concreto premezclado, se recomienda <ul style="list-style-type: none"> ● Suelo estabilizado con cemento que se fabrica en el propio sitio mezclando el sedimento producido en el sitio con cemento. Con esta tecnología se puede construir una estructura de gran escala utilizando máquinas normales de obra civil.
	En un sitio de la misma condición pero que tiene una carretera relativamente de buen estado, se recomienda <ul style="list-style-type: none"> ● Dique de mampostería de bloques de hormigón para construir una estructura en el sitio montando elementos prefabricados.
En zonas en que la urbanización llega hasta las faldas de la montaña, no se puede sino construir una estructura en un terreno muy reducido.	Como tecnología aplicable a un terreno muy reducido, hay productos que utilizan elementos de acero. Se utiliza la tecnología suiza de Ring-Nets (redes de anillas), pero se presenta también <ul style="list-style-type: none"> ● Tecnología de control de huaycos mediante postes que es la tecnología propia japonesa.
Otras tecnologías	
Muchos caminos y carreteras están en mala condición dificultando la construcción de carreteras para obras.	Como un medio de transporte de máquinas y materiales en un sitio difícil de construir una carretera para la obra, se recomienda introducir en las obras del control de erosión <ul style="list-style-type: none"> ● Cable aéreo y raíl que se utilizan comúnmente en Japón.

Aparte de lo mencionado, se recomienda continuar con el dragado y la excavación del canal porque, a pesar de su enorme costo, son efectivos como medidas de urgencia por su relativa facilidad de

implementación, aclaración del área del canal que permite impedir la ocupación ilegal, etc., y también se han demostrado efectivos en el momento de desbordamiento. Sin embargo, en el dragado habrá que tener cuidado de no cambiar bruscamente la inclinación y la altura. Además, es necesario informar a los habitantes de que la excavación del canal y el dragado no son más que unas medidas provisionales e instruirles fuertemente que deberán evacuar la zona en caso de peligroso.

A continuación, se especifican las tecnologías, mostradas arriba en la Tabla 14.4.1, cuya introducción se deberá estudiar.

(1) Control de la producción de sedimentos mediante la plantación

En Japón, especialmente en zonas montañosas, antes había amplios terrenos desnudos debido a que se trabajaba mucho en la extracción de leñas, el pastoreo de vacas y caballos y la roza. Por consiguiente, ocurrían muchos desastres causados por la erosión, pero gracias al avance de la estabilización de laderas mediante la plantación preventiva de desastres a partir de la era Meiji, en los últimos años casi no existe un terreno desnudo. En el presente apartado, se va a presentar el caso del monte Rokko de la ciudad de Kobe como un caso concreto del control de la producción de sedimentos mediante la plantación.

La ciudad de Kobe, que es una de las grandes ciudades representativas de Japón, tiene a su espalda una sierra abrupta (sierra de Rokko). Hasta hace aproximadamente 100 años, esta sierra de Rokko era un monte desnudo sin ninguna cobertura vegetal, por lo que cuando caía una gran cantidad de lluvia, los sedimentos llegaban a la zona edificada de la ciudad de Kobe que se encontraba en el curso bajo, causando grandes daños de la vida humana y viviendas. Para impedirlos, se ha venido trabajando continuamente con el control de la erosión mediante la estabilización de laderas con la plantación. La sierra de Rokko actual está cubierta totalmente por la vegetación y mantiene un estado estable.

Rica vegetación para el futuro - Obras de control de inundaciones de la sierra de Rokko

Prefectura de Hyogo (sierra de Rokko)

Sierra de Rokko a mediados de la era Meiji (foto perteneciente al Museo de la Ciudad de Kobe)

Monte Saïdo al primer año de la plantación (1904)

Sierra de Rokko actual

Plano de obras antiguas de control de la erosión

Plano de doble visión de la colocación de plantones

○Pertenece a:
Las ciudades de Kobe, Ashiya, Nishinomiya y Takarazuka de la Prefectura de Hyogo

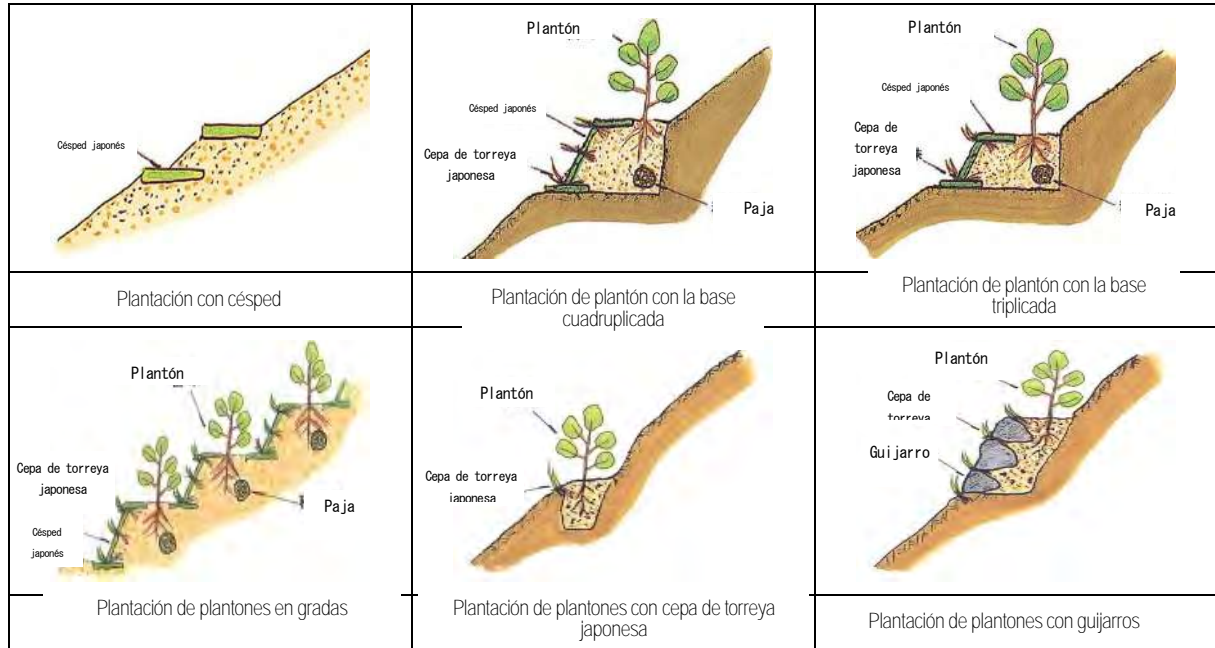
○Resumen de facilidades y métodos de construcción
Aproximadamente 1600 diques de contención de erosión, trabajos de laderas, etc.

○Explicación
La sierra de Rokko en la era Meiji se quedó desnuda, debido al uso forestal excesivo, y tan desolada que el Dr. Tomitaro Makino, botánico llamado "el padre de la botánica japonesa", cuando visitaba Kobe en barco dejó su impresión de que se veía la sierra de Rokko como si estuviera cubierta de nieve. En la sierra de Rokko desde tiempos antiguos ocurrían huaycos, y en el Terremoto de Hanshin y Awaji también ocurrieron muchos daños montañosos. Tomándolos como lección, se han desarrollado consistentemente obras de reconstrucción y medidas de gestión del riesgo de desastres, y actualmente la sierra de Rokko desempeña un papel de locomotora de la tecnología de control de erosión como un ejemplo a seguir para otras regiones con el desarrollo de una nueva tecnología antisísmica (tecnología mezclada de red de cuerdas y pernos de anclaje).

問い合わせ先：兵庫県治山課 TEL：078-362-3471

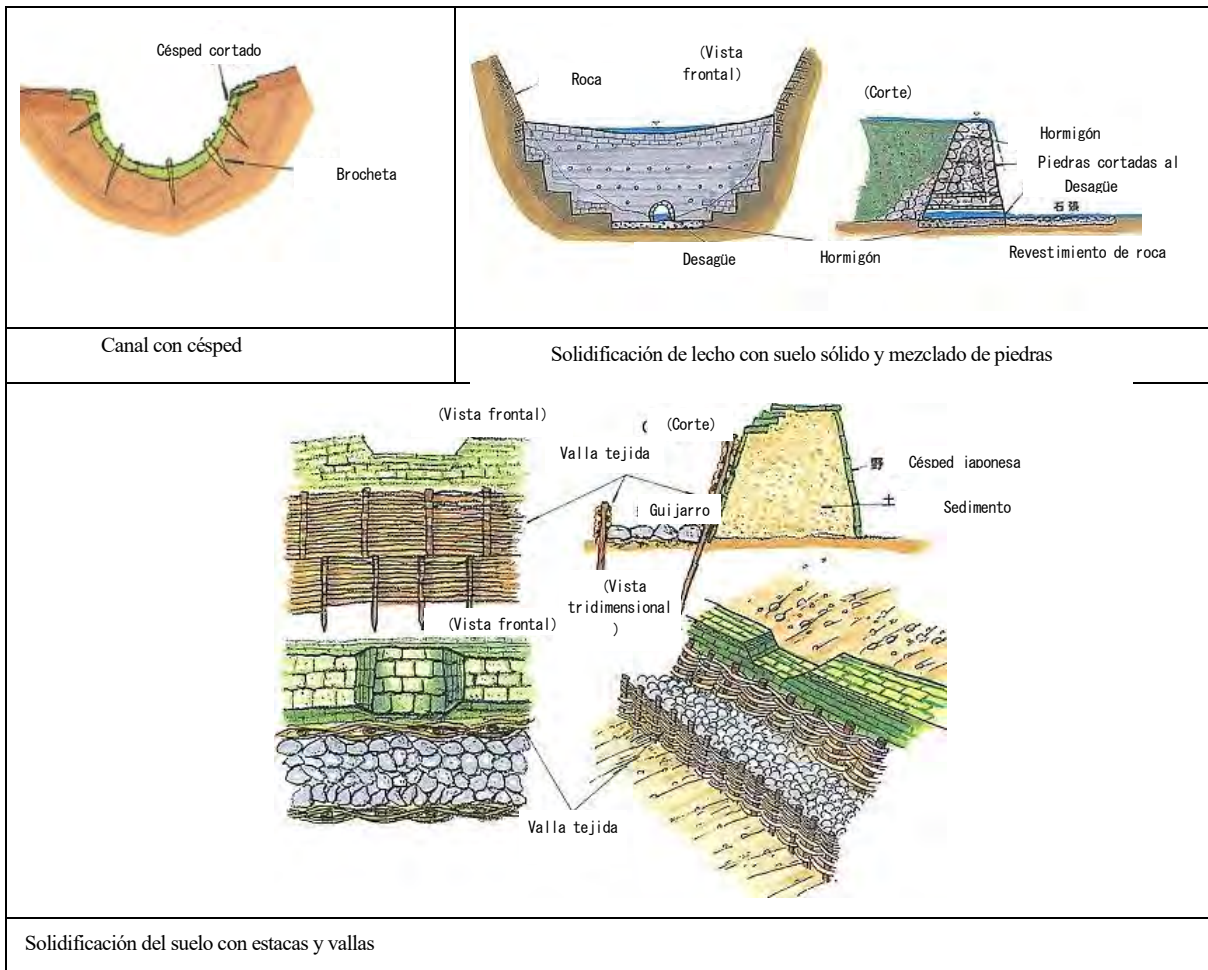
Figura 14.4.1 Obras de control de erosión en la sierra de Rokko (documentos de la Prefectura de Hyogo)

A diferencia de la plantación normal, se estabiliza también la base de la plantación, lo que permite mitigar la erosión en caso de lluvia. Como es posible trabajar con la fuerza humana, es suficientemente aplicable al Perú actual si se seleccionan plantas resistentes al clima seco.



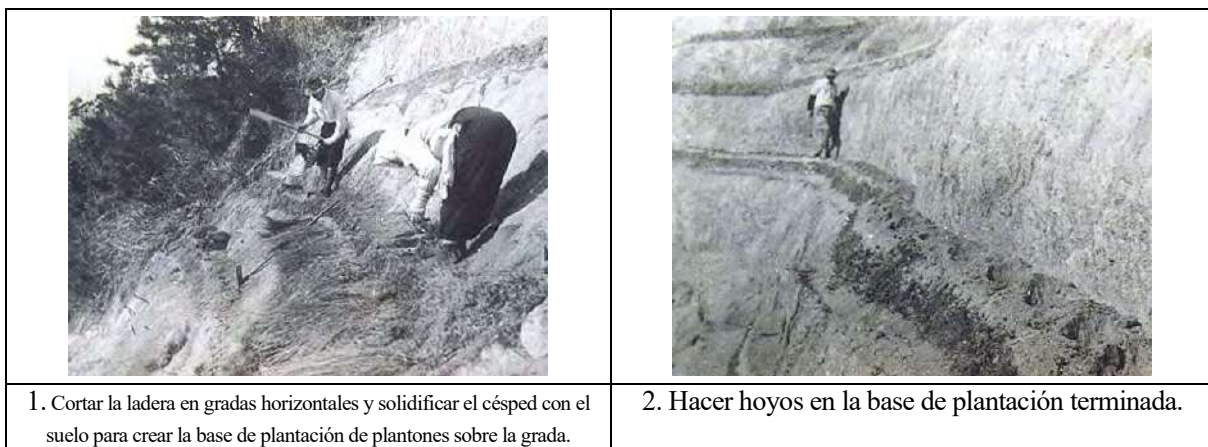
Fuente: Documentos de la Prefectura de Hyogo

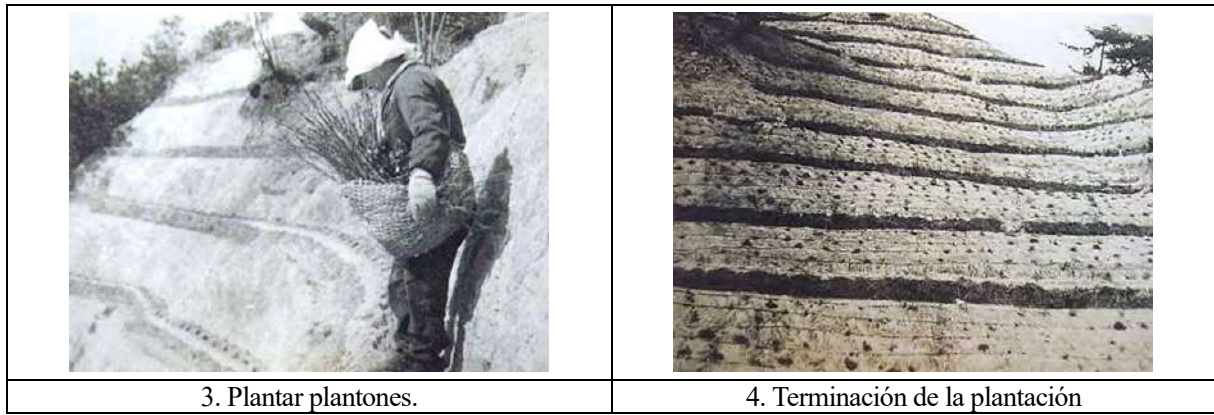
Figura 14.4.2 Caso concreto de plantación con la fuerza humana



Fuente: Documentos de la Prefectura de Hyogo

Figura 14.4.3 Otros métodos con la fuerza humana



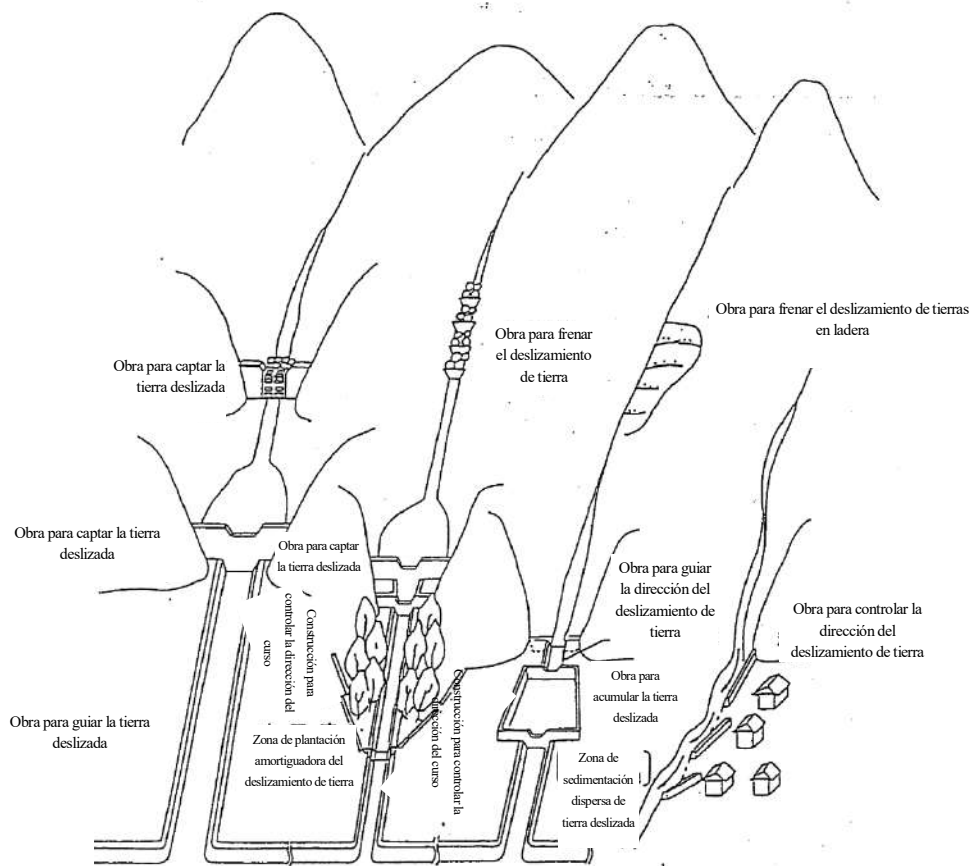


Fuente: Documentos de la Prefectura de Hyogo

Figura 14.4.4 Implementación de la tecnología de control de erosión con plantación (1954)

(2) Fijación del canal mediante el dique longitudinal y la tecnología de control de la dirección del curso y control del desplazamiento de sedimentos mediante zonas de plantación amortiguadora

En torrentes montañosos con el ancho grande del canal y la dirección del curso cambiante, es posible limitar el área de desbordamiento mediante la fijación de la dirección del curso con estructuras lineales como dique longitudinal y la tecnología de control de la dirección del curso. En Japón se adaptan principalmente al pie de volcanes.



Fuente: Arriba: Ministerio de Territorio, Infraestructura, Transporte y Turismo (Directrices técnicas del control del deslizamiento de tierra y árboles); abajo: Oficina de Reconstrucción de Unzen de la Agencia Regional de Desarrollo de Kyushu del Ministerio de Territorio, Infraestructura, Transporte y Turismo

Figura 14.4.5 Casos concretos de una obra de control de deslizamiento de tierra y de un dique longitudinal (izquierda abajo) y una obra de la zona de plantación amortiguadora (derecha abajo)

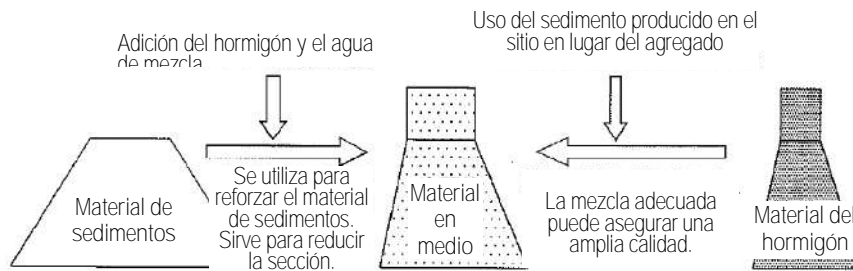
(3) Construcción de facilidades de control de deslizamiento de tierras utilizando materiales producidos en sitio (suelo estabilizado con cemento para el control del deslizamiento de arena)

Debido a que en el Perú las plantas de concreto premezclado están ubicadas solamente cerca de grandes ciudades y que en las afueras y montañas solamente está disponible el hormigón mezclado en el sitio utilizando pequeñas hormigoneras, muchas veces es imposible construir una estructura de hormigón de gran

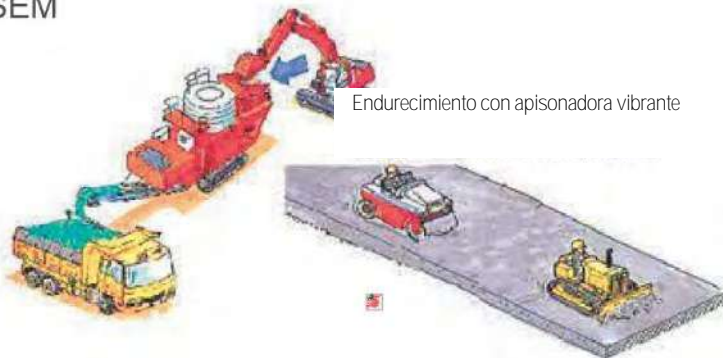
escala. Construir una planta de concreto premezclado cerca del sitio de la obra puede ser poco económico desde el punto de vista de la escala de la obra, por lo que es necesario utilizar otro material en lugar del hormigón.

El suelo estabilizado con cemento para el control del deslizamiento de arena que se utiliza en Japón es una tecnología de construir una estructura utilizando un material producido en el sitio de la obra mediante el batido y la mezcla del sedimento producido en el sitio con hormigón y endureciéndolo con una apisonadora vibrante. Para el trabajo de batido y mezcla era común instalar un contenedor para la mezcla y mezclar con retroexcavadora, pero en los últimos años hay muchos casos de optimización del trabajo utilizando una máquina mezcladora autopropulsada.

El suelo estabilizado con cemento para el control del deslizamiento de arena tiene la naturaleza media entre el hormigón y el material de tierras (en su fuerza, economía, etc.). Debido a que su fuerza es un poco menor que la del hormigón, se requiere un tratamiento adicional como proteger su superficie con elementos de hormigón prefabricado o de acero.



INSEM



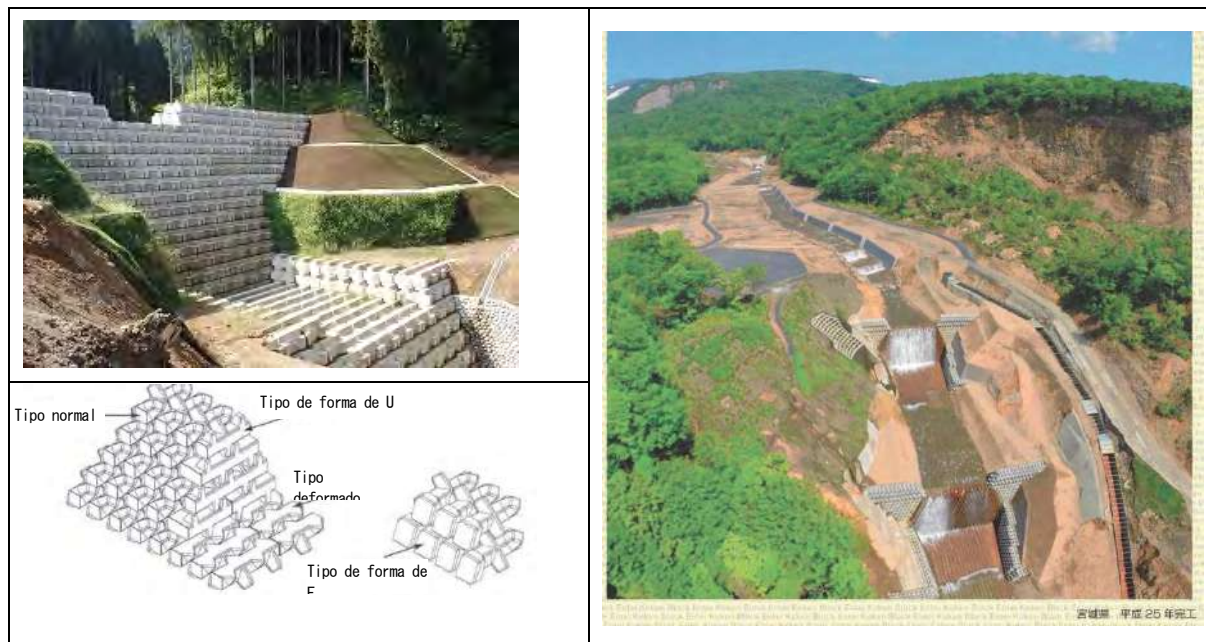
Fuente: Guía de aprovechamiento del suelo estabilizado con cemento para el control de deslizamiento de arena (bajo la dirección del Grupo de Estudio de Aprovechamiento del Suelo Estabilizado con Cemento para el Control del Deslizamiento de Arena)

Figura 14.4.6 Idea del suelo estabilizado con cemento para el control del deslizamiento de arena

Es una tecnología prometedora en lugares en que se puede utilizar aguas subterráneas como en los casos observados de tomar el agua en pozos aun en los ríos que no tienen agua superficial en la temporada seca. En caso de que los sitios de obra estén cerca, se puede optimizar la fabricación del suelo estabilizado con cemento construyendo una planta de fabricación intensiva.

(4) Construcción de facilidades de control de deslizamiento de tierras utilizando elementos prefabricados (dique de mampostería de bloques de hormigón)

Es una tecnología para construir una estructura montando con grúa u otra máquina bloques de hormigón fabricados en una planta o lugares cercanos del sitio. Por la facilidad de construcción, suele utilizarse como medidas provisionales de emergencia, pero también se utiliza para la construcción de diques reales.



Fuente: Folleto del fabricante (Nihon Kohken, S.A.)

Figura 14.4.7 Casos concretos de construcción del dique de mampostería de bloques de hormigón

Para obras de escala pequeña se puede utilizar una retroexcavadora para colgar bloques, pero normalmente se utiliza una grúa, por lo que esta tecnología se puede aplicar en sitios en que se pueda construir una rampa. Se ha desarrollado también una tecnología de insertar tubos de acero para evitar la separación de bloques.

(5) Construcción de facilidades de control de deslizamiento de tierras apropiada para un terreno muy reducido (tecnología de control de huaycos mediante postes)

En caso de construir facilidades de control de deslizamiento de arena en un terreno muy reducido en forma de quebrada, en muchos casos es necesario también arreglar el talud porque un dique normal de control de deslizamiento de arena requiere que sus mangas sean incrustadas. Sin embargo, en el Perú suelen construir estructuras inestables sin la incrustación de las mangas porque la obra del arreglo del talud no es tan común.

Como tecnología para resolver dicho problema, en las quebradas estrechas representadas por Chosica se utiliza la tecnología suiza de la Ring-Nets (redes de anillas) en los últimos años. Semejante producto se utiliza en Japón también (nombre del producto: Barrera TAMPO), pero no se utiliza como obra perpetua sino solamente como medidas provisionales inmediatamente después de un desastre. A continuación se presenta un producto recientemente desarrollado llamado "Urban Guard" como tecnología de obra perpetua propia de Japón.

Urban Guard es un producto inicialmente desarrollado para contener derrumbes en pendientes y luego

aplicado para el control de huaycos en torrentes montañosos. Se compone de postes, redes de cables de acero y redes de alambre. Es autoestable y tiene la estructura de estabilización contra un golpe directo de huayco en el sedimento.



Fuente: Folleto del fabricante (PROTEC ENGINEERING, Co., Ltd.)

Figura 14.4.8 Urban Guard, tecnología de control de huaycos mediante postes (izquierda: estructura terminada, derecha: estructura en construcción)

Esta tecnología es aplicable, al igual que la tecnología de Ring-Nets, para ríos montañosos con guijarros transportados relativamente grandes. También es aplicable a torrentes montañosos relativamente pequeños. Para la construcción se requiere el acceso de una máquina perforadora o una grúa al sitio de construcción ya que es necesario perforar la tierra para construir la base y colocar los postes.

(6) Medios de transporte de máquinas y materiales en lugar de carreteras

En el Perú, especialmente en zonas montañosas, las carreteras están en malas condiciones, y aun en la actualidad las obras son ejecutadas principalmente por la fuerza humana. Para implementar obras de construcción mecanizadas al igual que Japón, es necesario construir rampas de entrada para la obra, pero hay muchos lugares que tienen la dificultad de construirlas. Como métodos de transporte de máquinas y materiales en dichos lugares sin construir carreteras y rampas, se presentan a continuación el cable aéreo (grúa en cable) y raíl para la obra (alias monorraíl).

(a) Cable aéreo (grúa en cable)

Es una tecnología de tender un cable de alambre y transportar máquinas y materiales utilizando un torno. Se utiliza principalmente en lugares donde resulta difícil construir una carretera en zonas montañosas. Por su velocidad de transporte generalmente rápida (100 metros o más/minuto), es apropiada para el transporte de larga distancia. Sin embargo, cuanto más se extiende la distancia, tanto más grande son los soportes y las anclas, por lo que generalmente se utiliza mucho en la distancia de transporte de menos de 1 km. En Japón también se utiliza mucho en obras de control de deslizamiento de arena y de tierras.



Fuente: (Izquierda) Folleto del fabricante. (Derecha) Agencia Regional de Desarrollo de Kyushu del Ministerio de Territorio, Infraestructura, Transporte y Turismo (Plan de gestión de directrices de la tecnología de control de deslizamiento de arena, versión de construcción)

Figura 14.4.9 Casos de construcción de cables y de transporte de máquinas y materiales

(b) Raíl para la obra (monorraíl)

Es una tecnología de construir entre 1 y 3 raíles para transportar máquinas y materiales. Tiene la capacidad de transportar entre 200 kg y 4 t y tiene desarrollados diferentes modelos según el peso de la carga. Se utiliza principalmente en lugares montañosos con dificultad de construir carreteras. Debido a la velocidad generalmente lenta de transporte (50 metros/minuto), no es apropiada para el transporte de larga distancia.



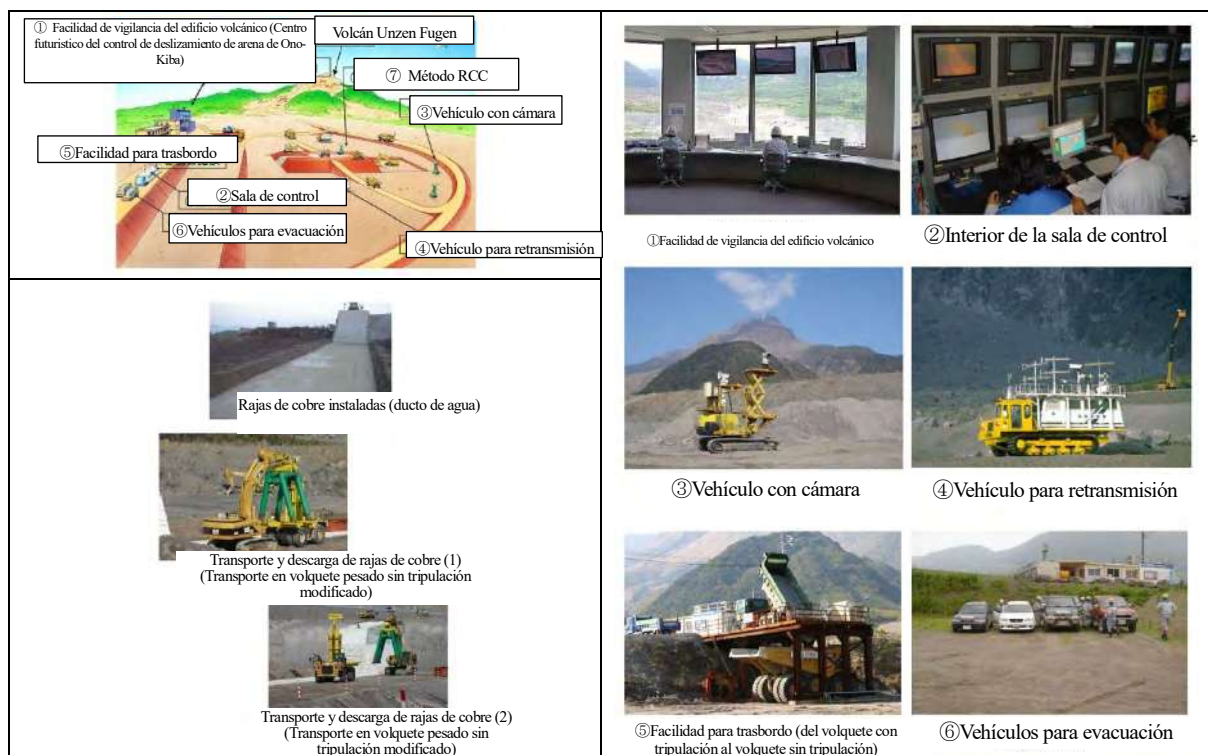
Fuente: Folleto del fabricante (Koei-m, Co., Ltd.)

Figura 14.4.10 Raíl para la obra

(7) Construcción en lugares peligrosos (construcción sin tripulación)

Aunque no hubo necesidades en los sitios del presente Estudio, se presenta a continuación un caso de la construcción sin tripulación practicada en Japón como una medida para lugares peligrosos para la construcción como un volcán activo.

La construcción sin tripulación mediante el control remoto es uno de los métodos de construcción que permiten instalar estructuras de control de deslizamiento de tierras en lugares peligrosos para el trabajo humano. En este apartado se presenta un caso de construcción en el pie de un volcán en actividad en la ciudad de Unzen de la región de Kyushu.



Fuente: Documentos de la Agencia Regional de Desarrollo de Kyushu

Figura 14.4.11 Construcción sin tripulación en Unzen

14.4.2 Medidas de control de inundaciones sin estructuras

Entre las medidas de control de inundaciones y huaycos sin estructuras, se presentan a continuación las tecnologías propias de Japón enfocando en la prevención de desastres de huaycos. Al igual que las medidas con estructuras, primero se mencionan problemas reconocidos en el Perú y recomendaciones para resolverlos separándolos entre el aspecto institucional y el aspecto técnico, mostrados en las Tabla 14.4.2 y Tabla 14.4.3 respectivamente, y luego se mencionan especificaciones técnicas concretas.

Tabla 14.4.2 Problemas institucionales en el Perú y sistemas e instituciones japoneses que se presentarán

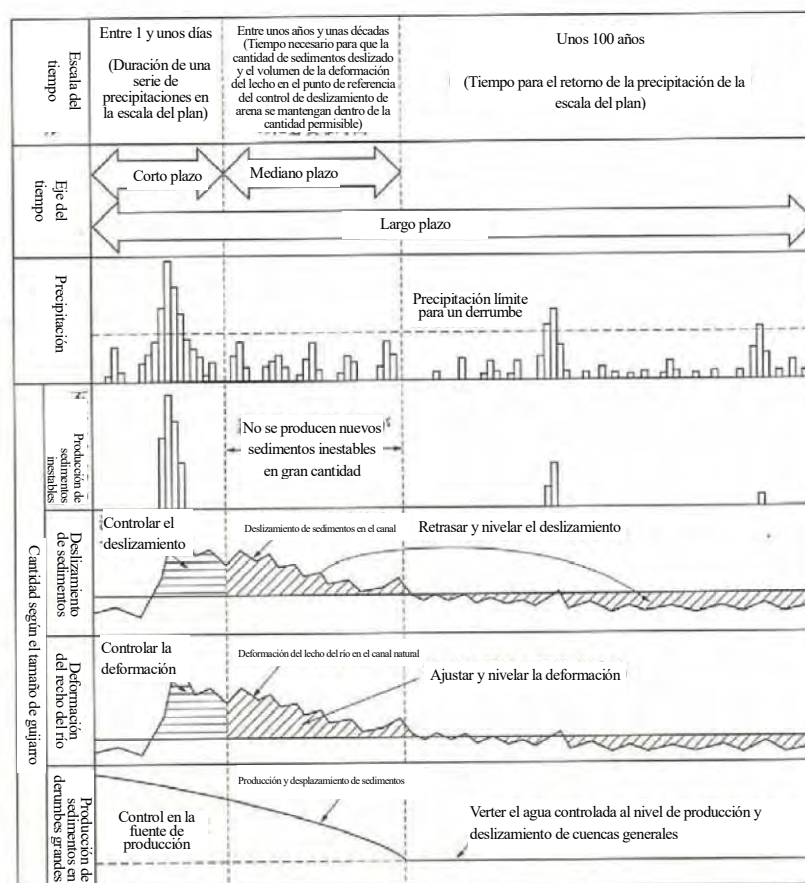
Problema institucional	Política de presentación de sistemas e instituciones japoneses
Hay muchas zonas grises en que, siendo zonas de conservación, hay edificios de ocupación ilegal. Si bien están fijadas áreas reguladas, no se las respeta.	Avanzar en el desarrollo de sistemas legales y de cumplimiento. Es necesario crear un sistema de zonas reguladas aceptables, con la inclusión de medidas favorables como incentivos fiscales aplicados en Japón para <ul style="list-style-type: none"> ● Zonas destinadas para el control de deslizamiento de arena, bosques reservados o zonas de precaución de desastres de huaycos. Primero es necesario resumir ideas sobre terrenos (privados y públicos) apropiados para el Perú.

Problema institucional	Política de presentación de sistemas e instituciones japoneses
Hay muchos torrentes montañosos cuyo fin está desaparecido. Debido a que en la actualidad existen viviendas y carreteras que atraviesan, es difícil construir un nuevo curso.	<p>Hay lugares en que habrá que utilizar medidas temporales como construir parapetos en la acera para proteger viviendas. Lo ideal sería un desahucio mediante una orden legal obligatoria, pero requeriría un tiempo considerable. Para torrentes pequeños hay un método de controlar sedimentos en el curso superior y permitir que se desborde en las calles el agua inocua con baja densidad. Teniendo un terreno apropiado en el curso superior, sería posible controlar inundaciones con diques de control de deslizamiento de arena o diques longitudinales, pero habrá que tener cuidado porque un dique diseñado con baja precisión numérica de sedimentos puede causar un desbordamiento al recibir la presión externa excesiva produciendo desastres aún mayores.</p> <p>La ciudad de Santa Eulalia de la Provincia de Lima dio la información de evacuación basándose en la vigilancia de datos de precipitación y logró no registrar ningún daño humano en la inundación de 2017. Es necesario tomar dicha experiencia como un buen ejemplo y crear sistemas de difusión de información sobre lugares peligrosos y de evacuación, como medidas no materiales.</p>
Debido a que en muchos casos son las municipalidades las que construyen estructuras de control de deslizamiento de arena, la escala y la calidad de dichas estructuras están limitadas. Suelen ser estructuras de escala pequeña posibles de construir con la fuerza humana.	<p>Debido a que entre las municipalidades no se puede asegurar la coherencia y la uniformidad de la construcción de facilidades, se recomienda</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Cambiar la entidad constructora en, por ejemplo, gobierno provincial, o crear ● Un sistema de inspección del diseño por organizaciones superiores. (En Japón el gobierno prefectural es la entidad ejecutora de construcción de estructuras de control de deslizamiento de arena. El Ministerio de Territorio, Infraestructura, Transporte y Turismo, que es el órgano superior, inspecciona planes y diseños).

Tabla 14.4.3 Problemas técnicos en el Perú y tecnologías japonesas que se presentarán

Problemas técnicos	Política de presentación de tecnologías japonesas
No están establecidos factores y condiciones que constituyan el fundamento de planes como la escala del plan, puntos de referencia, zonas destinadas para la conservación, cantidad de sedimentos del plan, etc.	<p>Establecer factores y condiciones de acuerdo con el resultado de desastres ocurridos y estudios in situ. Es necesario tener un documento de condiciones básicas que indique el método de estudio siguiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Método de estudio de la dinámica de sedimentos <p>En el registro de desastres hay solamente cifras de pérdidas, y carece de registro de alcance y estado de desbordamientos (altura del agua desbordada, profundidad de erosión y sedimentación).</p>
No hay normativa sobre la distribución y el diseño de facilidades. Inclusive hay construcciones que parecen construidas por capricho. Parece que al nivel de municipalidad no se entiende ni siquiera el caudal de diseño.	Es necesario tener un documento de condiciones básicas que indique la forma de establecer las condiciones y la idea de diseño. No es deseable una simulación numérica de nivel alto sino un método verificable por cada uno de los ingenieros mediante cálculos a mano.

En el Perú, para elaborar métodos de planificación y normas técnicas, es necesario tomar en cuenta, además del control de deslizamiento de arena de ríos o el control de sedimentos en las cuencas, planes fluviales y de canales, ya que hay muchos casos de desastres de desbordamiento del río que parecen tener mucha relación con el fenómeno de desplazamiento de sedimentos.



Fuente: Documento de la Agencia Regional de Desarrollo de Chubu

Figura 14.4.12 Concepto del plan de control de deslizamiento de arena de los ríos

Aunque las tecnologías japonesas no siempre se puedan aplicar directamente debido a que para el control de inundaciones sin estructuras es necesario tener en cuenta las condiciones sociales, a continuación se presentan sistemas y tecnologías considerados efectivos también en el Perú, según la política mostrada en Tabla 14.4.2 y Tabla 14.4.3.

(1) Método de estudio de la dinámica de sedimentos

En la situación actual no se puede elaborar un plan básico de control de deslizamiento de arena debido a que no se han conocido los elementos básicos como la cantidad planeada de sedimentos. Por lo tanto, es necesario verificar los siguientes elementos básicos mediante estudios.

- Producción de sedimentos
- Descarga de sedimentos propuestos
- Descarga de sedimentos permisibles
- Plan de control de sedimentos

Además de dichos elementos, un estudio de la cantidad de carga suspendida y arrastre de fondos y su composición es necesario debido a que la política de control es diferente según el tipo de desplazamiento de sedimentos.

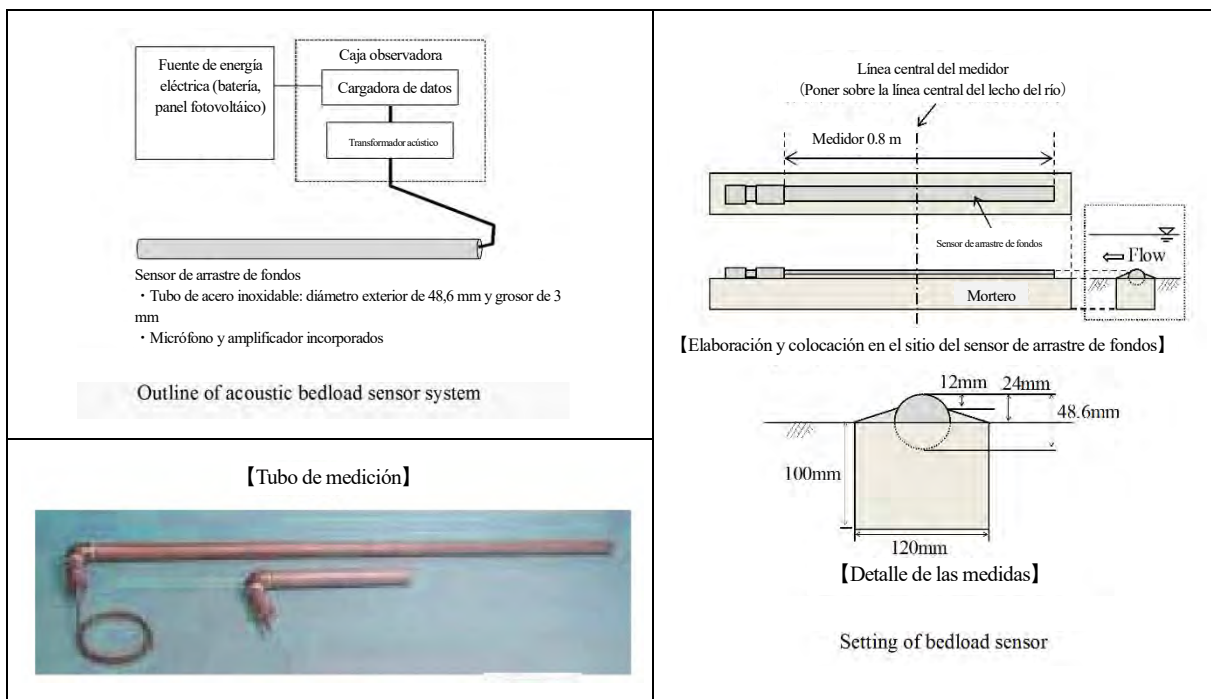
Tabla 14.4.4 Elementos básicos del desplazamiento de sedimentos que se deben estudiar en adelante en el Perú

Composición	Material	Fundamento del control
Suspended load (carga suspendida)	Se transporta como fango y con la disminución de la velocidad del curso se sedimenta y se acumula. Granos pequeños.	Sedimentación en embalse u otras facilidades o traslado hasta la costa por el mantenimiento de la velocidad del curso.
Bedload (arrastre de fondos)	Se transporta cerca del lecho del río. Granos grandes.	Freno del traslado o captura de partículas con diques u otras facilidades o control del inicio del traslado por la disminución del grado de inclinación.

Fuente: Misión de Estudio

Se observará la carga suspendida mediante el análisis de densidad y distribución según el tamaño de granos y el cálculo de datos de turbidímetro con el agua directamente sacada. Tiene la característica de medición fácil en comparación con el arrastre de fondos.

Para la observación del arrastre de fondos, hay una observación indirecta mediante un sensor acústico de arrastre de fondos y una observación directa mediante un foso observador de arrastre de fondos, ambas son de escala grande en comparación con la carga suspendida. También es importante la selección de puntos de observación teniendo en cuenta los cambios en dirección horizontal.



Fuente: (Izquierda superior y derecha) Páginas I-115 a 164 de Colección de Trabajos de la Sociedad Japonesa de Ingeniería de Irrigación, Drenaje y Reclamación, No. 299. (Izquierda inferior) Folleto del fabricante (Ikeda Keiki Co., Ltd.)

Figura 14.4.13 Resumen del sensor acústico de arrastre de fondos

(2) Detección de un huayco

El sensor de huayco es un medidor para detectar el deslizamiento de sedimentos. Se utiliza para la gestión de seguridad en sitios de obra con el riesgo de huayco y la alerta y evacuación de habitantes del curso inferior. Se utiliza ampliamente el sensor de cables de estructura simple, pero hay otros sensores desarrollados como

de tipo de detección de vibración.

Es necesario conocer suficientemente las condiciones del sitio para la selección del lugar de instalación y el ajuste y mantenimiento según la naturaleza del sensor. También será necesario instalarlo en un lugar que permita la evacuación con tiempo suficiente después de la detección de un deslizamiento.

(a) Sensor de cables

Recibe la señal que emiten los cables al cortarse por un huayco. Tiene la estructura simple y su mantenimiento es relativamente fácil. Sin embargo, cuando un cable se corta, hay que restaurarlo en el sitio, por lo que no es apropiado para la instalación en lugares en que los huaycos ocurren frecuentemente o el acceso no es fácil. También requiere cuidado porque el traslado de animales o la caída de piedras pueden cortar los cables.



Fuente: Folleto del fabricante (Sakatadenki, Co., Ltd.)

Figura 14.4.14 Caso concreto de instalación del sensor de cables (caso de instalación en un aliviadero)

(b) Sensor de vibración y sonido

Detecta la vibración o sonido que se generan en un huayco. Es un sensor sin contacto que no requiere la restauración del cable y operable durante toda la temporada de lluvias torrenciales. Hay que instalar una fuente de fuerza eléctrica aparte para el sensor, por lo que el sistema suele ser grande y costoso. Debido a que requiere un ajuste fino de la sensibilidad con algunos huaycos reales, no es apropiado para torrentes con menor grado de incidencia.

(c) Sensor de láser (óptico)

Al igual que el sensor de vibración y sonido, es de tipo sin contacto y tiene las mismas ventajas y desventajas. A pesar de que su consumo eléctrico es grande, se puede instalar en un lugar con cierta distancia del fondo del valle y además puede resistir la deformación vertical del lecho del río debido al deslizamiento de sedimentos. El lugar de instalación está limitado porque no funciona bajo una lluvia torrencial o una niebla espesa que puedan interrumpir el rayo del láser.

