



**PERÚ**

**Ministerio  
de Agricultura**

**Autoridad Nacional  
del Agua**



**DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES**

## **TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RIO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACION Y EROSION FLUVIAL**



**VOLUMEN I: MEMORIA**

**Lima, Diciembre 2014**

## “TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES Y EROSION FLUVIAL”

### PERSONAL PARTICIPANTE

#### **PERSONAL DIRECTIVO:**

Ing. Juan Carlos Sevilla Gildemeister  
Ing. Francisco Freddy Flores Sánchez

Jefe Autoridad Nacional del Agua  
Director de Estudios de Proyectos  
Hidráulicos Multisectoriales

#### **PERSONAL EJECUTOR:**

Ing. Carlos Antonio Perleche Fuentes

Formulador del Estudio

Ing. Tomás Alfaro Abanto

Caudales Máximos

Ing. Irma Martínez Carrillo

Geología

Ing. Liz Karina Cieza De Los Santos

Gestión del Riesgo

Ing. Oscar Darío Vargas Cerón

Propuesta de Zonas para Extraer  
Material de acarreo

Ing. Jeanne Susan Quiñonez Rojas

Impactos, Mapas Temático y SIG

#### **PERSONAL DE APOYO:**

Tec. Inf. Mavi Anicama Agurto

Edición e Impresión

**“TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACION  
Y EROSION FLUVIAL”**

**ÍNDICE**

RESUMEN .....	4
CAPITULO 1:INTRODUCCIÓN .....	5
1.1 Propósito.....	5
1.2 Objetivos .....	5
1.3 Alcances del estudio .....	5
1.4 Antecedentes .....	5
1.5 Problemática .....	6
1.6 Definiciones.....	7
CAPITULO 2: INFORMACIÓN BÁSICA DE LA CUENCA .....	15
2.1 Generalidades.....	15
2.1.1 Ubicación del Proyecto.....	16
2.1.2 Reseña Histórica .....	17
2.1.3 Centros Urbanos .....	19
2.1.4 Vías de Comunicación .....	19
2.2 Características Geomorfológicas.....	20
2.2.1 Área de la cuenca (A).....	20
2.2.2 Perímetro, longitud y ancho de la cuenca.....	20
2.2.3 Pendiente predominante del cauce y de la cuenca.....	22
2.2.4 Altitud media de la cuenca .....	22
2.2.5 Coeficiente de compacidad (Kc).....	22
2.2.6 Factor de forma (Kf) .....	23
2.2.7 Coeficiente Orográfico .....	23
2.2.8 Rectángulo equivalente .....	23
2.2.9 Longitud total de la red.....	23
2.2.10Grado de ramificación.....	234
2.2.11Longitud promedio de los ríos.....	234
2.2.12Relación de longitudes .....	234
2.2.13Densidad de drenaje.....	235
2.2.14Tiempo de concentración .....	235
2.3 Climatología y Tipos de Clima.....	25
2.4 Características Geológicas.....	26
2.5 Red de Drenaje .....	27
2.6 Ecología.....	27
2.7 Características Socioeconómicas.....	30
CAPITULO 3: GEOLOGÍA Y GEOTECNIA.....	41
3.1 Generalidades.....	41
3.2 Revisión de Información Técnica Existente .....	41
3.3 Geología Regional.....	41
3.3.1 Unidades geomorfológicas .....	42

3.3.2 Litología y Estratigrafía.....	43
3.3.3 Geología Estructural.....	45
3.3.4 Sismicidad.....	45
3.3.5 Catastro Minero de la Cuenca Baja del río Tumbes .....	46
3.4 Peligros Geologicos Registrados.....	46
3.5 Evaluación Geológica.....	52
3.6 Geotécnia del área de estudio.....	58
3.7 Evaluacion de Canteras .....	69
CAPITULO 4: CAUDALES MÁXIMOS-EVENTOS EXTREMOS.....	72
4.1 Eventos climáticos extremos en Tumbes.....	72
4.2 Planteamiento hidrológico.....	72
4.3 Información utilizada.....	73
4.4 Métodos.....	76
4.4.1 Método estadístico.....	77
4.4.2 Método Fuller.....	79
4.4.3 Método Envolvente de Creager.....	80
4.5 Resultados.....	81
CAPITULO 5: RED GEODÉSICA.....	85
5.1 Establecimiento del Punto Geodésico .....	85
5.2 Información de los Puntos de Orden “C” .....	85
5.3 Mapa de ubicación de los Puntos de Orden “C” .....	92
CAPITULO 6: PARÁMETROS HIDRÁULICOS Y ACONDICIONAMIENTO DEL CAUCE EN RÉGIMEN ESTABLE .....	93
6.1 Morfología fluvial .....	93
6.2 Acondicionamiento del cauce .....	93
6.2.1 Trazo del eje del río.....	94
6.2.2 Coeficiente de rugosidad.....	97
6.2.3 Cálculo del ancho estable .....	99
6.2.4 Pendiente del eje del cauce .....	100
CAPITULO 7: IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL DE ACARREO EN EL RÍO TUMBES .....	102
7.1 Generalidades.....	102
7.2 Causas de las variaciones del cauce del río Tumbes.....	102
7.3 Peligros Hidrometeorológicos.....	103
7.4 Lineamientos para explotar zonas de acumulación de material e acarreo.....	104
7.4.1 Ubicaciónde las zonas de extracción.....	104
7.4.2 Determinación del volumen de material de acarreo a explotar.....	107
7.4.3 Explotación del material de acarreo.....	109
7.4.4 Tipos de extracción.....	110
7.5 Características de la extracción de material en el río Tumbes.....	113
7.6 Zonas de extracción de material de acarreo en el río Tumbes.....	114
7.7 Volumen total de material de acarreo.....	125

CAPITULO 8: IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE EROSIÓN FLUVIAL .....	126
8.1 Introducción.....	126
8.2 Objetivo.....	126
8.3 Analisis de la Identificación de Puntos Críticos.....	126
8.4 Identificación de Puntos Críticos .....	127
8.5 Resultados .....	135
CAPITULO 9: GESTIÓN DEL RIESGO: PROPUESTA DE MEDIDAS ESTRATÉGICAS ..	136
9.1 Planteamiento Hidráulico.....	136
9.2 Propuesta de medidas estrategicas.....	137
CAPITULO 10: IMPACTOS DEL ESTUDIO .....	150
10.1 Evaluación de Impactos Ambientales .....	150
10.2 Metodología de la identificación de fuentes de impacto.....	150
10.3 Descripción General de Actividades de Medidas Estructurales y No Estructurales ..	150
10.3.1 Actividades de Medidas Estructurales .....	150
10.3.2 Actividades de Medidas No Estructurales.....	151
10.4 Impactos Ambientales del Estudio.....	151
10.4.1 Componentes del Ambiente potencialmente afectables.....	151
10.4.2 Identificación de Impactos Ambientales.....	152
10.4.3 Evaluación de Impactos Ambientales Potenciales.....	153
10.5 Plan de manejo ambiental.....	160.
10.5.1 Programa de Educación y Capacitación Ambiental.....	160
10.5.2 Programa de Acción Preventivo y/o Correctivo .....	161
10.5.3 Programa de Manejo de Residuos.....	166
10.5.4 Programa de Seguimiento o de Vigilancia.....	166
10.5.5 Programa de Compensación Ambiental.....	168
10.5.6 Programa de Contingencias.....	168
10.5.7 Programa de Revegetación y Reforestación.....	169
10.5.8 Inversiones para la Implementación del Plan de Manejo Ambiental.....	169
10.6 Resultados.....	171
CAPITULO 11: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	172
11.1 Conclusiones.....	172
11.2 Recomendaciones.....	175

## **Anexos**

## RESUMEN

El presente documento trata del estudio “Tratamiento de cauce del río Tumbes para el control de inundación y erosión fluvial”, estructurado en 11 capítulos.

El primer capítulo hace referencia a los objetivos del estudio, la problemática que sustenta la elaboración de este documento y a los trabajos de defensas ribereñas ejecutados por el Estado Peruano.

El segundo capítulo, describe las características de la cuenca, haciendo énfasis en las características geomorfológicas, climatológicas, geológicas, red de drenaje (ríos, quebradas y lagunas), ecología, socio económica e infraestructura vial (puentes).

El tema geológico es detallado en el capítulo 3.

El capítulo 4, hace referencia al cálculo del caudal máximo para un periodo de retorno de 50 años. Los cálculos se realizaron tomando una data histórica generada por el Proyecto Puyango Tumbes y proporcionada por el ALA Tumbes; que van desde el año 1952 hasta el 1990 (38 años de registro) para el caso de la Estación Puente y un periodo de 1972 a 2013, una cantidad de 15 años de registros para la Estación El Tigre.

En el capítulo 5, se detalla la red geodésica y en el Capítulo 6 se establece los criterios para el trazo del eje del río, siendo el régimen hidrológico y la sinuosidad los factores físicos más importantes que condicionan la estabilidad del cauce.

La gestión de riesgos, comprende el análisis de la vulnerabilidad de las zonas inundables, ante la presencia de caudales grandes y la propuesta de medidas estructurales y no estructurales para mitigar los efectos de los desbordes de agua.

El capítulo 10, trata sobre los impactos positivos y negativos que generan la ejecución de proyectos o programas sobre defensas ribereñas; en tal sentido se deben tener en cuenta las recomendaciones de este capítulo, cuando se elaboren estudios de perfiles, factibilidad o expediente técnicos. Finalmente, el capítulo 11, está referido a las conclusiones y recomendaciones.

## CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

### 1.1 Propósito

Contar con un documento de gestión del recurso hídrico en periodos de avenidas ordinarias y extraordinarias.

Este documento será de utilidad al Consejo de Cuenca, Gobiernos Regionales, Locales, instituciones privadas; para planificar, concertar y coordinar el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos.

### 1.2 Objetivos

- ✓ Definir el ancho estable del río que facilite el drenaje del caudal de avenidas ordinarias, corrigiendo los tramos trezados, estrangulamiento y ensanchamiento del cauce.
- ✓ Identificar puntos críticos de desborde y erosión por avenidas ordinarias y extraordinarias.
- ✓ Determinar la zona de erosión del cauce del río Tumbes, para periodos de retorno 10, 25 y 50 años.
- ✓ Proponer medidas estructurales y no estructurales para el plan de tratamiento del río Tumbes.

### 1.3 Alcances del estudio

El estudio de tratamiento del río Tumbes comprende el tramo desde la progresiva 0+000 en la desembocadura al mar hasta la progresiva 43+480 en la Estación Hidrométrica El Tigre, en una longitud de 43.48 kilómetros, corresponde a la parte baja de la cuenca.

### 1.4 Antecedentes

El Ministerio de Agricultura, mediante convenio con el ex Instituto de Recursos Naturales (INRENA) y posteriormente Autoridad Nacional del Agua (ANA), han ejecutado el Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación (PERPEC), en diferentes valles del Perú.

Antes de la Reforma Agraria, las haciendas importantes y entidades privadas involucradas en el manejo y administración del agua, asumieron la responsabilidad del mantenimiento y construcción de obras de defensa ribereña.

En la Reforma Agraria y la promulgación de la Ley General de Aguas, el Estado asume el mantenimiento de los cauces de los ríos, mediante obras de encauzamiento y protección de sus márgenes; su accionar era más intenso en las épocas de máximas avenidas; la intervención de los agricultores era mínimo, más bien pasivo y el Estado desempeñó un papel más activo.

Durante los años 1997 a 1998, el Ministerio de Agricultura adquirió maquinaria pesada como excavadoras, tractores de orugas, cargadores frontales y volquetes para realizar trabajos de descolmatación de ríos, quebradas, drenes y reforzamiento de obras de captación en prevención del Fenómeno El Niño 1998.

En el periodo de 1999 al 2009 el Ministerio de Agricultura ha ejecutado acciones, en los ríos del País, para disminuir problemas de inundaciones; estas acciones se ejecutaron con el Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación-PERPEC. El programa, ejecutó obras de prevención y acciones de contingencia, con una inversión de más de 400 millones de soles, para 1800 proyectos, beneficiar a más de 700 mil Familias y proteger más de 800 mil ha.

Bajo este convenio, en el valle del río Tumbes, se han construido obras estructurales de defensa ribereña, desde el año 1999 hasta el año 2009; que comprenden limpieza y descolmatación de cauce, construcción de diques enrocados y protección de estructuras.

La participación de las organizaciones de regantes (Juntas de Usuarios y comisiones de regantes) en la ejecución de estas obras fue a través del cofinanciamiento; así, como en la elaboración de perfiles de pre-inversión y expediente técnicos.

## **1.5 Problemática**

De acuerdo a la Comisión Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, el Perú es un país altamente vulnerable a los efectos adversos del cambio climático, pues tiene siete de las nueve características de vulnerabilidad que son:

- País con zona costera baja
- Zonas áridas y semiáridas, zonas con cobertura forestal y zonas expuestas a deterioro forestal.
- Zonas expuestas a inundaciones, sequía y desertificación.
- País con zona propensa a desastres naturales.
- País en desarrollo con ecosistema de montaña frágil.
- País con zonas de alta contaminación atmosférica urbana.
- País con economía dependiente de los ingresos generados por la producción, el procesamiento y la exportación de combustibles fósiles y productos asociados de energía intensiva o de su consumo.

De acuerdo al Centro Tyndall (2003), el Perú está incluido entre los diez países más vulnerables del mundo al cambio climático. De acuerdo a la segunda comunicación de Cambio Climático, la reducción de riesgos y la prevención de desastres deben ser tomadas como medidas que facilitan la adaptación al cambio climático, y promoverla.

La ocurrencia de inundaciones en el País y su relación con los eventos extremos y los impactos económicos y sociales, ocurridas en el ámbito de las cuencas de las tres vertientes: Pacífico, Amazonas y del Titicaca; han originado anegamiento de calles y viviendas, desborde de canales, corte de carreteras, interrupción de suministro de agua y contaminación, inundación y erosión de predios agrícolas y falla de drenes.

El desarrollo de las ciudades y su expansión han invadido la faja marginal (por lo general están asentadas las poblaciones de más bajos recursos), obstruyendo los cauces naturales de los ríos y quebradas, reduciendo su capacidad de conducción.

En el norte del país, se nota una estrecha relación entre el Fenómeno El Niño (Los más intensos y catalogados como catastróficos se registraron en 1925, 1982-83 y 1997-98), las precipitaciones extremas y las inundaciones, sin embargo no siempre pueden ser atribuidas a este Fenómeno, sino a procesos naturales meteorológicos o acciones antrópicas.

En el cauce del río Tumbes, las erosiones y/o inundaciones catastróficas son ocasionadas por el desbordamiento de una avenida ordinaria o extraordinaria con gran capacidad para erosionar o sedimentar el cauce del río, así como originar pérdidas de cultivos, disminución de tierras de cultivo, deterioro de infraestructura vial y centros poblados; amenazando la vida de los pobladores.

Por lo tanto, el valle es considerado muy vulnerable ante la presencia de estos eventos de crecida; como consecuencia de la insuficiente implantación de obras de defensas ribereña, cobertura vegetal casi inexistente, cauces colmatados, etc.

Actualmente, en la zona de estudio el Gobierno Regional Tumbes y el Proyecto Binacional Puyango Tumbes están ejecutando obras de defensas ribereñas y también están formulando Proyectos de Inversión Pública en diferentes sectores del río Tumbes, información que se presenta en el anexo.

## **1.6 Definiciones**

Algunas de las definiciones que se mencionan fueron extraídas de la Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento y de la Ley N° 29664 Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y su Reglamento.

- **Programas Integrales de Control de Avenidas.**

El programa integral de control de avenidas comprende el conjunto de acciones estructurales y no estructurales destinadas a prevenir, reducir y mitigar riesgos de inundaciones producidas por las avenidas de los ríos. Involucra proyectos hidráulicos de aprovechamientos multisectoriales y obras de encauzamiento y defensas ribereñas.

- **Acciones de prevención contra las inundaciones.**

Consideran la identificación de puntos críticos de desbordamiento por la recurrencia de fenómenos hidrometeorológicos y de eventos extremos, que hacen necesaria la ejecución de actividades permanentes de descolmatación de cauces, mantenimiento de las pendientes de equilibrio y construcción de obras permanentes de control y corrección de cauce.

El Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI, a través de sus Unidades Ejecutoras, en este caso el Programa Subsectorial de Irrigación – PSI, y en Coordinación con la Autoridad Nacional del Agua - ANA está promoviendo la limpieza y descolmatación en el Río Tumbes, ubicado en el Gobierno Regional La Libertad



Fotografía N° 01 Plan de Prevención 2014

- **Acciones estructurales y no estructurales para el control de avenidas.**  
Permitan el control, prevención y mitigación de los efectos de los fenómenos naturales destinados a la protección de los bienes asociados al agua naturales o artificiales, tierras, poblaciones aledañas, vías de comunicación e infraestructura.  
**Acciones no estructurales.**  
Constituye la zonificación de zonas de riesgo; sistema de alerta temprana; operación de embalses y presas derivadoras en épocas de avenidas.  
**Acciones estructurales.**  
Constituye obras de defensa, embalses de regulación, obras de defensas provisionales, defensas vivas obras de encauzamiento y otras obras afines.
- **Obras de defensa.**  
Constituyen obras de defensa las que se ejecutan en las márgenes de los cursos de agua, en una o en ambas riberas. Las obras de defensa ribereñas son las obras de protección de poblaciones, infraestructura de servicios públicos, tierras de producción y otras contra las inundaciones y la acción erosiva del agua.
- **Obras de encauzamiento.**  
Constituyen obras de encauzamiento las que se ejecutan en las márgenes de los ríos en forma continua para formar un canal de escurrimiento que permita establecer el cauce del río o quebrada dentro de una zona determinada. En principio, las obras de encauzamiento tienen prioridad sobre las de defensa para la solución integral de los problemas creados por las avenidas extraordinarias.
- **Embalses de regulación.**  
Constituyen obras indirectas de defensas, cuando su capacidad permita el control de avenidas o atenúe de manera significativa la magnitud de las crecientes.
- **Obras de defensas provisionales.**  
Son obras de defensas provisionales, aquellas que se llevan a cabo para controlar la inundación y erosión del agua, y que por su carácter de expeditivas no ofrecen razonable seguridad en su permanencia. Caben en esta clasificación las obras de defensa que se ejecutan en situaciones de emergencia.



Fotografía N° 02 Limpieza de cauce de río

- **Defensas vivas.**

Constituyen defensas vivas, la vegetación natural que se desarrolla en las riberas y márgenes de los álveos, así como la sembrada por el hombre para procurar su estabilización.



Fotografía N° 03 Defensas vivas en enrocados

- **Dique con enrocado.**

Son medidas estructurales permanentes paralelas al flujo del agua, que se construyen en la margen del cauce del río. Conformado a base de material de río dispuesto en un cuerpo de forma trapezoidal compactado y revestido con roca en su cara húmeda. Permite contrarrestar los efectos erosivos del río.



Fotografía N° 04 Dique con roca

- **Muro de gaviones.**

Estructuras flexibles permanentes y paralelas al flujo del, que se construyen en la margen del cauce del río. Construidos con cajas de malla hexagonal tejida a doble torsión, compuesto de alambre galvanizado. Son colocados uno tras otro y uno sobre otro, llenados con cantos rodados que se encuentran en los cauces de los ríos. Son apropiados en zonas de ríos con pendiente suave y baja velocidad.



Fotografía N° 05 Muro de gaviones

- **Diques con colchones antisocavantes de mallas.**

Son medidas estructurales permanentes paralelas al flujo del agua, que se construyen en la margen del cauce del río. Consiste en un cuerpo compactado y protegido con mallas de alambre tipo colchón llenados en base a cantos rodados. Es recomendable emplear en tramos en tangente o curvas amplias de zonas por proteger o que hayan sido erosionados.



Fotografía N° 06 Muro de colchones antisocavantes

- **Espigones.**

Son estructuras permanentes y trabajan en conjunto, son empleados, cuando se desee orientar en forma convergente los cursos de agua o existan cauces demasiado amplios y de fácil erosión. Son ubicados en forma transversal al flujo del agua y pueden ser construidos a base de roca o malla de gaviones.



Fotografía N° 07 Espigones de roca y de gaviones

- **Diques con Geoceldas.**

Son medidas estructurales permanentes paralelas al flujo del agua, que se construyen en la margen del cauce del río. Consiste en un cuerpo compactado y protegido con material geosintético rellenos en base a suelo cemento o concreto.

Es recomendable emplear en tramos en tangente o curvas amplias de zonas por proteger o que hayan sido erosionados.



Fotografía N° 08 Muro de colchones antisocavantes

- **Cauce o álveo.**

Continente de las aguas durante sus máximas crecidas, constituye un bien de dominio público hidráulico.

- **Riberas.**

Áreas de los ríos, arroyos, torrentes, lagos y lagunas, comprendidas entre el nivel mínimo de sus aguas y el nivel de su máxima creciente. No se consideran las máximas crecidas registradas por eventos extraordinarios, constituye un bien de dominio público hidráulico.

- **Faja marginal.**

Área inmediata superior al cauce o álveo de la fuente de agua, natural o artificial, en su máxima creciente, sin considerar los niveles de las crecientes por causas de eventos extraordinarios, constituye un bien de dominio público hidráulico.

### BIENES ASOCIADOS AL AGUA



- **Riesgo.**

Es la estimación cualitativa o cuantitativa del daño potencial a la sociedad generado por un desastre natural o un fenómeno peligroso de origen humano, en un contexto histórico particular a un grupo humano y espacio temporal determinado.

Es el resultante de la conjunción entre amenaza y vulnerabilidad.

Es importante distinguir que el riesgo son las pérdidas esperadas, asociadas a una amenaza y a la vulnerabilidad específica de los actores expuestos. Las variables de riesgo, amenaza y vulnerabilidad se pueden asociar para efectuar lo que se denomina el “Análisis de Riesgo” de un grupo de actores determinados, y para esto se tiene en cuenta la siguiente ecuación:

$$\text{Amenazas (A) x Vulnerabilidad (V) = Riesgo (R)}$$

El manejo de la anterior ecuación en el campo social permite determinar un “Panorama de Riesgos” en un momento y lugar determinados. Este análisis coadyuva a la definición de estrategias de prevención y atención de desastres. Concluyentemente, una “Gestión del Riesgo” que implica el manejo de las variables  $(A) \times (V) = (R)$ , permite administrar una adecuada auto - protección en un grupo de actores.

- **Amenaza.**

Es la probabilidad de que un cierto 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 periodo de tiempo y frecuencia definidos.

- **Vulnerabilidad.**

Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por la acción de un peligro o amenaza.

Se define como una medida que indica cuán propenso es un actor o grupo de actores a los daños que pueda causar el impacto de un fenómeno destructivo.

En términos genéricos, existe un consenso en que vulnerabilidad es el resultado de la confluencia de exposición a riesgos, incapacidad de respuesta e inhabilidad para adaptarse.

La vulnerabilidad, para fines analíticos puede desagregarse de la siguiente manera: natural, física, económica, social, política, técnica, ideológica, cultural, educativa, ecológica e institucional, y en términos generales, puede clasificarse como de carácter técnico y de carácter social.

La vulnerabilidad de carácter técnico es más factible de cuantificarse en términos físicos y funcionales (pérdidas referidas a los daños, interrupción de los servicios, etc.) mientras que la vulnerabilidad social, al estar relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, ideológicos, etc., sólo puede valorarse cualitativamente y en forma relativa.

- **Desastre.**

Conjunto de daños y pérdidas en la salud, fuentes de sustento, hábitat físico, infraestructura, actividad económica y medio ambiente, que ocurre a consecuencia del impacto de un peligro o amenaza cuya intensidad genera graves alteraciones en el funcionamiento de las unidades sociales, sobrepasando la capacidad de respuesta local para atender eficazmente sus consecuencias, pudiendo ser de origen natural o inducido por la acción humana.

- **Análisis de Amenazas.**

El tema de las amenazas ha sido analizado desde la perspectiva de una situación de peligro para la estabilidad y para el curso normal de las actividades en el ámbito del Valle del Tumbes. El análisis se realizó, para cada una de las zonas de estudio, desde la perspectiva ambiental natural, socio - natural, económico - productiva y social, en el contexto específico de conflictos sociales actuales y potenciales relacionados a la problemática política y/o estructural en un nivel general.

Andrew Maskrey. Compilador. Los Desastres No Son Naturales La Red: Red de Estudios Sociales / ITDG: Intermediate Technology Development Group, 1993.133

- **Análisis de Vulnerabilidad.**

Proceso mediante el cual se evalúa las condiciones existentes de los factores de la vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia, de la población y de sus medios de vida.

- **Estimación de Riesgos.**

Acciones y procedimientos que se realizan para generar el conocimiento de los peligros o amenazas, analizar la vulnerabilidad y establecer los niveles de riesgo que permitan la toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres.

- **Riesgo de Desastres.**

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.

- **Resiliencia.**

Capacidad de las personas, familias y comunidades, entidades públicas y privadas, las actividades económicas y las estructuras físicas, para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse, del impacto de un peligro o amenaza, así como de incrementar su capacidad de aprendizaje y recuperación de los desastres pasados para protegerse mejor en el futuro.

## CAPITULO 2: INFORMACIÓN BÁSICA DE LA CUENCA

### 2.1 Generalidades de la Cuenca del Río Puyango - Tumbes

El Perú y el Ecuador en su zona fronteriza comparten, bajo el derecho internacional, el uso de las aguas del Río Puyango-Tumbes. Este río nace en el Ecuador y desemboca en el Océano Pacífico, con una longitud aprox. de 208 km.

La cuenca del Río Puyango - Tumbes se encuentra ubicada en las provincias de El Oro y Loja en la República del Ecuador y en el departamento de Tumbes en la República del Perú, y su área de drenaje es aprox. de 5503.03 Km<sup>2</sup> en su desembocadura, correspondiendo un 33% al territorio peruano y el 67% restante al territorio ecuatoriano.

Políticamente, la parte peruana de la cuenca del río Tumbes se localiza en el Gobierno Regional de Tumbes y forma parte de los distritos de Tumbes, San Juan de la Virgen, Pampas de Hospital, San Jacinto, La Cruz y Corrales de la provincia y departamento de Tumbes y drena un área aproximadamente de 1 806 km<sup>2</sup> con alturas que van hasta los 885 msnm.

El río nace en las cordilleras del Zaruma en los andes occidentales del Ecuador, formado por los afluentes de los ríos Amarillo y Calera. En su curso medio toma el nombre de Puyango, cerca de la localidad de Balsas. En el hito Cazaderos a 476 m.s.n.m se unen el río Puyango y la quebrada Cazaderos, ingresando a territorio peruano como un solo curso de agua que toma el nombre de río Tumbes, el cual recorre predominantemente en dirección sur a norte, unos 130 km, hasta desembocar en el Océano Pacífico donde forma un delta. Sus puntos extremos de la cuenca se hallan comprendidos entre los paralelos 03° 30' y 04° 15' de Latitud Sur y los meridianos 79° 23' y 80° 40' de Longitud Oeste

El clima en la cuenca peruana del río Tumbes, varía desde el clima desértico en la zona costera al semiárido de las zonas montañosas en la parte fronteriza, y está influenciado por la zona de convergencia intertropical (ZCIT) además de la interacción de las corrientes marinas de El Niño y de Humboldt.

Los caudales del río Tumbes son registrados en la parte peruana en la estación hidrométrica El Tigre. En territorio peruano su longitud aproximada es de 137.24 km, sus aguas normalmente llegan hasta el mar, y en los meses de agosto y setiembre alcanzan sus caudales más bajos, debido a la disminución significativa de sus precipitaciones; y al uso intensivo del recurso hídrico con fines agropecuarios, principalmente.

La información hidrométrica del río Tumbes en el sector peruano actualmente se registra en la Estación El Tigre, la misma que viene operando desde 1963; existe interrupción de los registros para los años 1996 y parte de 1997, adicionalmente se instaló una estación hidrológica en el sector de Cabo Inga próximo a la confluencia del río Tumbes con la Quebrada Cazaderos, sector donde el río ingresa a territorio peruano; sin embargo, la ocurrencia del Fenómeno El Niño de 1983 la destruyó, obligando a su reconstrucción, y en 1998 con la ocurrencia del Fenómeno El Niño se destruyó nuevamente, no habiendo sido posible su reconstrucción y los registros generados corresponden solamente al período 1979-1982; también se instaló una estación hidrológica en el sector de Ucumares habiendo sido destruida por las grandes avenidas de 1983, y los registros disponibles corresponden al período 1979-1980.

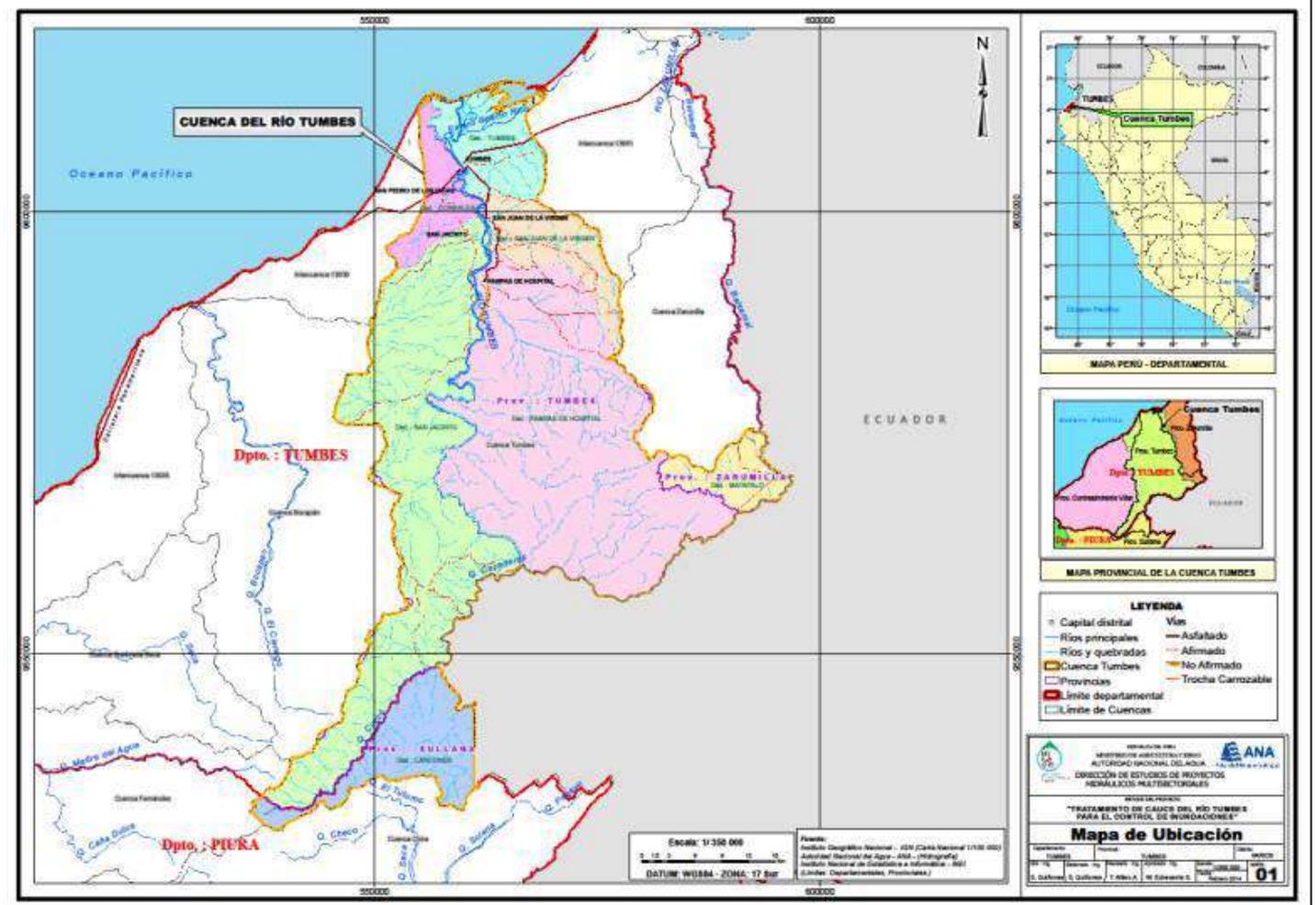
En el valle destacan cultivos de plátano y arroz, y en menor escala maíz amarillo duro, mango, soya y frejol.

Las poblaciones más significativas asentadas en la cuenca del territorio peruano son Tumbes, Corrales, San Jacinto, Pampas de Hospital y San Juan de la Virgen.

### 2.1.1 Ubicación del Proyecto

El proyecto se encuentra ubicado en la cuenca del río Tumbes y comprende desde la Estación Hidrométrica El Tigre hasta la desembocadura en el mar.

#### Mapa de Ubicación



#### Ubicación Política

- Departamento : Tumbes
- Provincia : Tumbes
- Distrito : Tumbes, San Juan de la Virgen, Pampas de Hospital, San Jacinto, y Corrales. (No comprende el Distrito La Cruz)

El proyecto comprende cinco de los seis distritos de la provincia de Tumbes, específicamente no abarca el distrito de La Cruz. A continuación se presenta mapa de Ubicación y el Cuadro de las zonas que comprende el proyecto.

En el Cuadro N° 01 se aprecia las capitales de distrito

**Cuadro N° 01**  
**Capitales de los distritos de la provincia de Tumbes**

Capitales	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD MEDIA msnm
Tumbes	3° 34' 00"	80° 27' 00"	10 (medidas tomadas con GPS ; margen de error de +/- 7 m)
Corrales	3° 36' 04" "	80° 28' 51"	13 (medidas tomadas con GPS ; margen de error de +/- 7 m)
Pampas de Hospital	3° 41' 34"	80° 26' 20"	27 (medidas tomadas con GPS ; margen de error de +/- 5 m)
San Jacinto	3° 38' 32"	80° 26' 55"	28 (medidas tomadas con GPS ; margen de error de +/- 7 m)
San Juan de la Virgen	3° 37' 39"	80° 25' 59"	17 (medidas tomadas con GPS ; margen de error de +/- 7 m)

### Ubicación Hidrográfica.

- Cuenca : Río Tumbes
- ALA : Tumbes
- AAA : Jequetepeque - Zarumilla

### Limites

La cuenca peruana del río Tumbes limita por el Norte con el océano Pacífico y la cuenca del río Zarumilla, al Sur con la quebrada Bocapán y la cuenca del río Chira, al Este con las cuencas de los ríos Zarumilla y Chira y al oeste con el océano Pacífico y la quebrada Bocapán.

### 2.1.2 Reseña Histórica

La provincia fue creada en los primeros años de la Republica.

El departamento es uno de los más jóvenes del Perú. Fue creado el 25 de noviembre de 1942, por ley N° 9667, promulgada por el presidente Manuel Prado, debido a la necesidad de fortalecer la frontera norte y como reconocimiento al pueblo tumbesino por su valerosa participación en el reciente conflicto con el Ecuador. La base fue la llamada Provincia Litoral de Tumbes, creada en 1901 a partir de la provincia del mismo nombre que pertenecía al departamento de Piura. Antes de 1871, Tumbes era parte de la provincia piurana de Paita.

La misma Ley N° 9667 creó las actuales tres provincias tumbesinas, y posteriormente otras normas legales crearon los nuevos distritos de Aguas Verdes (Zarumilla), La Cruz, Pampa de Hospital y San Jacinto (Tumbes).

Su capital es la ciudad de Tumbes.

Las tres provincias de Tumbes son:

## **Zarumilla**

Limítrofe con la república de Ecuador, su capital, Zarumilla, se encuentra sobre el valle del mismo nombre. Es la provincia más septentrional de la costa peruana, además de la más cálida, lluviosa y de mayor vegetación. A pesar de su reducida extensión, su territorio es muy diverso en términos ecológicos. Su litoral se encuentra poblado por los mayores bosques de mangle del país (zonas de El Bendito y El Salto), los cuales han sido protegidos por el Estado bajo la categoría de Santuario Nacional. De aquí se extraen muchos productos marinos de gran demanda popular, como las conchas negras y los langostinos.

Una localidad muy visitada por los turistas es Puerto Pizarro, desde donde se emprenden excursiones a los esteros. Tierra adentro, los caseríos de Papayal y Matapalo se recuestan en las colinas que cubre el bosque seco, justo antes de ingresar a las selvas húmedas de las estribaciones occidentales. También, el pueblo de Aguas Verdes, ubicado en la misma línea fronteriza, frente a la localidad de Huaquillas, a la que está unida por un puente internacional. Aquí el intercambio comercial es intenso y hasta caótico por la proliferación de pequeños establecimientos y comerciantes ambulatorios.

## **Tumbes**

Capital del departamento, se encuentra recorrida en su totalidad por el río Tumbes, el más caudaloso de la costa peruana. La ciudad se ubica sobre la margen derecha del río, al cual mira desde un agradable malecón; es pequeña, ordenada y dedicada al comercio con el vecino Ecuador y a la agricultura. La presencia del ejército y la administración es fuerte y ha dejado su impronta en ella. Tumbes tiene una universidad nacional.

El valle del Tumbes, amplio y bien irrigado, cuenta con numerosos caseríos dedicados al cultivo del arroz (más de diez mil hectáreas en la última campaña agrícola), el plátano y el mango.

Su litoral con excepción de caleta La Cruz, primer lugar del Perú que pisaron los españoles y que exhibe una réplica de la cruz de la Conquista es poco visitado, debido a que se encuentra oculto en gran medida por el delta del río Tumbes y los bosques de mangle. En el sector este de la provincia se ubican los poblados agrícolas de Pampas de Hospital, El Limón, Cabuyal y Corrales, dedicados a la ganadería y el cultivo de tabaco (dos tercios de la producción nacional). Esta sección de la provincia corresponde al ecosistema del bosque seco, el cual da paso progresivamente al bosque húmedo del Pacífico. La sección limítrofe con el Ecuador ha sido protegida bajo la categoría de Zona Reservada y mantiene los últimos bosques intactos del departamento.

## **Contralmirante Villar**

La provincia más extensa de Tumbes. Limita hacia el sur con el departamento de Piura. Su relieve es mayormente plano, con grandes tablazos hacia el extremo sur, los cuales terminan de manera abrupta en el litoral. Aquí se encuentran algunas de las playas más hermosas y afamadas de la costa peruana llamada Zorritos, sede de un yacimiento petrolífero en explotación desde 1863; Punta Mero y Punta Sal, paraísos de arena y sol que vienen experimentando un creciente desarrollo con fines turísticos. Aquí se ubican también varias caletas dedicadas a la pesca artesanal, como la de Caneas, famosa por su excelente pescado.

La porción de la provincia ubicada al este de la carretera Panamericana está dominada por la presencia de quebradas secas y densos bosques de algarrobo y faique. Aquí existen numerosos caseríos dedicados a la ganadería de caprinos, la agricultura y la explotación forestal (a pesar de la veda de especies arbóreas en toda la región). Más hacia el este, los bosques cubren las colinas de Amotape y se encuentran protegidos bajo el estatus de Parque Nacional. Su agricultura es pobre y el distrito de Casitas es la zona más deprimida del departamento.

### 2.1.3 Centros Urbanos

La Provincia de Tumbes cuenta con seis (06) distritos: Tumbes, San Juan de la Virgen, Pampas de Hospital, San Jacinto, La Cruz y Corrales. Ver Cuadro N° 02

**Cuadro N° 02**  
**Superficie y Altitud de los Distritos de la Provincia de Tumbes**

N°	Distritos	Capital	Superficie	Altitud
			Km <sup>2</sup>	msnm
1	Tumbes	Tumbes	158.84	10
2	Corrales	San Pedro de los Incas	131.6	13
3	San Jacinto	San Jacinto	598.72	28
4	La Cruz	Caleta Cruz	65.23	7
5	San Juan de la Virgen	San Juan de la Virgen	118.71	17
6	Pampas de Hospital	Pampas de Hospital	727.75	27
		<b>Total</b>	<b>954.39</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Tiene una extensión de 954.39 km<sup>2</sup>

### 2.1.4 Vías de Comunicación

El valle de Tumbes cuenta con tres accesos principales: desde Lima, Piura y Chiclayo. Ver Cuadro adjunto

**Cuadro N° 03**  
**Vía de acceso a la zona de estudio.**

DE – A	TIPO DE VÍA	ESTADO DE CONSERVACIÓN	TIEMPO DE VIAJE
Carretera Lima – Tumbes	Asfaltada	Bueno	20.50 Horas
Carretera Chiclayo - Tumbes	Asfaltada	Bueno	8.00 Horas
Carretera Piura - Tumbes	Asfaltada	Bueno	5.00 Horas

Fuente: Elaboración propia.

- Internamente cuenta con dos vías asfaltadas, por la margen izquierda y derecha del río Tumbes, que interconecta el valle con los distintos sectores de riego del valle.

## 2.2 Características Geomorfológicas

Los parámetros geomorfológicos de la cuenca han sido realizados por la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos - DCPRH - de la Autoridad Nacional del Agua

### 2.2.1 Área de la cuenca (A)

Se refiere al área proyectada sobre un plano horizontal, medida con un planímetro, dentro de los límites de la cuenca siguiendo la línea del divortium acuarium.

El área de la cuenca tiene importancia porque:

Sirve de base para la delimitación de otros elementos: parámetros, coeficientes, relaciones, etc.

Por lo general los caudales de escurrimiento crecen a medida que aumenta la superficie de la cuenca.

El crecimiento del área actúa como un factor de compensación de modo que es más común detectar crecientes instantáneas y de respuesta inmediata en cuencas pequeñas que en las grandes cuencas.

**Cuadro Nº 04**  
**Área de la cuenca**

ÁREA DE LA CUENCA TUMBES (Km <sup>2</sup> )
5502.75

Fuente: DCPRH – ANA

### 2.2.2 Perímetro, longitud y ancho de la cuenca

#### ▪ **Perímetro**

Es la longitud del límite exterior de la cuenca y depende principalmente del área y la forma de la cuenca. La medida del perímetro equivale al trazo que se realiza sobre en la parte del agua de la cuenca hidrográfica.

Este parámetro se obtuvo de forma similar a la del área de la cuenca.

En el cuadro siguiente, se detalla el perímetro de la cuenca para el sector de interés.

**Cuadro Nº 05**  
**Perímetro de la cuenca**

PERÍMETRO DE LA CUENCA TUMBES (km)
604.92

Fuente: DCPRH - ANA

▪ **Longitud**

Es la longitud mayor de recorrido que realiza el río, desde la cabecera de la cuenca, siguiendo todos los cambios de dirección o sinuosidades, hasta un punto fijo de interés, puede ser una estación de aforo o desembocadura, expresado en unidades de longitud.

**Cuadro Nº 06**  
**Longitud de cauce principal**

LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (Km)
208.06

Fuente: DCPRH – ANA, Elaboración propia

▪ **Ancho**

Es la Relación entre el área de la cuenca y la longitud del cauce principal, cuya expresión es la siguiente:

$$Ap = A / L$$

Donde:

Ap = Ancho promedio de la cuenca (km).

A = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>).

L = Longitud del cauce principal (km).

**Cuadro Nº 07**  
**Ancho de la cuenca**

ANCHO DE LA CUENCA TUMBES (Km)
26.44

Fuente: DCPRH – ANA, Elaboración propia

### 2.2.3 Pendiente predominante del cauce y de la cuenca

La pendiente media del cauce que sigue el Río Tumbes es de 0.33%, sin embargo en sus últimos 40 Km antes de la desembocadura al mar ésta llega ser inferior a 0.5%.

▪ **Pendiente media de la cuenca**

La cuenca del río Tumbes tiene una pendiente media de 23.45%.

### 2.2.4 Altitud media de la cuenca

La altitud media de una cuenca es aquella para la cual el 50% del área de la cuenca está situada por encima y el 50 % está situado por debajo.

En el cuadro siguiente, se presenta la altitud media de la cuenca.

**Cuadro Nº 08**  
**Altitud Media de la cuenca**

<b>ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA TUMBES</b>
<b>(msnm)</b>
<b>929.06</b>

Fuente: DCPRH - ANA

### 2.2.5 Coeficiente de compacidad (Kc)

Este está definido como la relación entre el perímetro P y el perímetro de un círculo que contenga la misma área de la cuenca hidrográfica, haciendo uso de la relación:

$$Kc = \frac{0.28P}{\sqrt{A}}$$

De la expresión, Kc puede ser mayor o igual a 1, y se incrementa con la irregularidad de la forma de la cuenca.

Una cuenca de forma circular posee el coeficiente mínimo igual a 1 y tiene mayor tendencia a las crecientes en la medida que el valor de Kc se aproxima a la unidad; cuando se aleja de la unidad, presenta una forma más irregular con relación al círculo.

Cuando:

- Kc = 1 : tiempo de concentración menor, cuenca circular, mayor tendencia a crecientes;
- Kc = 2 : tiempo de concentración mayor, cuenca de forma alargada, menor tendencia a crecientes.

El coeficiente de compacidad de la cuenca del río Tumbes es de 2.28, indica que la cuenca es de forma alargada, debiendo estar menos expuesta a las crecientes.

### 2.2.6 Factor de forma (Kf)

Es parámetro adimensional y se define como el cociente entre el ancho promedio del área de la cuenca y la longitud. Haciendo uso de la relación  $K_f : A/L^2$ .

Donde:

A = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>).

L = Longitud de cauce principal de la cuenca (km).

El Factor de Forma determinado para la cuenca del río Tumbes es de 0.13, lo cual explica que la cuenca tenga una buena respuesta a las crecidas.

### 2.2.7 Coeficiente Orográfico

Es la relación entre el cuadrado de la altitud media del relieve y la superficie proyectada sobre un plano horizontal. Expresa el potencial de degradación de la cuenca, crece mientras que la altura media del relieve aumenta y la proyección de la cuenca disminuye.

Si el valor es  $<6$  representa un relieve poco accidentado, propio de cuencas extensas y de baja pendiente

Si el valor es  $>6$  representa un relieve accidentado.

El Coeficiente Orográfico determinado para la cuenca del río Tumbes de 0.17, por lo que la cuenca es poco accidentada.

### 2.2.8 Rectángulo equivalente

Es una transformación geométrica en virtud de la cual se asimila la cuenca a un rectángulo que tenga el mismo perímetro y superficie.

**Cuadro N° 09**  
**Rectángulo Equivalente de la cuenca**

RECTANGULO EQUIVALENTE	
Lado Mayor (Km)	Lado Menor (Km)
283.02	19.44

Fuente: DCPRH- ANA

### 2.2.9 Longitud total de la red

La longitud total de la red se ha calculado considerando las corrientes perennes y las intermitentes, incluyendo los cauces efímeros, es decir aquellos que solo llevan agua durante las lluvias.

La longitud es de 3327.59 km.

### 2.2.10 Grado de ramificación

Para determinar el grado de ramificación de un curso de agua principal, se han considerado el número de bifurcaciones que tienen sus tributarios asignándoles un orden a cada uno de ellos en forma creciente desde el curso principal del río hasta llegar a la divisoria, de manera que el mayor orden de curso de agua dará en forma directa al grado de ramificación del sistema de drenaje.

Para el caso de la cuenca del río Puyango Tumbes el grado de ramificación es de 4° orden.

Se consideran ríos de primer orden, aquellos ríos portadores de aguas de nacimiento y que no tiene afluentes.

### 2.2.11 Longitud promedio de los ríos

En cuadro adjunto se presenta la longitud promedio de los cauces del Río Tumbes para cada orden.

**Cuadro Nº 11**  
**Longitud de Cauces por Orden de Río**

Longitud Promedio de todos los cauces para cada Orden	
Número de Orden	Longitud Promedio de Ríos (km)
1er Orden	209.32
2do Orden	1001.73
3er Orden	1203.50
4to Orden	913.04
<b>Total</b>	<b>3327.59</b>

Fuente: Universidad de Piura

### 2.2.12 Relación de longitudes

Es la relación entre la longitud promedio de cierto orden con la longitud promedio de los cauces de orden inmediato inferior.

Es un indicador de la capacidad de almacenamiento momentáneo de agua e influye en la cantidad instantánea de la componente de escorrentía directa, conocida como máxima avenida o caudal pico.

Los valores medios oscilan entre 3 y 5 en cuencas en las que se incrementan poco la longitud de los cauces.

En cuadro adjunto se presenta la relación de longitudes de los cauces del río Tumbes.

**Cuadro Nº 13**  
**Relación de Longitudes**

Relación de longitudes		
RL1	RL2	RL3
0.21	0.83	1.32

Fuente: OSNIRH – ANA, Elaboración propia

La relación de longitud de la cuenca (RL) es el promedio de todas las relaciones de longitudes parciales y es de 0.79, que indica una cuenca alargada en la dirección del río de mayor orden.

### 2.2.13 Densidad de drenaje

Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua de una cuenca y su área total.

Si el valor se aproxima a 0.5 km/km<sup>2</sup> corresponde a una cuenca pobremente drenada

Si el valor se aproxima a 3.5 km/km<sup>2</sup> o mayores indican una red de drenaje eficiente, lo cual genera grandes volúmenes de escurrimiento mayores, al igual que mayores velocidades de desplazamiento de las aguas, lo que aumentara de manera proporcional los niveles de erodabilidad.

La densidad de drenaje para la cuenca del río Tumbes es de 0.605 km/km<sup>2</sup>, lo cual implica que no tiende a presentar problemas de erosión por causa de la escorrentía.

### 2.2.14 Tiempo de concentración

Se define como el tiempo que tarda en llegar a la sección de salida de interés la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca.

El tiempo de concentración calculado es 5.37 horas.

## 2.3 Climatología y Tipos de Clima

La caracterización de los elementos meteorológicos que modelan el clima de la cuenca se viene registrando adecuadamente en diferentes estaciones hidrométricas y meteorológicas ubicadas especialmente dentro de la cuenca.

El clima de la cuenca puede categorizarse como seco en toda la franja de la costa, tropical de sabana en las zonas bajas y planicies inferiores, tropical de Monzón en la parte media, en las cuencas de los ríos y en las estribaciones de la cordillera en la parte alta mesotérmica semihúmedo de páramo.

Generalmente, el clima de la región esta grandemente influenciado por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la corriente de Humboldt y la Corriente de El Niño.

La precipitación pluvial y la temperatura son los elementos meteorológicos más importantes, considerándose la lluvia netamente veraniega.

Las precipitaciones totales anuales se producen en la misma época en toda la cuenca, con valores promedios que van de 200 mm en la parte baja, hasta los 1150 mm en la parte alta del sector peruano, llegando hasta los 2600 mm en las zonas altas montañas del sector ecuatoriano.

El régimen pluviométrico de la región es de tipo monomodal, con precipitaciones máximas durante el año entre los meses de Diciembre a Mayo, y ausencia de precipitaciones entre junio a Noviembre. Por lo tanto, podemos decir que destacan dos estaciones: una húmeda y otra seca.

La temperatura es de carácter tropical, sin manifestaciones extremas durante el año, la temperatura promedio anual varían desde 25°C a lo largo de la costa a 22°C en la zona montañosa. En los periodos de años normales la temperatura promedio en verano es de 26°C y en invierno es de 23°C; sin embargo, cuando se presenta el Fenómeno El Niño la temperatura sobrepasa valores máximos diarios de 35°C y 30°C para la costa y la zona montañosa, respectivamente. La temperatura máxima en el territorio peruano es de 35°C y la mínima 18°C.

La humedad relativa presenta un valor superior al 80%, aumentando en los meses de invierno de 2 a 3% por encima del promedio anual; sin embargo, los extremos varían entre 75% y 90%.

Los vientos más significativos son registrados al medio día, con una dirección dominante Nor Oeste; la velocidad fluctúa entre 15 y 22 Lm/h.

La evaporación promedio total anual en el valle es relativamente alta, del orden de 880 mm. La evaporación en la cuenca varía con la altitud, en el periodo 1964-1979 varió entre 829 y 1651 mm.

Los tipos de clima, según la división climática de Koppen, en la cuenca son los siguientes:

**Bsw:** Clima de estepa, con lluvias escasas en el verano, localizado en la parte baja de la cuenca.

**Af:** Clima de selva tropical, en las planicies bajas inferiores, pasando por la frontera con el Ecuador, se caracteriza por estar permanentemente húmedo.

**Cw:** Clima templado moderado lluvioso, invierno seco, la cantidad de las lluvias del mes más lluvioso es 10 veces mayor que el mes seco.

## **2.4 Características Geológicas**

La Geología regional representa una secuencia de rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas cuyas edades varían desde el jurásico hasta el cuaternario reciente.

Los depósitos cuaternarios yacen sobre las rocas pre-existentes y su mayor distribución se encuentra en la cuenca baja, en el cono de deyección del río Tumbes y Pampas Costanera.

Rocas Volcánicas. Constituidas por andesíticas, piroclásticas tienen su mayor distribución dentro de la cuenca alta y algunos sectores de las cuencas medias y bajas y constituyen terrenos aceptables para la ubicación de obras de ingeniería.

Depósitos Sedimentarios.- Comprenden unidades antiguas, de edad jurásico superior, cretáceo inferior y cretáceo superior.

Rocas ígneas.- Las rocas intrusivas forman parte del Batolito andino, sus afloramientos tienen gran amplitud de distribución. Estas rocas varían en composición desde Diorita a granodiorita.

Geomorfológicamente la cuenca del río Tumbes pertenece a la vertiente del Pacífico y comprende sectores de la Costa, Sierra de los departamentos de La Libertad y Ancash, de Oeste a Este pueden diferenciar tres macro unidades geomorfológicas:

- ✓ Pampas Costaneras
- ✓ Flanco occidental de los Andes
- ✓ Altiplano

En la cuenca del Tumbes los rasgos estructurales están en estrecha relación con las características de las rocas aflorantes, producto de los esfuerzos producidos durante la Orogenia Andina.

Las rocas de origen volcánico-sedimentario que afloran en las partes bajas de la cuenca muestran un tectonismo muy moderado.

Las rocas intrusivas que forman parte de la cuenca presentan formas alargadas que coinciden con la orientación de los Andes, presentando diversos sistemas de diaclasamiento que muchas veces originan la separación en bloques.

## **2.5 Red de Drenaje**

El río Tumbes tiene como principales afluentes en la margen derecha los Ríos Chira, Río Otuzco, Río La Cuesta, Quebrada Playa de Nari y por la margen izquierda la Quebrada Chanchacap y Quebrada Potrerillo.

Posee 08 sub cuencas, las cuales son: Alto Tumbes, Tumbes, Medio Alto Tumbes, Otuzco, Medio, La Cuesta, Bajo Tumbes y Medio Bajo Tumbes.

## **2.6 Ecología**

La zonificación de las formaciones ecológicas tiene como objeto mostrar espacios con características similares mediante parámetros de temperatura, precipitación, evapotranspiración, y la composición florística que se desarrollan en dichos espacios.

Las características bio-climáticas dan lugar a la formación de diversos ámbitos conocidas como Formaciones Ecológicas identificándose nueve (09) formaciones en territorio peruano, caracterizadas por L.R. HOLDRINDGE, las mismas que se muestran en el Mapa N°...Mapa Ecológico de la zona del proyecto y son las siguientes:

Ver detalle en el siguiente cuadro 14.

**CUADRO 14**

ZONAS DE VIDA	
1	Desierto Perárido Premontano o Desierto Subtropical
2	Matorral Desértico Tropical
3	Matorral desértico Premontano
4	Monte espinoso Tropical
5	Monte Espinoso Premontano o Monte Espinoso Subtropical
6	Bosque Muy Seco Tropical
7	Bosque Seco Tropical
8	Bosque Seco Premontano o Bosque Seco Subtropical
9	Bosque Húmedo Subtropical

*Fuente: MINEM.*

## 2.7 Características Socioeconómicas

- POBLACIÓN**

El presente estudio se localiza en el departamento y provincia de Tumbes e involucra de manera directa a los distritos de Tumbes, Pampas de Hospital, Corrales, San Jacinto, San Juan de la Virgen y La Cruz.

Según INEI, el año 2007 la población del departamento de Tumbes ascendía a 200,306 habitantes y la provincia de Tumbes contaba con 142,338 habitantes.

**Cuadro 01**  
**Datos Generales de la Población**

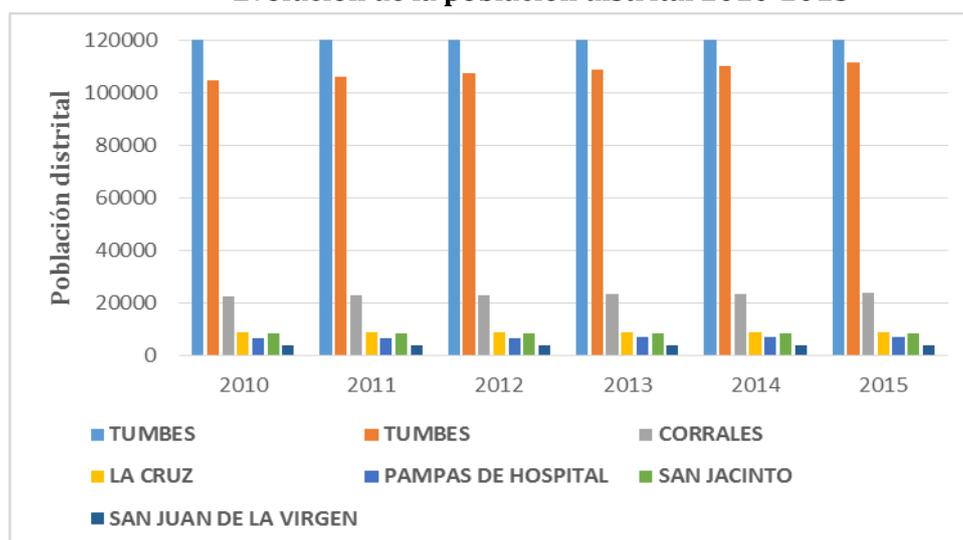
CONCEPTO	DPTO. TUMBES	PROV. TUMBES	DISTRITOS					
			Tumbes	Pampas de Hospital	Corrales	San Jacinto	San Juan de la Virgen	La Cruz
Población al 2007 (INEI)	200,306	142,338	95,124	6,313	20,984	7,979	3,848	8,090
Proyección de Población al 2015	237,685	164,404	111,683	7,050	23,868	8,541	4,089	9,173
Superficie (Km <sup>2</sup> )	4,669.20	1,800.15	158.14	727.75	131.6	598.72	118.71	65.23
Densidad de población ( Hab./ Km <sup>2</sup> )	42.9	79.04	601.52	8.67	159.45	13.33	32.42	124.02

*Fuente: INEI.*

Como se observa en el gráfico a continuación, los distritos del área de influencia del estudio, presentan un crecimiento sostenido. El año 2013, la población distrital total asciende a 161,257, esto representa un incremento poblacional de 13% a nivel distrital, con respecto al año 2007.

Para el año 2015, se proyecta un incremento alrededor de 16% de la población distrital total, siendo los distritos de Tumbes y Corrales los que cuentan con mayor cantidad de habitantes (111,683 y 23,868 habitantes, respectivamente).

**Gráfico 01**  
**Evolución de la población distrital 2010-2015**



Fuente: INEI.

• **DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA POBLACIÓN**

Los distritos de Tumbes y Corrales cuentan con mayor población urbana, a diferencia de Pampas de Hospital (2%), San Jacinto (3%) y San Juan de la Virgen (2%), y La Cruz (6%) que cuentan con menor población urbana.

La población de los distritos del proyecto mayoritariamente es población urbana. Por otro lado, los distritos de Tumbes y Corrales cuentan totalmente con población urbana.

De la misma manera, el distrito de San Jacinto cuenta con el 36% de población rural, en segundo lugar se encuentra el distrito de Pampas De Hospital con el 34% de la población rural y el distrito de San Juan de la Virgen cuenta con el 12% de población rural, estando afincados en el campo donde poseen sus viviendas dentro de su parcela.

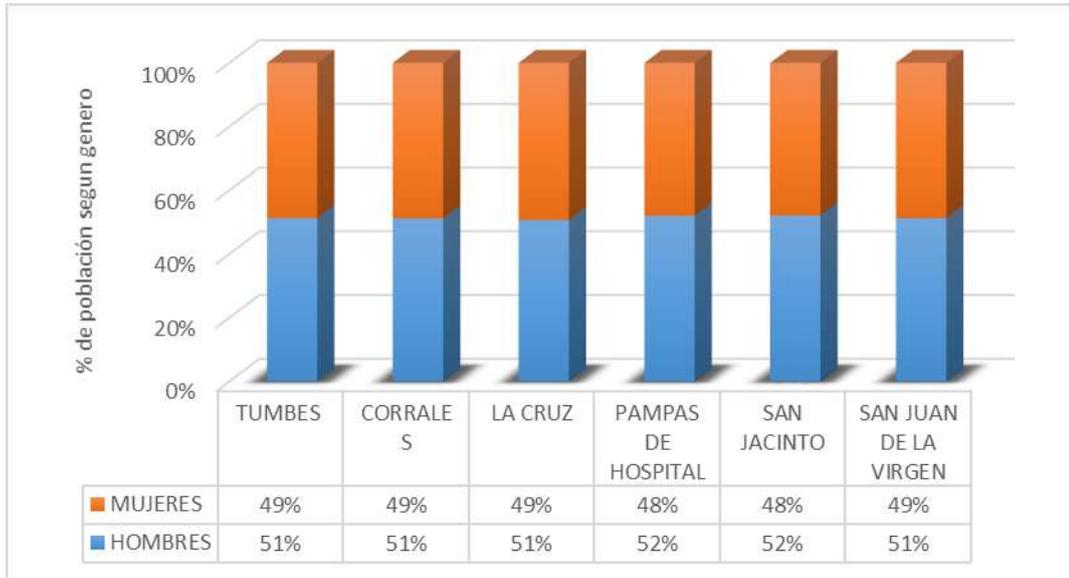
**Cuadro 02**  
**Características de la población**

CONCEPTO	DISTRITOS					
	Tumbes	Pampas de Hospital	Corrales	San Jacinto	San Juan de la Virgen	La Cruz
Población total 2007 (INEI)	95,124	6,313	20,984	7,979	3,848	8,090
Población urbana	94,751	2,482	19,754	3,877	2,504	7,718
Población rural	373	3,831	1,230	4,102	1,344	372
Población total hombres	48,804	3,285	10,734	4,159	1,973	4,102
Población total mujeres	46,320	3,028	10,250	3,820	1,875	3,988

Fuente: INEI.

Según género, los distritos del área del proyecto mayoritariamente son hombres. En promedio el 52% de la población de los distritos son hombres y el 49% son mujeres.

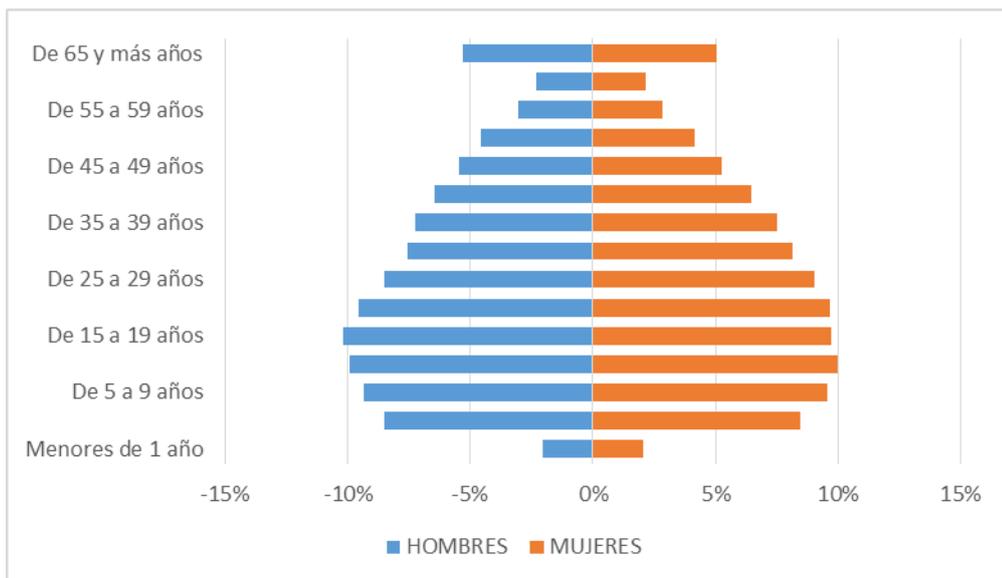
**Gráfico 02**  
**Población distrital según género**



Fuente: INEI.

La Pirámide Poblacional de los distritos de Tumbes, Corrales, San Jacinto, San Juan de la Virgen y Pampas de Hospital y La Cruz se caracteriza por ser de base ancha en su estructura, lo que evidencia un predominio de la población joven, reflejando un lento proceso de envejecimiento poblacional.

**Gráfico 03**  
**Pirámide poblacional distrital**

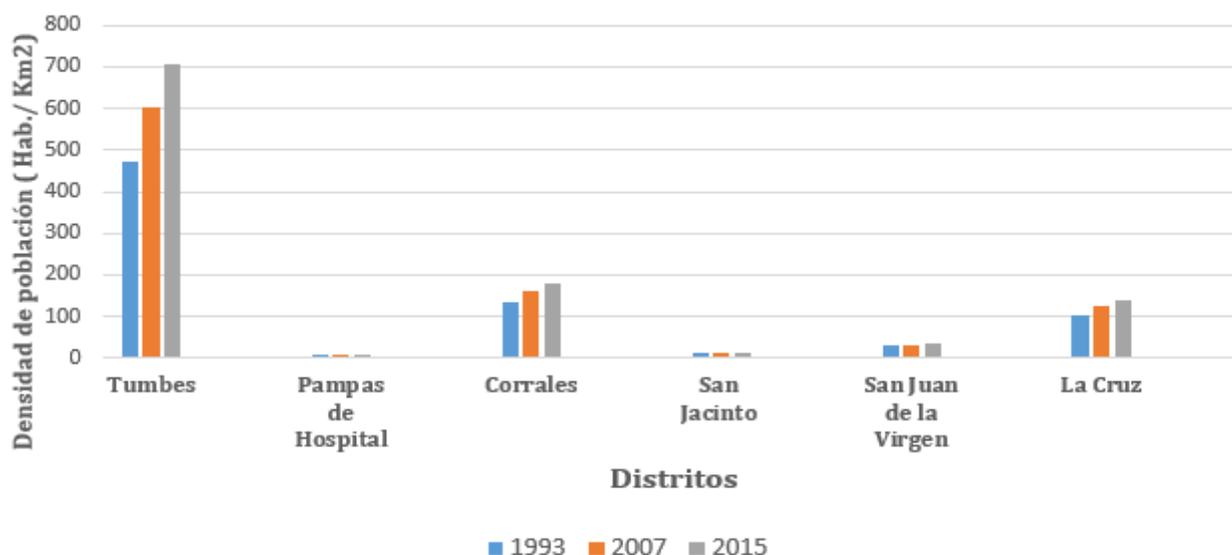


Fuente: INEI.

• **DENSIDAD POBLACIONAL**

La extensión del área de los distritos involucrados en el proyecto es de 1,800.85 Km<sup>2</sup>, en ella se registra una población total de 142,338 habitantes, lo que determina una densidad poblacional promedio de 79.04 habitantes por Km<sup>2</sup>. Los distritos que presentan mayor densidad poblacional son Tumbes y Corrales. Ver gráfico a continuación.

**Cuadro 03**  
**Población distrital según género**



Fuente: INEI.

• **DINÁMICA DEMOGRÁFICA**

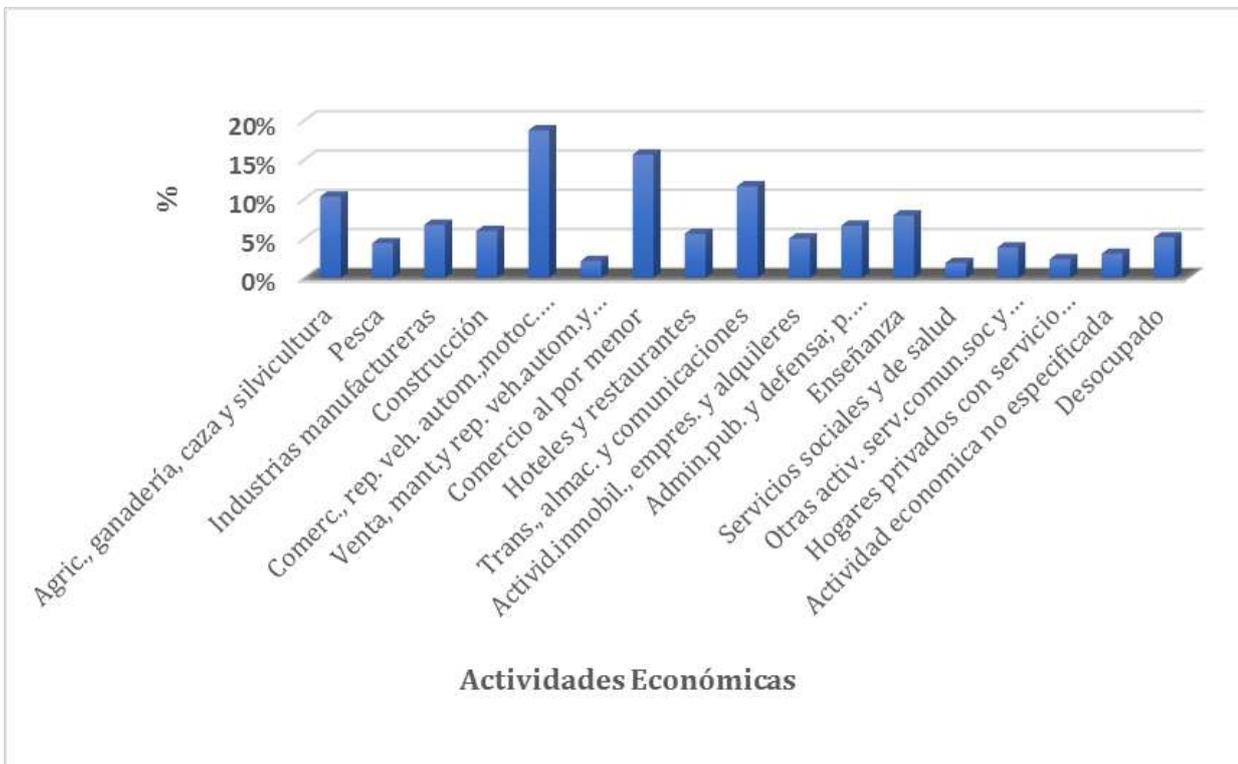
Según se ha advertido en párrafos anteriores, la pirámide de edades revelaría una fuerte migración de jóvenes de la provincia de Tumbes hacia zonas de mayor grado de desarrollo, donde eventualmente podrían encontrar mejores condiciones de superación personal, ya sea en el área laboral o en el área de capacitación vía estudios superiores en universidades, escuelas técnicas o en talleres de capacitación ofrecidos por distintas entidades particulares y del Estado.

La distribución de la población joven en el territorio nacional refleja heterogeneidades que determinan necesidades y potencialidades por atender como todo fenómeno socio demográfico. En el año 2013, alrededor de un tercio de la población joven reside en el departamento de Lima, debido principalmente a la migración de este grupo que se desplaza a la capital del país en busca de mejores condiciones y oportunidades de vida. Le siguen en importancia los departamentos de La Libertad, Piura, Cajamarca y Puno (en conjunto los cinco departamentos concentran el 53,2% del total de jóvenes). En el otro extremo, se encuentran Madre de Dios, Moquegua, Tumbes y Pasco con porcentajes que van de 0,4% a 1,0%.

• **POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA**

La Población Económicamente Activa del área del proyecto está conformada por un contingente de 44,781 habitantes, entre los 6 y más años de edad, según el Censo del 2007 (XI de Población y VI Vivienda). El sector comercio de repuestos de vehículos, automóviles, motocicletas, efectos personales, ocupa el 18.77% de la PEA constituyéndose, de esta manera, en la principal fuente de trabajo en la zona en segundo lugar el Comercio al Por Menor con el 15.67%, Trans., Almacenes y comunicaciones que ocupa el 11.63% y con una importancia relativa marcadamente menor, las demás ramas de la actividad económica. Ver Cuadro 04 y Gráfico 04.

**Gráfico 04**  
**Principales actividades económicas en el área del proyecto**



Fuente: INEI.

**Cuadro 04**  
**Población económicamente activa según rama de actividad económica**  
**Área del proyecto**

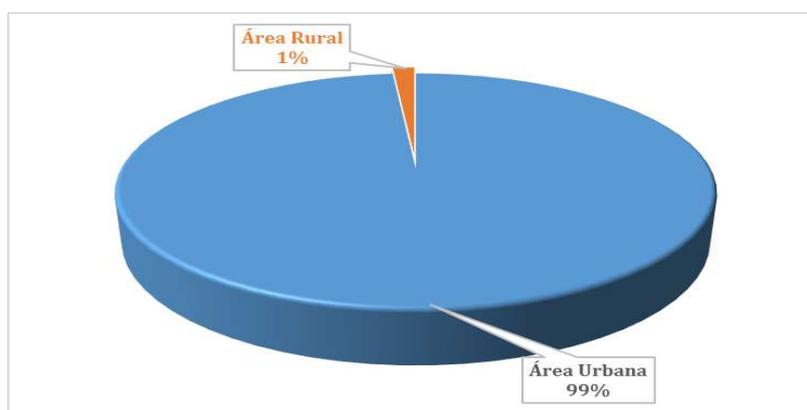
CONCEPTO	CASOS	%
Agric., ganadería, caza y silvicultura	4620	10.32%
Pesca	1971	4.40%
Explotación de minas y canteras	23	0.05%
Industrias manufactureras	3018	6.74%
Suministro de electricidad, gas y agua	89	0.20%
Construcción	2662	5.94%
Comerc., rep. veh. autom.,motoc. efect. pers.	8404	18.77%
Venta, mant.y rep. veh.autom.y motoc.	954	2.13%
Comercio al por mayor	432	0.96%
Comercio al por menor	7018	15.67%
Hoteles y restaurantes	2504	5.59%
Trans., almac. y comunicaciones	5208	11.63%
Activid.inmobil., empres. y alquileres	2233	4.99%
Admin.pub. y defensa; p. segur.soc.afil	2960	6.61%
Enseñanza	3552	7.93%
Servicios sociales y de salud	841	1.88%
Otras activ. serv.comun.soc y personales	1725	3.85%
Hogares privados con servicio doméstico	1053	2.35%
Actividad economica no especificada	1365	3.05%
Desocupado	2295	5.12%
<b>TOTAL AREA DEL PROYECTO</b>	<b>44781</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: INEI.

• **INDICADORES DE VIVIENDA**

Según el Censo de 2007, en la zona del proyecto existen 27,795 viviendas particulares, de las cuales el 99% se encuentra en el área urbana y el 1% en el área rural.

**Gráfico 05**  
**Distribución porcentual de las viviendas según área urbana o rural**



Fuente: INEI.

En el área urbana, el 94.5% de las viviendas son casas independientes y el 3.15% de las viviendas en quinta. Otros tipos de viviendas como chozas o cabañas, departamentos en edificio, entre otros representan el 2.35%.

Por otro lado, en el área rural se encuentran el 98.05% de las viviendas particulares, siendo estas casas independientes.

**Cuadro 05**  
**Tipo de viviendas particulares por área urbana y rural a nivel distrital**

CONCEPTO	ÁREA				TOTAL CASOS
	URBANA CASOS	%	RURAL CASOS	%	
Casa independiente	25,878	94.50%	402	98.05%	26,280
Departamento en edificio	355	1.30%	0	0.00%	355
Vivienda en quinta	863	3.15%	0	0.00%	863
Vivienda en casa de vecindad	83	0.30%	0	0.00%	83
Choza o cabaña	0	0.00%	8	1.95%	8
Vivienda improvisada	66	0.24%	0	0.00%	66
<b>Local no dest.para hab. humana</b>	30	0.11%	0	0.00%	30
Otro tipo	110	0.40%	0	0.00%	110
<b>TOTAL</b>	<b>27,385</b>	<b>100</b>	<b>410</b>	<b>100</b>	<b>27,795</b>

Fuente: INEI.

- MATERIAL PREDOMINANTE EN PAREDES**

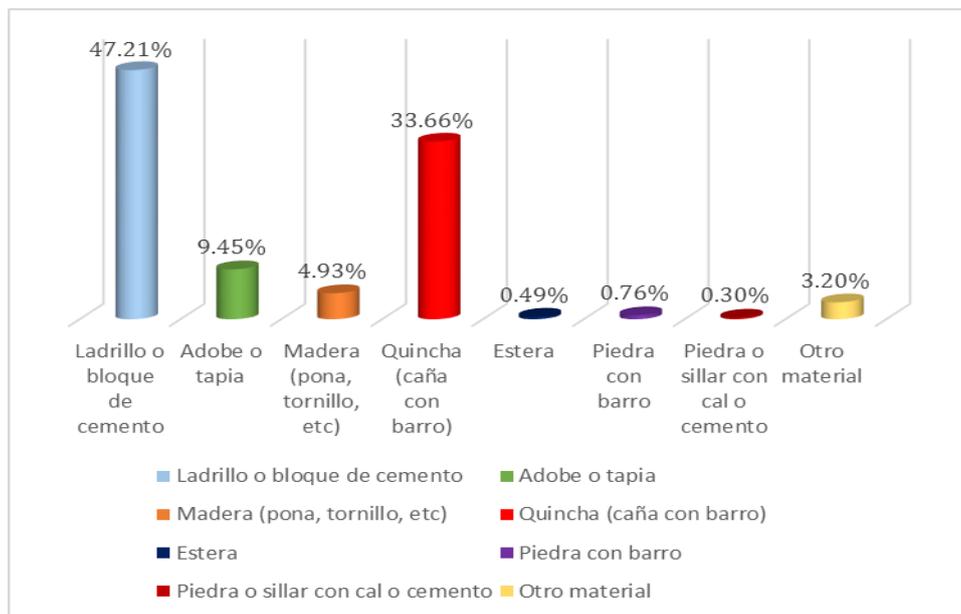
El material predominante en paredes de las viviendas del área del proyecto, mayoritariamente son de ladrillo o bloque de cemento, lo que significa el 47.21% del área. En segundo lugar se encuentran las viviendas construidas con paredes de quincha (33.66%). Otros tipos de materiales predominante en paredes son: adobe o tapia (9.45%), madera (4.93%), entre otros.

**Cuadro 06**  
**Número de viviendas y material predominante en paredes**

CONCEPTO	CASOS	%
Ladrillo o bloque de cemento	13,121	47.21%
Adobe o tapia	2,628	9.45%
Madera (pona, tornillo, etc)	1,370	4.93%
Quincha (caña con barro)	9,355	33.66%
Estera	136	0.49%
Piedra con barro	212	0.76%
Piedra o sillar con cal o cemento	84	0.30%
Otro material	889	3.20%
<b>TOTAL</b>	<b>27,795</b>	<b>100</b>

Fuente: INEI.

**Grafico 06**  
**Material predominante en paredes**



Fuente: INEI.

• **MATERIAL PREDOMINANTE EN PISOS**

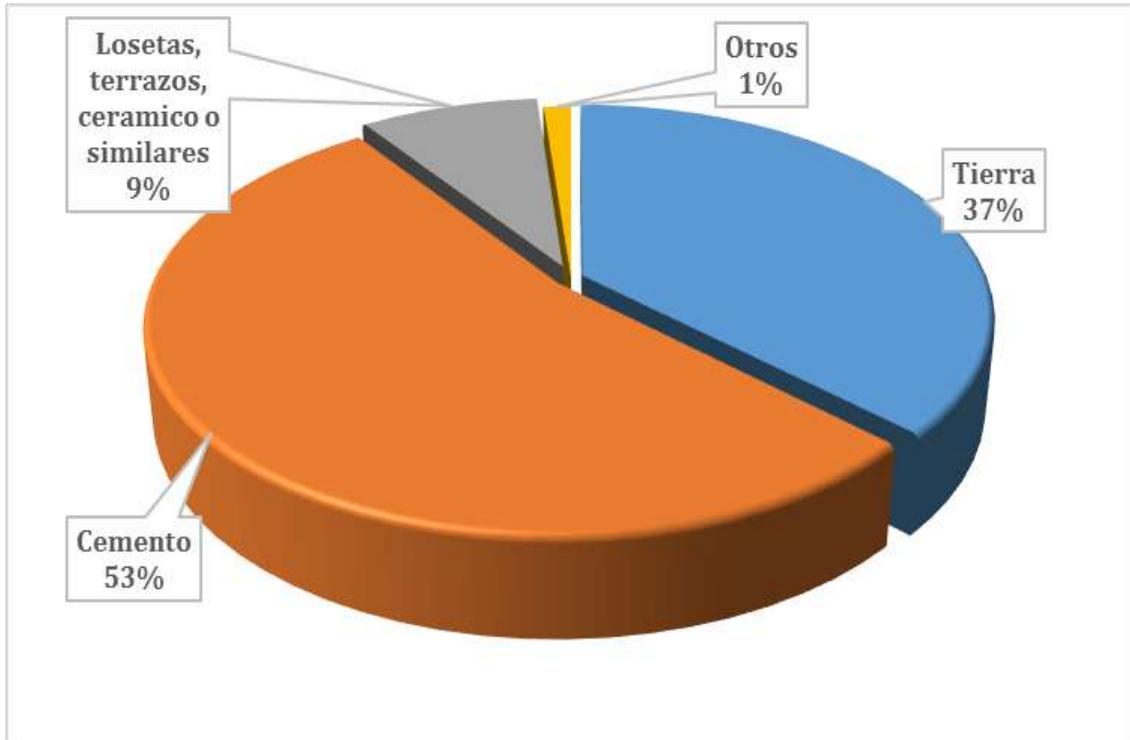
El material predominante en pisos de las viviendas del área del proyecto, mayoritariamente son de cemento, lo que significa el 53.23% del área. En segundo lugar se encuentran las viviendas con pisos de tierra (37.09%). Otros tipos de materiales predominante en pisos son: losetas, terrazos (8.40%), y en menor proporción el parquet, madera, vinílicos, entre otros.

**Cuadro 07**  
**Material predominante en pisos**

CONCEPTO	CASOS	%
Tierra	10,310	37.09%
Cemento	14,794	53.23%
Losetas, terrazos, ceramico o similares	2,335	8.40%
Parquet o madera púlida	98	0.35%
Madera (pona, tornillo, etc)	101	0.36%
Láminas asfálticas, vínlicos, similares	30	0.11%
Otro material	127	0.46%
<b>TOTAL</b>	<b>27,795</b>	<b>100</b>

Fuente: INEI.

**Grafico 07**  
**Material predominante en pisos**



Fuente: INEI.

- **ACCESO A SERVICIOS BÁSICOS**

El año 2007, el 43.5% de la población de Tumbes tenía al menos una necesidad básica insatisfecha. Como se puede ver en el siguiente cuadro y según los resultados de la Encuesta Nacional de Hogares, los años siguientes este indicador disminuyó llegando al año 2012 con el 34% de población con una necesidad básica insatisfecha.

**Cuadro 08**  
**Población con alguna necesidad básica insatisfecha 2007-2012**

Departamento	2007	2008	2009	2010	2011	2012			
						Estima- ción	Intervalo de confianza al 95%		CV (%)
							Inferior	Superior	
<b>Total</b>	<b>30.3</b>	<b>28.9</b>	<b>26.8</b>	<b>23.9</b>	<b>23.3</b>	<b>21.6</b>	<b>20.7</b>	<b>22.5</b>	<b>2.2</b>
Amazonas	48.3	47.5	47.3	47.6	40.7	37.5	31.5	43.8	8.4
Áncash	33.3	27.6	24.6	21.6	19.2	19.9	16.5	24.0	9.6
Apurímac	37.1	28.7	31.5	24.8	25.1	24.6	19.8	30.1	10.7
Arequipa	22.9	19.3	20.0	18.1	18.4	14.5	11.5	18.2	11.7
Ayacucho	45.4	39.7	33.0	29.0	31.1	31.7	26.2	37.8	9.3
Cajamarca	45.1	37.4	37.5	31.2	30.7	29.4	25.1	34.1	7.8
Cusco	40.9	38.0	29.9	28.5	24.4	22.8	18.5	27.7	10.2
Huancavelica	60.1	50.5	44.6	42.3	34.7	33.2	28.6	38.1	7.3
Huánuco	46.1	35.5	31.2	27.8	28.9	27.8	23.5	32.6	8.4
Ica	22.5	31.3	22.1	19.4	18.1	14.2	11.8	16.9	9.1
Junín	37.9	36.8	34.2	28.4	29.1	26.3	22.0	31.1	8.8
La Libertad	23.6	23.7	20.3	19.1	14.3	16.8	13.4	20.9	11.3
Lambayeque	22.5	19.9	18.8	19.0	22.1	19.3	14.7	24.8	13.3
Lima y Callao	13.8	14.6	14.4	11.2	12.6	10.5	9.0	12.2	7.8
Loreto	68.0	67.1	67.7	64.5	63.3	60.3	54.6	65.8	4.8
Madre de Dios	37.2	38.5	34.5	32.0	32.3	29.4	24.0	35.4	10.0
Moquegua	24.4	19.1	16.1	16.7	13.6	14.0	10.5	18.4	14.3
Pasco	61.1	60.0	53.6	50.1	47.7	48.4	41.9	55.0	6.9
Piura	36.5	37.2	34.6	31.3	30.5	28.8	24.3	33.8	8.4
Puno	38.4	36.9	32.8	30.4	28.4	27.7	22.5	33.5	10.2
San Martín	49.6	49.3	45.7	43.9	43.0	40.0	34.6	45.6	7.1
Tacna	17.8	15.3	14.5	14.5	12.0	12.6	9.4	16.6	14.5
<b>Tumbes</b>	<b>43.5</b>	<b>41.3</b>	<b>33.2</b>	<b>32.6</b>	<b>31.6</b>	<b>29.6</b>	<b>25.5</b>	<b>34.0</b>	<b>7.3</b>
Ucayali	66.6	68.5	66.9	69.0	54.8	50.0	45.3	54.8	4.8

Fuente: INEI. ENAHO

• **TIPO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA**

En el área urbana se concentra el 99% de las viviendas que cuentan con agua potable en su vivienda y el 1% de las viviendas restantes se encuentra en zona rural.

El 36.34% de las viviendas ubicadas en área rural cuentan con red pública dentro de la vivienda (agua potable), el 9.51% de las viviendas se abastece de río o acequia y el 16.34% utiliza agua potable de un vecino.

**Cuadro 09**

**Tipo de abastecimiento de agua en la vivienda según área urbana o rural**

Tipo de abastecimiento de agua	Área Urbana	%	Área Rural	%	Total
Red pública dentro de la vivienda (agua potable)	19,202	70.12%	149	36.34%	19,351
Red pública fuera de la vivienda pero dentro de la edificación (agua potable)	1,949	7.12%	33	8.05%	1,982
Pilón de uso público (agua potable)	935	3.41%	40	9.76%	975
Camión-cisterna u otro similar	299	1.09%	46	11.22%	345
Pozo	135	0.49%	8	1.95%	143
Río, acequia, manantial o similar	392	1.43%	39	9.51%	431
Vecino	3,795	13.86%	67	16.34%	3,862
Otro	678	2.48%	28	6.83%	706
<b>TOTAL</b>	<b>27,385</b>	<b>100</b>	<b>410</b>	<b>100</b>	<b>27,795</b>

Fuente: INEI.

• **ABASTECIMIENTO DE SERVICIO HIGIÉNICO**

En el área urbana, el 58.69% de las viviendas cuenta con red pública de desagüe dentro de la vivienda, en segundo lugar se encuentran las viviendas que cuentan con ningún servicio higiénico con el 14.96% y con pozo ciego o letrina en tercer lugar que representan el 14.27%.

En el área rural, prevalecen las viviendas que cuentan con pozo ciego o letrina y representan el 36.34%, el 10.98% cuentan con red pública de desagüe dentro de la vivienda y las viviendas que cuenta con pozo séptico representan el 7.07%. Otro grupo importante de las viviendas en el área rural no cuenta con servicio higiénico en la vivienda.

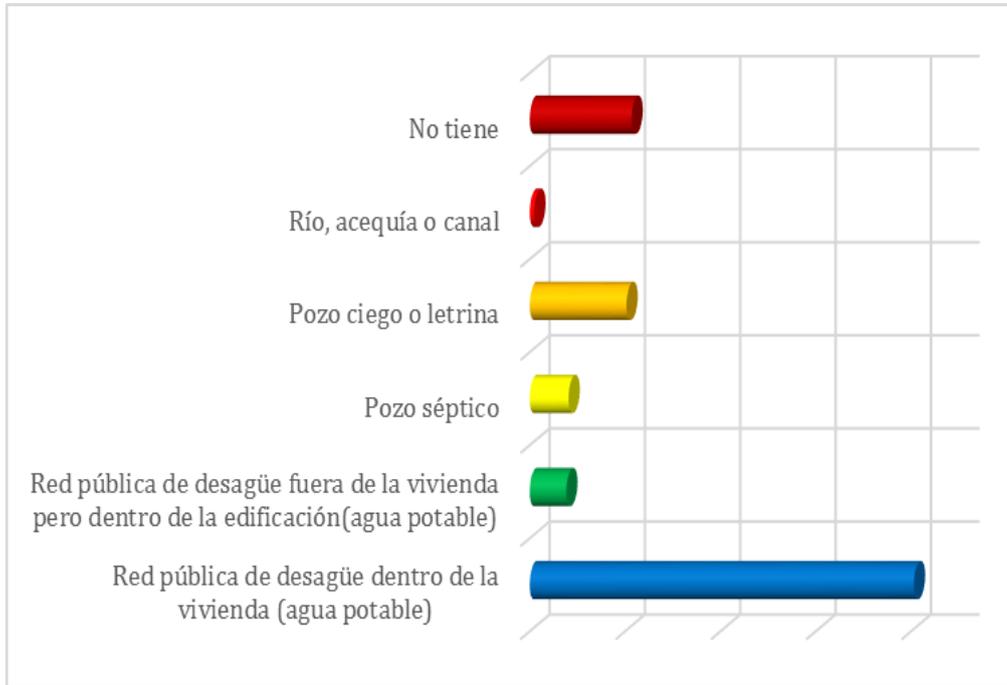
**Cuadro 10**

**Viviendas con abastecimiento de servicio higiénico según área urbana o rural**

Servicio higiénico conectado a	Área Urbana	%	Área Rural	%	Total
Red pública de desagüe dentro de la vivienda (agua potable)	16,072	58.69%	45	10.98%	16,117
Red pública de desagüe fuera de la vivienda pero dentro de la edificación (agua potable)	1,520	5.55%	12	2.93%	1,532
Pozo séptico	1,599	5.84%	29	7.07%	1,628
Pozo ciego o letrina	3,909	14.27%	149	36.34%	4,058
Río, acequia o canal	188	0.69%	3	0.73%	191
No tiene	4,097	14.96%	172	41.95%	4,269
<b>TOTAL</b>	<b>27,385</b>	<b>100</b>	<b>410</b>	<b>100</b>	<b>27,795</b>

Fuente: INEI.

**Grafico 07**  
**Servicio higiénico predominante**



Fuente: INEI.

• **INDICADORES DE SALUD**

En el área del proyecto existe una población total de 116,108 habitantes que cuentan con algún tipo de seguro de salud, de los cuales el 51.28% son hombres y el 48.72% son mujeres.

**Cuadro 11**  
**Población total que cuenta con seguro de salud según género**

CONCEPTO	CASOS	%
Hombres	59,538	51.28%
Mujeres	56,570	48.72%
<b>Total</b>	<b>116,108</b>	<b>100</b>

Fuente: INEI.

Por otro lado, el 22.58% de la población está cubierta por un seguro de salud SIS, siendo este un sistema de aseguramiento público subsidiado que tiene como meta el aseguramiento universal. El 19.44% de la población utiliza como seguro de salud a ESSALUD y el 6.44% está afiliado a otro tipo de seguro de salud. Un dato importante de resaltar es que el 51.54% de la población distrital no se encuentra afiliado a ningún tipo de seguro de salud.

**Cuadro 12**  
**Población total según afiliación a algún tipo de seguro de salud**

CONCEPTO		CASOS	%
Afiliado a algún tipo de seguro	SIS (Seguro de salud)	26,222	22.58%
	ESSALUD	22,572	19.44%
	Otro seguro de salud	7,474	6.44%
	Ninguno	59,840	51.54%
<b>TOTAL</b>		<b>116,108</b>	<b>100</b>

Fuente: INEI.

## CAPITULO 3: GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

### 3.1 GENERALIDADES

El presente informe describe las características geológicas de los materiales a lo largo del río Tumbes. Esta caracterización geológica sirve como base para determinar los parámetros geotécnicos ejecutados en el área de estudio, orientados a proporcionar la información geológica e Ingeniería Geológica requerida para elaborar el Estudio “Tratamiento de Cauce del Río Tumbes para el Control de Inundaciones”.

En tal sentido, se realizaron las siguientes etapas y/o actividades:

- Revisión de la Información Técnica existente.
- Descripción de la Geología Regional (Geomorfología, Litología, Procesos geológicos y Sismicidad).
- Descripción e Interpretación de las Investigaciones Geotécnicas ejecutadas.
- Determinación de Áreas Probables para canteras.

La base ingeniero geológica desarrollada en el presente informe, es consecuencia del proceso de revisión y adecuación de la información técnica existente (Geología regional y/o local, Zonas Críticas por peligros geológicos y/o geohidrológicos); así como de la interpretación de las Investigaciones Geotécnicas y evaluación preliminar de canteras de enrocados ejecutadas en el ámbito del estudio.

Se acompaña al presente informe con cuadros, tablas y planos (geológicos, sísmicos, de peligros, entre otros).

### 3.2 REVISIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA EXISTENTE

La zona ha sido objeto de estudios geológicos anteriores, en tal sentido se procedió a la revisión y evaluación de la información geológica existente, a continuación se hará una breve descripción de cada estudio revisado:

- Boletín N° 54 Serie A “Geología de los Cuadrángulos de Paita, Tumbes, Talara, Sullana, Lobitos, Quebrada Seca, Zorritos, Tumbes y Zarumilla”, 1994. Palacios O. / INGEMMET.
- Boletín N° 9 Serie C “Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Tumbes”, 1994. Dávila S. / INGEMMET.
- Boletín N° 32 Serie C “Estudio Geoambiental de la Cuenca del Río Puyango Tumbes”, 2006. Núñez S. / INGEMMET.
- “Mapa de Peligros de la Ciudad de Tumbes”, Junio 2009 / OEA - INDECI.

### 3.3 GEOLOGÍA REGIONAL

La Cuenca del río Tumbes se localiza en los Cuadrángulos geológicos de Zorritos y Tumbes en el sector predominan rocas de naturaleza sedimentaria, identificándose 06 unidades geomorfológicas y 07 unidades litoestratigráficas.

A continuación, se procederá a describir las principales características geológicas del área del Proyecto, incidiendo en la delimitación de las diferentes unidades de rocas y suelos, grado de meteorización de las rocas, evolución del relieve, procesos físico geológicos, estructuras geológicas, peligros geológicos y sismicidad.

### 3.3.1 Unidades geomorfológicas

La cuenca del río Tumbes se encuentra en la vertiente pacífica, comprende sectores de la costa del departamento de Tumbes. En el área de estudio se han distinguido seis unidades geomorfológicas, que se describen a continuación:

#### ***Faja Litoral***

Delta (D) En esta zona se realiza una acentuada depositación de sedimentos, que origina un cambio morfológico constante y una incorporación de nuevos territorios al continente, además de ocasionar erosión en otros lugares. Se encuentra localizada desde la desembocadura hasta cerca de la ciudad de Tumbes, y está conformada principalmente por arenas, limo arcillas y ocasionalmente gravas donde se desarrollan los manglares con una flora y fauna típica. La actividad geodinámica es muy importante, hay mucha variación del cauce del río y de los esteros, al igual que la desembocadura del río, presentando como principales peligros la inundación y erosión fluvial.

#### ***Planicie Costera***

Pampa (P) De relieve plano con pendiente suave < a 5°. Corresponde a una zona estrecha limitada entre lomadas y el delta. Esta unidad está conformada por depósitos de arenas, limos arcillas y ocasionalmente gravas. Cuando ocurre el Fenómeno El Niño con fuertes lluvias, se intensifican los problemas de inundaciones en estos terrenos, que son fácilmente saturados de agua y las quebradas que disectan a esta unidad generan flujos de lodo.

#### ***Lomadas***

Lomada (LO) Conjunto plano ondulado, con alturas inferiores a los 100 metros, presenta laderas de pendientes suaves menores a 20°. Comprende altitudes entre 20 y 250 metros. Se ubica entre la ciudad de Tumbes y Pampas de Hospital. Esta unidad está conformada por rocas sedimentarias limolíticas, areniscas y conglomerados poco consolidados. Los procesos geodinámicos que ocurren son: deslizamientos y erosión de laderas, este último acentuado más por la intensa deforestación de la zona.

#### ***Colina***

Colina Baja (CO-B) Distribuida en la parte media de la cuenca y se encuentra conformada por elevaciones entre 150 y 400 m.s.n.m., se caracteriza por tener pendientes suave a moderadas (20° - 30°). Se ubica entre la zona de Pampas de Hospital y el hito Cazaderos – Tumbes. Los afloramientos rocosos en esta unidad son de origen metamórfico e intrusivo y escasamente areniscas. Se presentan Deslizamientos, erosión de laderas y fluviales; algunas caídas de rocas.

#### ***Valle***

Quebradas (Q) De pendientes bajas (menor a 5°), conformadas principalmente por arenas, gravas, limos y ocasionalmente bloques y bolones. Se caracterizan por permanecer secas la mayor parte del año, activándose en tiempos de lluvias excepcionales. Es muy común que en la parte alta de éstas se presenten derrumbes, deslizamientos, erosión de laderas y flujos de lodo o huaycos (producidos en tiempo de lluvias excepcionales). Las más representativas son: Angostura, Rica Playa, Cazaderos y Bellavista-Cabeza de Toro.

Valle Inundable (VI) Comprende la zona inundable de la parte baja de la cuenca del río Tumbes, comprendida desde la zona de la desembocadura del río Tumbes hasta la altura de Higuierón, se encuentran aledaños al cauce del río formando pequeñas terrazas de baja pendiente. Se encuentran constituidos por depósitos aluviales, constituidos por arenas, gravas, limos y arcillas ocasionalmente bolones. Esta zona es muy susceptible a inundaciones principalmente cuando se presentan lluvias excepcionales.

Valle Cañón (VC) Presenta laderas pendientes mayores de 60°, labrado en roca dura, sobreimpuesto a rocas intrusivas y metamórficas paleozoicas, con alturas de 100 metros. Se encuentran en zonas denominadas Cañón del río Tumbes y Linda Chara. La erosión de riberas, inundaciones y derrumbes han sido registrados en esta zona.

### **Terrazas**

Terrazas Bajas (TB) Se encuentran distribuidas en ambos márgenes del río Tumbes, en algunos lugares desaparecen por la erosión del río Tumbes. Esta unidad se caracteriza por ser plana con una altura entre los 5 a 10 m, de ancho variable, llegando a medir hasta 400 m, en ciertos lugares se estrecha, dependiendo muchas veces de la dinámica del río. Los peligros que afectan a la subunidad corresponden a Erosión de riberas, inundaciones y en sectores derrumbes.

Terrazas Altas (TA) Corresponden a terrazas antiguas formadas por el río, presentan alturas entre 10 y 15 m. Constituidas principalmente por depósitos aluviales (arenas, limos y esporádicamente gravas), muy difíciles de ser erosionadas por el río, por estar muy alejadas de él. Las inundaciones de origen pluvial son el principal peligro en esta unidad.

Ver **Mapa N° 01** Unidades Geomorfológicas Ámbito del estudio. (Anexo Mecánica de Suelos)

### **3.3.2 Litología y Estratigrafía**

A nivel regional y basado en la información geológica existente, en el ámbito de estudio se han reconocido unidades litoestratigráficas cuyas edades se encuentran comprendidas desde el Paleoceno al Cuaternario reciente.

En el sector predominan los depósitos superficiales, rocas sedimentarias del tipo areniscas y lutitas; hacia el Sur de la Cuenca es posible observar afloramientos de rocas intrusivas y metamórficas. Los materiales de cobertura corresponden a depósitos aluviales y, en menor proporción depósitos marinos.

En el **Mapa N° 02** Geología Regional (Anexo Mecánica de Suelos), se muestran las unidades litoestratigráficas presentes en el área de estudio, a continuación se hace una breve descripción de cada una de ellas:

#### **Formación Salinas**

Secuencia típica consiste de bancos de areniscas de grano fino, color verde a marrón grisáceo; son también micáceas, se intercalan con areniscas de grano grueso, en partes se presentan algunos conglomerados de color púrpura oscuro. Se le asigna una edad comprendida entre el Paleoceno – Eoceno.

#### **Formación Heath**

Secuencia que consiste en la base de lutitas gris verdosas, con nódulos calcáreos; se intercalan con bancos coquiníferos de 30 cm. de espesor, siguen areniscas cuarzosas

de grano grueso, matriz arcillosa con intercalaciones de lutitas verdes que intemperizan a ocre. En la parte superior se observan niveles de lutitas arcillosos de color marrón oscuro, algo rojizo y que presentan mucho yeso acicular y microlaminar. A esta formación se le asigna una edad del Oligoceno superior al Mioceno inferior.

### **Formación Zorritos**

Esta formación ha sido dividida en tres miembros: Inferior, medio y superior. El inferior consiste en lutitas marrón grisáceas, carbonosas, con intercalaciones de lutitas grises a verdosas. El miembro medio está constituido por horizontes de areniscas, de grano fino y en partes conglomerados finos interestratificados con lutitas grises a verdes olivo. El miembro superior presenta areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, con lutitas bentoníticas de color verde claro. Se le asigna una edad del Mioceno inferior.

### **Formación Cardalitos**

Esta unidad presenta en la base arenas en capas de 0.25 a 1m. de espesor, intercaladas con arcillas arenosas e intercalaciones de conglomerados. En la parte media presenta arcillas plumizas oscuras y claras, con intercalaciones de arenas sueltas en capas delgadas, hacia arriba las arcillas plomas se tornan yesíferas, observándose núcleos y lentes calcáreos que generalmente no son más de un metro de espesor. La parte superior está formada por arcillas son bancos de arena. Esta unidad tiene una edad del Mioceno.

### **Formación Tumbes**

La litología de esta formación comprende areniscas de grano grueso a fino, cuarzosas, intercaladas con capas delgadas de lutitas bentoníticas, de color verde hasta amarilla y rojizas por alteración. En superficie, se tiene una secuencia de conglomerados, arenisca de grano grueso e intercalaciones de lutitas y toba en el río Tumbes. Se le asigna una edad del Mioceno superior.

### **Depósitos Cuaternarios**

Tienen amplia distribución en el área de estudio, se han reconocido acumulaciones de materiales que por su naturaleza y origen se considera como depósitos fluviales, aluviales y marinos. Depósitos conformados por materiales heterogéneos, mayormente derivados litológicamente de rocas sedimentarias, variando en los tamaños de arcillas, limos, arena gruesa, gravilla, grava y eventualmente cantos rodados y bloques grandes, cuyas dimensiones reflejan la capacidad de transporte y erosión sufrida.

**Depósitos Fluviales** Suelos de textura granular gruesa a fina que gradan entre arenas gravosas a gravas arenosas, se localizan a lo largo del río Tumbes y quebradas principales; en donde forman extensas acumulaciones de suelos granulares: Arenas gravosas y gravas arenosas, en el caso del río Tumbes y en concordancia con la evolución alcanzada se nota la presencia de intercalaciones de arenas con limos.

**Depósitos Aluviales** Depósitos que ocupan la zona de inundación y conforman las terrazas en ambos márgenes del río Tumbes; están formados básicamente por mezclas de arenas, limos y arcillas, eventualmente gravas, con estratificación algo definida y horizontes lenticulares.

La terrazas mayormente gradan entre suelos areno arcillosos y arcillo arenosos, con inclusiones de gravas. Las zonas más representativas de estos depósitos, se observan a continuación del Túnel La Peña.

**Depósitos Marinos** Están constituidos por las acumulaciones de cantos, arenas y limos del borde litoral, así como de las fajas playeras inundables que conforman lagunas Salinas.

Los depósitos de Playa constituyen fajas angostas de arenas de playas recientes, comprendiendo las zonas de alta marea o limitados con cordones litorales.

Los depósitos lacustres Salinas están conformados por antiguas llanuras de inundación que se encuentran en estado de colmatación con arenas eólicas.

### **Rocas Intrusivas**

Granito Higuérón Cuerpo intrusivo de dimensión regional que aflora en el curso medio del río Tumbes, extendiéndose por la margen derecha de este valle hacia la Qda. Angostura.

En la Qda. Angostura se pone en contacto fallado con la serie metamórfica indivisa; se puede observar claramente que la intruye, teniendo diques de este cuerpo y vetas de cuarzo. Se le asigna una edad de Paleozoico inferior.

### **3.3.3 Geología Estructural**

Las cuencas Talara y Tumbes, se encuentran cubriendo una extensa depresión alargada de rumbo Noreste - Suroeste, paralela al frente andino; comprende parte del continente y de la plataforma marina.

La cuenca de Tumbes, es en realidad una sub cuenca de la de Talara, encontrándose que sus ejes deposicionales muestran una orientación Este - Oeste, diferente a la Cuenca Talara (Orientación Noreste - Suroeste). El rasgo estructural delimitante entre las dos cuencas es la Falla Colorados.

En el área del proyecto, la tendencia estructural de la Cordillera Andina es Noreste, con variaciones Este Noreste en el segmento denominado la Deflexión de Huancabamba, en donde las unidades principales de rocas afloran en bandas, las cuales siguen tendencias similares. De la misma manera, algunas fallas de importancia tienen rumbos aproximadamente Este - Noreste a Este-Oeste. La foliación en las rocas paleozoicas parece tener la orientación preferencial que se aproxima a la misma tendencia estructural.

Estructuralmente, se distinguen dos provincias estructurales con características diferentes: (1) Mancora - Bocapán con desarrollo de fallamientos en bloques de rumbo Suroeste a Noreste y con importante desplazamiento horizontal y la de (2) Tumbes - Zarumilla caracterizada mayormente por un fallamiento normal que originó los anticlinales de desplazamiento (Roll - Over).

Si bien la zona de estudio presenta evidencias directas sobre la presencia de estructuras geológicas de importancia: Fallas en Horst y Graven; estas no se encuentran activas por lo que no se considera existan riesgos críticos para la seguridad de las obras.

### **3.3.4 Sismicidad**

De acuerdo al Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la Norma Técnica de Construcciones E-030, 1989), la Cuenca del río Tumbes se ubica en la Zona III (Ver **Mapa Nº 03** “Zonificación Sísmica del Perú” en Anexo.), la cual se caracteriza por una actividad sísmica Alta, se recomienda adoptar en los diseños Sismo-Resistentes, el siguiente parámetro:

$$\text{Factor de Zona} = 0.40 \text{ Factor (g)}$$

El **Mapa Nº 04** (Anexo Mecánica de Suelos), Máximas Intensidades Sísmicas del Perú elaborado por ALVA et al (1994), muestra las intensidades máximas que prevalecen en la Cuenca del río Tumbes del orden de VII (MM).

El entorno sismo tectónico del Perú se caracteriza por la colisión y subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana, el mismo que dio origen a la aparición de la fosa peruana-chilena, a la Cordillera de los Andes, a los principales sistemas de fallas activas y a la ocurrencia continua de un gran número de sismos de diversas magnitudes. Estas características geomorfológicas, geológicas y geofísicas, permiten considerar al Perú como uno de los países de mayor riesgo sísmico en América Latina.

### 3.3.5 Catastro Minero de la Cuenca Baja del río Tumbes (Fuente: INGEMMET)

En base al "Catastro Minero Nacional" realizado y actualizado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico INGEMMET, se ha generado el Mapa del Catastro Minero de la Cuenca del río Tumbes (Ver **Mapa N° 05 Anexo Mecánica de Suelos**), encontrándose en el área de estudio 36 derechos mineros que ocupan 6,300 hectáreas de la cuenca del río Tumbes.

La distribución por extensión de áreas con Derechos Mineros (Catastro al 09/05/2014) se detalla en el siguiente cuadro:

CUADRO G-01 DISTRIBUCIÓN POR EXTENSIÓN DE DERECHOS MINEROS EN LA CUENCA DEL RÍO TUMBES

NÚMERO DE DERECHOS MINEROS OTORGADOS	ESTADO	DISTRITOS	HAS	TIPO DE SUSTANCIA
10	Derecho Minero en Trámite D.L. 708	Corrales, San Jacinto, La Cruz, Pampas de Hospital y San Juan de la Virgen	2500	Metálica / No Metálica
26	Derecho Minero Titulado D.L. 708	Corrales, San Jacinto, La Cruz, Pampas de Hospital, San Juan de la Virgen y Zorritos	3800	No Metálica

*Fuente: Elaboración Propia a partir de base de datos del Catastro Minero de INGEMMET*

Como se observa, las concesiones con Derechos Mineros Titulados ocupan la mayor extensión en la cuenca del río Tumbes, en comparación con los derechos mineros en Trámite. El tipo de sustancia en exploración y/o explotación corresponde a sustancias metálicas (Minerales como: Oro, Cobre, Plata, Zinc, entre otros), y no metálicas (Materiales de construcción). El Cuadro G – 02 detalla los derechos mineros en la cuenca del río Tumbes así como datos de localización, titular, estado, sustancia y hectáreas.

En el departamento de Tumbes se han identificado áreas restringidas a la actividad minera, entre ellas se tiene: El Parque Nacional Cerros de Amotape, La Reserva Nacional "Tumbes" y el Santuario Nacional "Manglares de Tumbes", también se tienen registrados 98 sitios arqueológicos.

### 3.4 PELIGROS GEOLÓGICOS REGISTRADOS (Fuente: INGEMMET)

En el área de estudio, se han registrado un total de 96 ocurrencias de peligros que corresponden a: inundación fluvial, flujos (de lodo, de detritos y huaycos), erosión fluvial y erosión de laderas. Ver **Mapa N° 06 (Anexo Mecánica de Suelos)**.

Para la identificación de los peligros se realizó una recopilación usando la base georeferenciada de los peligros geológicos registrados por el INGEMMET, el siguiente cuadro muestra los 96 peligros identificados:

**CUADRO G - 03 PELIGROS GEOLÓGICOS CUENCA DEL RÍO TUMBES**

NUMERO	CODIGO	NORTE	ESTE	DIST RIT O	PARAJE	TIPO PELIGRO	PELIGRO
1	11121	9586108	562316	Pampas De Hospital	El Prado (a la salida)	Otro Peligro	Erosión de Ladera
2	9800	9587972	560659	San Jacinto	Oidor	Caida	Caida de Roca
3	17509	9580000	566500	San Jacinto	Rica Playa	Caida	Caida de Roca
4	15011	9597388	560805	San Jacinto	San Jacinto	Caida	Derumbe
5	21248	9581922	557490	San Jacinto	Quebrada La Capitana	Deslizamiento	Deslizamiento
6	13707	9581928	557201	San Jacinto	La Capitana	Deslizamiento	Deslizamiento
7	26370	9586958	562300	Pampas De Hospital	La Arena	Otro Peligro	Erosión Fluvial - Inundación
8	22537	9584694	561941	Pampas De Hospital	El Prado	Flujo	Flujo de Detrito
9	11119	9587732	562137	Pampas De Hospital	Sector El Limón	Flujo	Flujo de Lodo
10	11120	9586668	562661	Pampas De Hospital	El Prado (antes de llegar)	Flujo	Flujo de Lodo
11	2159	9591020	568999	San Jacinto	Vaqueria	Otro Peligro	Erosión de Ladera
12	5867	9582858	568105	San Jacinto	Cerro Huaco	Otro Peligro	Erosión de Ladera
13	13702	9590082	560530	San Jacinto	Vaqueria	Otro Peligro	Erosión de Ladera
14	2153	9602126	560836	Tumbes	Puerto El Cura	Caida	Derumbe
15	13698	9603132	560955	Tumbes	Pedro El Viejo	Caida	Derumbe
16	17499	9598540	562729	San Juan De La Virgen	Tacural	Mov. Complejo	Derumbe - Flujo
17	21260	9584844	560215	San Jacinto	Caretas	Otro Peligro	Erosión de Ladera
18	25054	9586672	560538	San Jacinto	Casa Blanqueada - Barrio Chorillos	Otro Peligro	Erosión de Ladera
19	2161	9593444	562773	Pampas De Hospital	Santa Maria	Otro Peligro	Erosión de Ladera
20	22536	9588950	561850	San Jacinto	Río Tumbes	Otro Peligro	Erosión Fluvial
21	17507	9585086	560920	San Jacinto	Caretas	Otro Peligro	Erosión Fluvial
22	25062	9554602	559423	San Jacinto	Quebrada Higueón	Otro Peligro	Erosión Fluvial

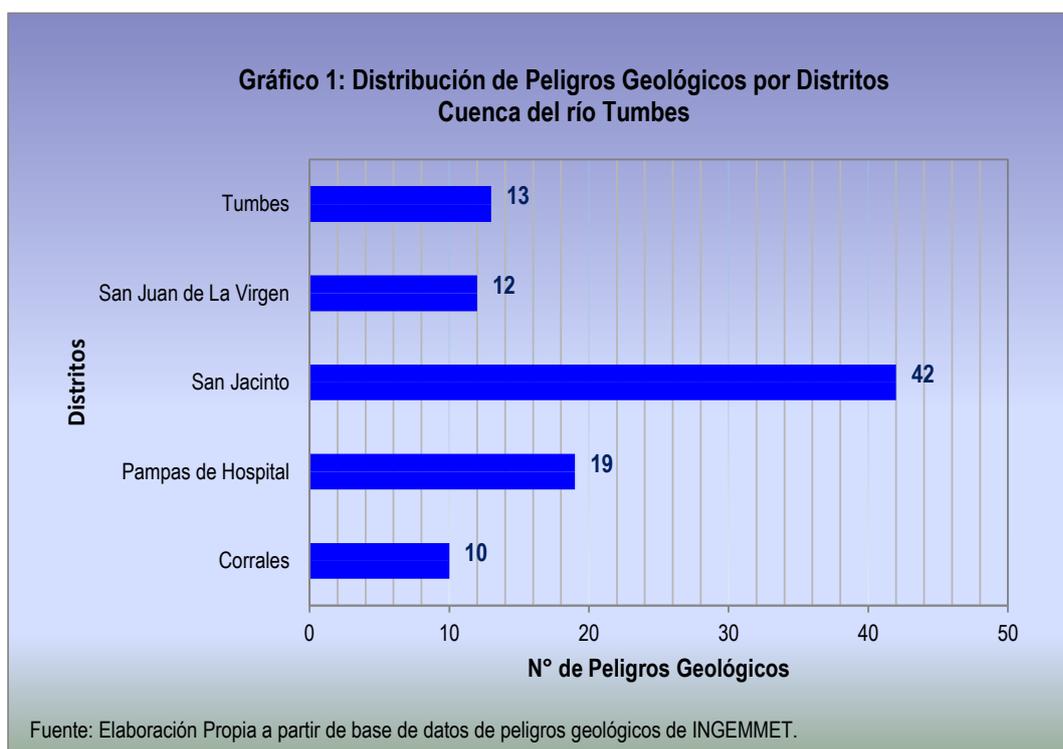
**“Tratamiento de Cauce del Río Tumbes para el Control de Inundación y Erosión Fluvial”**

23	15013	9588932	560478	San Jacinto	Cabuyal	Flujo	Flujo de Detrito
24	30059	9587452	560582	San Jacinto	Casa Blanqueada	Flujo	Flujo de Detrito
25	25043	9598538	563083	San Juan De La Virgen	Tacural	Otro Peligro	Erosión de Ladera
26	25045	9598602	564854	San Juan De La Virgen	Tacural	Otro Peligro	Erosión de Ladera
27	5857	9602510	559503	Corrales	La Noria	Otro Peligro	Erosión Fluvial
28	9797	9600150	561483	Corrales	Ramal La Capilla	Otro Peligro	Erosión Fluvial
29	21251	9605784	559127	Corrales	Teran (La Florida)	Otro Peligro	Erosión Fluvial
30	9802	9590714	561964	Pampas De Hospital	Polvadera	Otro Peligro	Erosión Fluvial
31	17508	9587634	562048	Pampas De Hospital	El Limón	Otro Peligro	Erosión Fluvial
32	21264	9594056	560631	Pampas De Hospital	El Prado Bajo	Otro Peligro	Erosión Fluvial
33	11118	9592134	560609	San Jacinto	Cruce de la carretera Tumbes-Amotape	Flujo	Flujo de Lodo
34	15012	9591706	560874	San Jacinto	Seabr Francos	Flujo	Flujo de Lodo
35	21261	9598722	562620	San Juan De La Virgen	San Juan de la Virgen	Otro Peligro	Erosión Fluvial
36	25044	9601024	562387	San Juan De La Virgen	Garbanzal	Otro Peligro	Erosión Fluvial
37	2154	9601732	561455	Tumbes	Puerto El Cura	Otro Peligro	Erosión Fluvial
38	9790	9607904	559407	Tumbes	Pacaso	Otro Peligro	Erosión Fluvial
39	9794	9604846	560330	Tumbes	Malecon / Puente viejo	Otro Peligro	Erosión Fluvial
40	25055	9608930	559791	Tumbes	Huaquilla	Otro Peligro	Erosión Fluvial
41	28817	9608206	559359	Tumbes	Huaquilla	Otro Peligro	Erosión Fluvial
42	5860	9601584	557651	Corrales	San Pedro De Los Incas / Qda. Colorado	Flujo	Flujo de Lodo
43	2156	9594354	564514	Pampas De Hospital	Cruz Blanca	Flujo	Flujo de Lodo
44	2160	9593936	563862	Pampas De Hospital	Cabeza de Lagarto	Flujo	Flujo de Lodo
45	5863	9592952	562535	Pampas De Hospital	Km 14+000 carretera Pampas de Hospital - Tumbes. ( Quebrada, Ceibal )	Flujo	Flujo de Lodo
46	2148	9593970	561005	San Jacinto	La Peña	Flujo	Flujo de Lodo
47	9801	9584222	559872	San Jacinto	Quebrada Hualaca / Higueron	Flujo	Flujo de Lodo
48	13703	9585682	560365	San Jacinto	Quebrada Carretas	Flujo	Flujo de Lodo
49	13704	9581970	557558	San Jacinto	La Capitana (Quebrada la Capitana)	Flujo	Flujo de Lodo
50	21257	9598868	561094	San Jacinto	Quebrada La Jardinera	Flujo	Flujo de Lodo
51	28815	9593184	560534	San Jacinto	Quebrada El Tigre	Flujo	Flujo de Lodo
52	28825	9552610	557969	San Jacinto	Quebrada Almendra	Flujo	Flujo de Lodo
53	9793	9601524	562706	San Juan De La Virgen	Garbanzal	Flujo	Flujo de Lodo
54	21252	9597550	563945	San Juan De La Virgen	Tacural	Flujo	Flujo de Lodo
55	21253	9599112	562942	San Juan De La Virgen	Quebrada San Juan	Flujo	Flujo de Lodo
56	21254	9600828	562991	San Juan De La Virgen	Garbanzal	Flujo	Flujo de Lodo
57	9784	9584042	560631	Pampas De Hospital	El Prado Bajo	Flujo	Huayco
58	5862	9594720	561127	San Jacinto	Ramal de la Quebrada La Peña	Flujo	Huayco
59	9783	9583382	558187	San Jacinto	Quebrada Higueron	Flujo	Huayco

**“Tratamiento de Cauce del Río Tumbes para el Control de Inundación y Erosión Fluvial”**

60	13700	9595882	560575	San Jacinto	Quebrada Plateros	Flujo	Huayco
61	13716	9552848	558807	San Jacinto	Quebrada Cazaderos	Flujo	Huayco
62	17500	9590602	560776	San Jacinto	Vaguera	Flujo	Huayco
63	25061	9579308	555026	San Jacinto	Quebrada Rica Playa	Flujo	Huayco
64	25048	9584646	560036	San Jacinto	Higueron	Flujo	Huayco
65	25053	9588320	559839	San Jacinto	Quebrada Oidor (Oidor)	Flujo	Huayco
66	28809	9554628	559395	San Jacinto	Quebrada Higueron	Flujo	Huayco
67	9791	9609796	555571	Corrales	Paracas	Otro Peligro	Inundación Fluvial
68	9798	9604052	559664	Corrales	Pueblo Nuevo	Otro Peligro	Inundación Fluvial
69	13699	9602450	559179	Corrales	La Noria	Otro Peligro	Inundación Fluvial
70	25040	9607918	558269	Corrales	La Florida	Otro Peligro	Inundación Fluvial
71	25041	9611532	557365	Corrales	Pampa Las Salinas	Otro Peligro	Inundación Fluvial
72	28814	9599064	562207	Corrales	Taural	Otro Peligro	Inundación Fluvial
73	9803	9590346	561967	Pampas De Hospital	Inverna	Otro Peligro	Inundación Fluvial
74	17506	9591908	561096	Pampas De Hospital	Pampas	Otro Peligro	Inundación Fluvial
75	25050	9589792	561400	Pampas De Hospital	Rincon del Cisne	Otro Peligro	Inundación Fluvial
76	25052	9585970	562181	Pampas De Hospital	La Arena	Otro Peligro	Inundación Fluvial
77	2158	9596778	562096	San Jacinto	Plateros	Otro Peligro	Inundación Fluvial
78	9799	9589482	560888	San Jacinto	Rincon del Cisne	Otro Peligro	Inundación Fluvial
79	9804	9579394	555770	San Jacinto	Rica Playa	Otro Peligro	Inundación Fluvial
80	13701	9592356	560742	San Jacinto	Francos	Otro Peligro	Inundación Fluvial
81	21259	9590496	561479	San Jacinto	Vaguera	Otro Peligro	Inundación Fluvial
82	25047	9587592	561388	San Jacinto	Río Tumbes (Oidor)	Otro Peligro	Inundación Fluvial
83	28816	9584900	560750	San Jacinto	Caretas	Otro Peligro	Inundación Fluvial
84	21262	9596318	562970	San Juan De La Virgen	Cerro Blanco	Otro Peligro	Inundación Fluvial
85	25049	9597584	562493	San Juan De La Virgen	Taural	Otro Peligro	Inundación Fluvial
86	2162	9610866	560185	Tumbes	Estero Río Chico	Otro Peligro	Inundación Fluvial
87	5856	9605298	559868	Tumbes	Puente Tumbes	Otro Peligro	Inundación Fluvial
88	9795	9604160	560369	Tumbes	Pampa Grande	Otro Peligro	Inundación Fluvial
89	13705	9611226	563936	Tumbes	Puerto La Ramada / Estero El Muerto	Otro Peligro	Inundación Fluvial
90	28810	9609332	566768	Tumbes	Las Paredes	Otro Peligro	Inundación Fluvial
91	28811	9601984	560793	Tumbes	Puerto El Cura	Otro Peligro	Inundación Fluvial
92	5865	9585694	562451	Pampas De Hospital	La Arena	Mov. Complejo	Mov. Complejo
93	21265	9583850	560800	Pampas De Hospital	Cerro de Torres	Mov. Complejo	Mov. Complejo
94	13708	9584796	561055	San Jacinto	Higueron	Mov. Complejo	Mov. Complejo
95	28818	9581374	566280	San Jacinto	Cerro Huaco	Mov. Complejo	Mov. Complejo
96	5858	9600448	562560	San Juan De La Virgen	Garbanzal	Mov. Complejo	Mov. Complejo

Fuente: Elaboración Propia a partir de base de datos de Peligros Geológicos de INGEMMET



Los principales peligros identificados en la parte baja de la cuenca corresponden a inundaciones y flujos; mientras que en la cuenca media y alta se observan deslizamientos y derrumbes.

El siguiente cuadro muestra la distribución de los peligros geológicos (según su tipo) que han tenido lugar en el área de estudio:

**Cuadro G 04 Distribución de peligros geológicos según su tipo**

Tipo de Peligro	Nº de Ocurrencias
Flujos	32
Inundación Fluvial	25
Erosión Fluvial	17
Erosión de Ladera	9
Movimiento Complejo	5
Derrumbes	4
Caidas de Roca	2
Deslizamiento	2
<b>Total</b>	<b>96</b>

Fuente: Elaboración Propia a partir de base de datos de Peligros Geológicos de INGEMMET

Para una mayor comprensión se hace una breve definición de cada tipo de peligro registrado en el área de estudio describiendo sus causas, consecuencias y los sectores donde han tenido lugar:

### **Deslizamientos**

Corresponden a desplazamientos de masas de suelo, roca o ambos, a causa de la pérdida de estabilidad por saturación de agua, presencia de materiales arcillosos pendientes fuertes y acción antrópica. Estos peligros se han registrado en la Quebrada La Capitana en el distrito de San Jacinto.

### **Derrumbes**

Estos fenómenos se presentan en laderas con pendientes de talud moderada o fuerte, conformadas por materiales inestables no consolidados o en zonas rocosas.

En el área de estudio se han registrado un número considerable de estos movimientos en masa, teniendo lugar en los sectores San Jacinto, Puerto el Cura, Pedro El Viejo y Tacural.

### **Flujos**

Peligros geológicos con mayor número de ocurrencias han afectado principalmente al distrito de San Jacinto. Los flujos registrados en la zona de estudio corresponden a: Huaycos, Flujos de Lodos y Flujos de detritos, se hace una breve descripción de cada uno de ellos:

*Huaycos* referidos a descensos de masas de lodo, barro y fragmentos rocosos producto de la saturación de materiales sueltos en superficies inclinadas.

*Flujos de lodo* corresponden a flujo canalizado muy rápido de detritos saturados plásticos cuyo contenido de agua es mayor al del material fuente (Hungry et al., 2001).

*Flujos de Detritos* Son flujos muy rápidos de detritos saturados, no plásticos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un cauce con pendiente pronunciada (Hungry., 2005).

Estos fenómenos han tenido lugar en los distritos: de Pampas de Hospital, San Jacinto, Corrales y San Juan de La Virgen.

### **Erosión de Laderas**

La erosión de laderas está referida a la destrucción de los materiales que constituyen las laderas, implica el fracturamiento, fisuramiento, alteración física y/o química hasta el momento de arranque de los materiales, sin considerar transporte. Los agentes erosivos son el agua, el viento, la acción del sol, la humedad, etc.

Los sectores afectados por erosión de laderas son: El Prado, Vaquería, Cerro Huaco, Carretas, Casa Blanqueada, Santa María y Tacural.

### **Movimientos Complejos**

Los movimientos complejos corresponden a: deslizamiento-flujo o derrumbe-flujo, en la cuenca se registran hasta el orden de las decenas de metros, en algunos sectores han represado quebradas.

Asimismo se han considerado las cárcavas-flujos muy comunes en la parte baja y media de la cuenca, las cuales acarrean mucho material y tienden a ensancharse fácilmente por la ausencia de vegetación.

Movimientos Complejos han tenido lugar en los sectores de: Tacural, la Arena, Cerro de Torres, Higuera, Cerro Huaco y Garbanzal.

### **Caída de Rocas**

Estos peligros tienen lugar en zonas con pendientes moderadas o fuertes, constituidas por materiales inestables no consolidados o zonas rocosas. Caracterizado por la caída de bloques en forma individual.

Las caídas de rocas han sido registradas en los sectores de Oidor y Rica Playa en los distritos de San Jacinto.

### **Inundación Fluvial**

La inundación fluvial es uno de los principales fenómenos de geodinámica externa que afectan a la Cuenca baja del río Tumbes, tienen como causa directa las crecientes producidas durante el periodo lluvioso que afectan a tierras bajas aledañas al cauce del río, ensanchando el valle el cual carece de terrazas altas que permitan encauzar sus descargas y evitar el desborde. Su ocurrencia tiene lugar en los distritos de Corrales, Pampas de Hospital, San Jacinto, San Juan de la Virgen y Tumbes.

### **Erosión Fluvial**

Proceso de geodinámica externa cuya ocurrencia tiene como principales causas: el incremento brusco de sus descargas en cada temporada de lluvias y las variaciones de su dinámica fluvial; afectando obras de infraestructura vial y agrícola, campos de cultivo y viviendas que se ubican en las riberas. Tienen lugar en los distritos de Pampas de Hospital, San Jacinto, Corrales, San Juan de La Virgen y Tumbes.

## **3.5 EVALUACION GEOLOGICA**

En las riberas del río Tumbes, se realizó la evaluación geológica de 19 sectores vulnerables a los diferentes procesos geodinámicos, los mismos que requieren se adopten medidas de prevención para evitar que obras de infraestructura vial, centros poblados y áreas de cultivo sean afectados.

Las evaluaciones tuvieron lugar en los sectores de: Bocana Carrillo, Estación de Bombeo Rica Playa, La Capitana, Estación El Tigre, Estación Las Aguchas, El Oidor, Vaquería, Puente Franco, Bocatoma La Peña, Malval Urcos, La Noria, Cerro Blanco, Las brujas, Sector La Palma, El Limón, El Prado Bajo I, El Prado Bajo II, Estación Romero y Sector Huaquillas.

El **Mapa N° 07** (*Anexo Mecánica de Suelos*), muestra la ubicación de los sectores evaluados.

A continuación se describe cada sector detallando su ubicación, morfología, terreno de fundación, riesgo geodinámico y recomendaciones.

### **Bocana Carrillo**

Localización: Distrito San Jacinto (margen izquierda río Tumbes)

Coordenadas: Este (X)= 556,771; Norte (Y)= 9 578,098

*Morfología:* Localizada sobre la subunidad Valle Cañón, presenta pendientes de talud medianas que no superan los 50°.

*Terreno de Fundación:* Constituida por arenas de grano medio y gravas de pequeño diámetro; en los alrededores es posible observar afloramientos rocosos muy alterados, meteorizados y de mala calidad, que podrían corresponder a los paquetes de areniscas de la Formación Salinas (Basamento Rocoso).

**Peligros Geológicos:** En el sector de producirse fuertes precipitaciones existe el riesgo de erosión fluvial e inundaciones. Asimismo, dada la morfología del sector, existe riesgo por deslizamientos y flujos.

**Recomendaciones:** Construir obras de infraestructura (defensas ribereñas) y limpieza del cauce del río.

### **Estación de Rica Playa**

Localización: Distrito San Jacinto (margen izquierda río Tumbes)

Coordenadas: Este (X)= 555,722; Norte (Y)= 9 579,429

*Morfología:* Localizada sobre colinas bajas caracterizadas por elevaciones entre 150 y 400 m.s.n.m. Corresponde a zona inundable, en épocas de lluvias excepcionales como el las del Fenómeno de El Niño el río crece e inunda afectando a terrenos de cultivos.

*Terreno de Fundación:* Constituidos por conglomerados intercalados con arenas de grano grueso semicompactas, distribuidas en terrazas que superan los 5 metros de altura.

*Peligros Geológicos:* En el sector de producirse fuertes precipitaciones existe el riesgo de erosión fluvial e inundaciones.

*Recomendaciones:* Construir obras de infraestructura (defensas ribereñas) y limpieza del cauce del río.

### **La Capitana**

Localización: Distrito San Jacinto (margen izquierda río Tumbes)

Coordenadas: Este (X)= 559,396; Norte (Y)= 9 580,164

*Morfología:* Localizada sobre colinas bajas caracterizadas por elevaciones entre 150 y 400 m.s.n.m. Zona donde discurren varias quebradas de corto recorrido que se activan al producirse precipitaciones excepcionales (Fenómeno del Niño).

*Terreno de Fundación:* Constituidos por arenas de grano medio y gravas de pequeño diámetro; cuyo basamento rocoso corresponde a la Formación Salinas constituida por afloramientos rocosos de areniscas muy alterados, meteorizados y de mala calidad.

*Peligros Geológicos:* Propensa a peligros de erosión fluvial, inundación fluvial y deslizamientos.

*Recomendaciones:* Construir obras de infraestructura (defensas ribereñas) en el cauce de las quebradas y limpieza del cauce del río.

### **Estación El Tigre**

Localización: Distrito Pampas de Hospital (margen izquierda río Tumbes)

Coordenadas: Este (X)= 560,499; Norte (Y)= 9 583,901

*Morfología:* Localizada sobre el valle inundable del río Tumbes. Se observan pendientes medias de 20° a 35°.

*Terreno de Fundación:* Constituido por materiales granulares finos correspondientes a gravas con arenas limosas, cuyo basamento rocoso corresponde a rocas metamórficas muy fracturadas de mala calidad.

*Peligros Geológicos:* Esta zona es muy susceptible a inundaciones principalmente cuando se presentas lluvias excepcionales. Asimismo se pueden generar derrumbes y caídas de rocas.

*Recomendaciones:* Se necesita realizar periódicamente limpieza del cauce y reforzar defensas ribereñas.

### **Estación Prado Bajo I**

Localización: Distrito Pampas de Hospital (margen derecha río Tumbes)

Coordenadas: Este (X)= 560,744; Norte (Y)= 9 584,088

*Morfología:* Localizada sobre colinas bajas, presentan pendientes suaves a moderadas. Las terrazas superan el metro de altura.

*Terreno de Fundación:* Constituido por conglomerados con arenas de grano medio, cuyo basamento rocoso corresponde a rocas sedimentarias de la Formación Heath.

*Peligros Geológicos:* Esta zona es muy susceptible a los peligros por: erosión fluvial, flujos y movimientos complejos.

*Recomendaciones:* Se recomienda realizar limpieza del cauce del río.

### **Estación Prado Bajo II**

Localización: Distrito San Jacinto (margen derecha río Tumbes)

Coordenadas: Este (X)= 561,043; Norte (Y)= 9 584,840

*Morfología:* Localizada sobre terrazas bajas caracterizadas por ser planas con una altura de 5 a 10 metros.

*Terreno de Fundación:* Constituido por depósitos aluviales (gravas intercaladas con arenas de grano medio).

*Peligros Geológicos:* Los peligros que afectan a este sector corresponden a Erosión de laderas, inundaciones fluviales y derrumbes.

*Recomendaciones:* Se necesita realizar periódicamente limpieza del cauce del río Tumbes.

### **Estación Las Aguchas**

Localización: Distrito San Jacinto (margen derecha río Tumbes)

Coordenadas: Este (X)= 560,968; Norte (Y)= 9 585,073

*Morfología:* Localizada sobre terrazas bajas caracterizadas por ser planas con una altura de 5 a 10 metros.

*Terreno de Fundación:* Constituido por depósitos aluviales (gravas intercaladas con arenas de grano medio), con basamento rocoso sedimentario compuesto por la intercalación de areniscas y lutitas.

*Peligros Geológicos:* Esta zona es muy susceptible a inundación y erosión fluvial. Actualmente, se vienen construyendo defensas de enrocado de naturaleza sedimentaria, a las que se realizó la prueba con HCL (ácido clorhídrico) dando como resultado la reacción de los minerales carbonatados.

*Recomendaciones:* Se necesita realizar limpieza del cauce del río y la construcción de defensas ribereñas con materiales de buena calidad que no pongan en riesgo la seguridad de las obras.

### **Estación La Palma**

Localización: Distrito Pampas de Hospital (margen derecha río Tumbes)

Coordenadas: Este (X)= 562, 397; Norte (Y)= 9 586,911

*Morfología:* Localizada sobre llanura aluvial con pendientes bajas < 5°.

*Terreno de Fundación:* Conformado por arenas, gravas y bloques, con basamento rocoso sedimentario compuesto por la intercalación de areniscas y lutitas.

*Peligros Geológicos:* Área sujeta a inundación y erosión fluvial en ambos márgenes del río Zarumilla.

*Recomendaciones:* Se necesita realizar limpieza de cauce del río y construcción de defensas ribereñas.

### **El Limón**

Localización: Distrito Pampas de Hospital (margen derecha río Tumbes)

Coordenadas: Este (X)= 561,784; Norte (Y)= 9 587,986

*Morfología:* En el sector se observan terrazas bajas distribuidas en ambos márgenes del río Tumbes, caracterizada por presentar pendientes muy bajas

*Terreno de Fundación:* Conformado por depósitos aluviales (arenas, gravas y bloques).

*Peligros Geológicos:* Los peligros que afectan al sector corresponden a erosión de laderas, inundaciones y en algunos sectores flujos de lodos que bordea los terrenos de cultivos afectando viviendas.

*Recomendaciones:* Se necesita realizar limpieza de cauce del río y construcción de defensas ribereñas.

### **El Oidor**

Localización: Distrito San Jacinto (margen derecha río Tumbes)

Coordenadas: Este (X)= 560,783; Norte (Y)= 9 589,372

*Morfología:* El sector se encuentra sobre la subunidad valle inundable caracterizado por encontrarse en la zona inundable del río, se encuentra formando terrazas de baja pendiente.

*Terreno de Fundación:* Conformado por depósitos aluviales (arenas, gravas y bloques), cuyo basamento rocoso está conformado por la intercalación de areniscas y lutitas de la Formación Zorritos.

*Peligros Geológicos:* Esta zona es muy susceptible a inundaciones, principalmente cuando se presentan lluvias excepcionales. Los flujos de lodo tienen lugar en las quebradas que generalmente se activan con la presencia del fenómeno de El Niño.

*Recomendaciones:* Se necesita realizar limpieza de cauce del río y; complementar y/o dar mantenimiento a las obras de infraestructura ya existentes.

### **Vaquería**

Localización: Distrito San Jacinto (margen izquierda río Tumbes)

Coordenadas: Este (X)= 561,440; Norte (Y)= 9 590,539

*Morfología:* El sector se encuentra sobre la subunidad valle inundable caracterizado por las terrazas de baja pendiente. En el sector se presenta intensa deforestación.

*Terreno de Fundación:* Conformado por depósitos aluviales (arenas, gravas y bloques), con basamento rocoso sedimentario de las formaciones Tumbes y Cardalitos.

*Peligros Geológicos:* Las inundaciones fluviales, erosión de laderas y flujos de lodos son los principales peligros que han afectado al sector principalmente durante el fenómeno de El Niño.

*Recomendaciones:* Se necesita realizar limpieza de cauce del río y; complementar o dar mantenimiento a las obras de infraestructura ya existentes.

### **Puente Franco**

*Localización:* Distrito Pampas de Hospital (margen izquierda río Tumbes)

*Coordenadas:* Este (X)= 560,980; Norte (Y)= 9 591,895

*Morfología:* El sector se encuentra sobre la subunidad valle inundable caracterizado por presentar terrazas de baja pendiente y por la fuerte dinámica fluvial.

*Terreno de Fundación:* Conformado por depósitos aluviales (arenas, gravas y bloques), con basamento rocoso sedimentario de las formaciones Tumbes y Cardalitos.

*Peligros Geológicos:* El principal peligro corresponde a las inundaciones fluviales producidas durante lluvias excepcionales, donde el río crece, se desborda e inunda la margen izquierda.

*Recomendaciones:* Debido a que actualmente puede afectar varias hectáreas de terrenos de cultivo, se recomienda realizar periódicamente la limpieza del cauce del río y; complementar o dar mantenimiento a las obras de infraestructura ya existentes.

### **Bocatoma La Peña**

*Localización:* Distrito San Jacinto (margen izquierda río Tumbes)

*Coordenadas:* Este (X)= 560,764; Norte (Y)= 9 593,033

*Morfología:* El sector se encuentra sobre la subunidad valle inundable caracterizado por presentar terrazas de baja pendiente y por la fuerte dinámica fluvial; las mismas que han sido aprovechadas como áreas de cultivo.

*Terreno de Fundación:* Conformado por depósitos aluviales (arenas, gravas y bloques), con basamento rocoso sedimentario de la formación Cardalitos.

*Peligros Geológicos:* En el sector se han registrado inundaciones fluviales y flujos de lodo producidos durante lluvias excepcionales.

*Recomendaciones:* Se recomienda realizar periódicamente la limpieza del cauce del río y; complementar o dar mantenimiento a las obras de infraestructura ya existentes. Asimismo, concientizar a la población rural sobre los riesgos de ampliar la frontera agrícola en zonas que son parte del cauce del río.

### **Cerro Blanco**

*Localización:* Distrito San Juan de La Virgen (margen derecha río Tumbes)

*Coordenadas:* Este (X)= 563,074; Norte (Y)= 9 595,360

*Morfología:* Caracterizado por terrazas bajas que presentan pendientes planas.

*Terreno de Fundación:* Conformado por depósitos aluviales (Intercalación de gravas y arenas con poco contenido de finos).

*Peligros Geológicos:* Las inundaciones fluviales constituyen el principal peligro, siendo sus principales causas las terrazas bajas, la fuerte dinámica fluvial y las precipitaciones pluviales.

*Recomendaciones:* Se recomienda realizar periódicamente la limpieza del cauce del río y; complementar o dar mantenimiento a las obras de infraestructura ya existentes.

### **Las Brujas**

Localización: Distrito San Juan de La Virgen (margen izquierda del río Tumbes)

Coordenadas: Este (X)= 562,510; Norte (Y)= 9 598,034

*Morfología:* Localizado sobre el valle inundable del río Tumbes, caracterizado por presentar terrazas de baja pendiente y por la fuerte dinámica fluvial.

*Terreno de Fundación:* Conformado por depósitos aluviales (Arenas limosas de color beige con gravas de pequeño diámetro).

*Peligros Geológicos:* Las inundaciones fluviales constituyen el principal peligro, siendo sus principales causas las terrazas bajas, la fuerte dinámica fluvial y las precipitaciones pluviales.

*Recomendaciones:* Se recomienda realizar periódicamente la limpieza del cauce del río y; complementar o dar mantenimiento a las obras de infraestructura ya existentes.

### **Malval Urcos**

Localización: Distrito Corrales (margen izquierda del río Tumbes)

Coordenadas: Este (X)= 561,488; Norte (Y)= 9 600,314

*Morfología:* Caracterizado por terrazas bajas que presentan pendientes planas.

*Terreno de Fundación:* Constituidos por depósitos aluviales con basamento rocoso sedimentaria de la Formación Tumbes.

*Peligros Geológicos:* Las inundaciones fluviales y erosión de laderas constituyen el principal peligro, siendo sus principales causas las terrazas bajas, la fuerte dinámica fluvial y las precipitaciones pluviales. En el sector se han colocado espigones y enrocados para disminuir la erosión fluvial.

*Recomendaciones:* Se recomienda realizar periódicamente la limpieza del cauce del río y; complementar o dar mantenimiento a las obras de infraestructura ya existentes.

### **La Noria**

Localización: Distrito Corrales (margen izquierda del río Tumbes)

Coordenadas: Este (X)= 558,960; Norte (Y)= 9 602,617

*Morfología:* Caracterizado por terrazas bajas que presentan pendientes planas, se observan áreas de cultivo en los sectores aledaños al cauce.

*Terreno de Fundación:* Constituidos por depósitos aluviales con basamento rocoso sedimentaria de la Formación Tumbes.

*Peligros Geológicos:* La inundación y erosión fluvial constituyen los principales peligros, siendo sus principales causas las terrazas bajas, la fuerte dinámica fluvial y las precipitaciones pluviales.

*Recomendaciones:* Se recomienda realizar periódicamente la limpieza del cauce del río y; complementar o dar mantenimiento a las obras de infraestructura ya existentes.

### **Estación Romero**

Localización: Distrito Corrales (margen izquierda del río Tumbes)

Coordenadas: Este (X)= 559,025; Norte (Y)= 9 606,333

*Morfología:* El terreno está caracterizado por terrazas bajas, que presentan pendientes planas, se observan áreas de cultivo en los sectores aledaños al cauce.

*Terreno de Fundación:* Constituidos por depósitos aluviales de arenas de grano medio a fino intercalado con gravas de pequeño diámetro.

*Peligros Geológicos:* La inundación y erosión fluvial constituyen los principales peligros en el sector.

*Recomendaciones:* Se recomienda realizar periódicamente la limpieza del cauce del río.

**Huaquillas**

*Localización:* Distrito Tumbes (margen derecha del río Tumbes)

*Coordenadas:* Este (X)= 559,571; Norte (Y)= 9 608,238

*Morfología:* El terreno está caracterizado por terrazas bajas.

*Terreno de Fundación:* Constituidos por depósitos aluviales de arenas de grano medio a fino intercalado con gravas de pequeño diámetro.

*Peligros Geológicos:* La inundación y erosión fluvial constituyen los principales peligros en el sector.

*Recomendaciones:* Se recomienda realizar periódicamente la limpieza del cauce del río.

**3.6 GEOTECNIA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

En el área de estudio (riberas del río Tumbes), se realizaron investigaciones geotécnicas mediante 10 excavaciones exploratorias (calicatas) de profundidad 2.00 metros y 01 muestreo de roca en la cantera denominada Las Animas; a fin de evaluar las propiedades físico-mecánicas de los materiales de cimentación y materiales a ser empleados en la construcción de las obras.

Las evaluaciones tuvieron lugar en los sectores de: Bocana Carrillo, Estación de Bombeo Rica Playa, La Capitana, Estación El Tigre, Estación Las Aguchas, El Oidor, Vaquería, Puente Franco, Bocatoma La Peña, Malval Urcos, La Noria, Cerro Blanco, Las brujas, Sector La Palma, El Limón, El Prado Bajo I, El Prado Bajo II, Estación Romero y Sector Huaquillas.

Las muestras representativas de suelos y rocas fueron clasificadas, seleccionadas y enviadas al laboratorio de mecánica de suelos, para realizar los siguientes ensayos:

**CUADRO G 05 UBICACIÓN DE INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS CAUCE RIO TUMBES**

NOMBRE	UBICACIÓN	ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS				ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECANICA DE ROCAS		
		GRANULOMETRIA	CLASIFICACION SUCS	LIMITES DE ATTERBERG	DENSIDAD NATURAL	ABRASION	ABSORCION	PESO ESPECIFICO
CALICATA 1	HUAQUILLAS	1	1	1	1			
CALICATA 2	ESTACION ROMERO	1	1	1	1			
CALICATA 3	LA NORIA	1	1	1	1			
CALICATA 4	CERRO BLANCO	1	1	1	1			
CALICATA 5	MALVAL URCOS	1	1	1	1			
CALICATA 6	PUENTE FRANCO	1	1	1	1			
CALICATA 7	EL OIDOR	1	1	1	1			
CALICATA 8	PRADO BAJO	1	1	1	1			
CALICATA 9	RICA PLAYA	1	1	1	1			
CALICATA 10	EL SAUCE	1	1	1	1			
MUESTREO	LAS ANIMAS					1	1	1

Fuente: Propia.

En base a los resultados del laboratorio de mecánica de suelos, los sectores investigados se encuentran caracterizados por presentar materiales granulares con clasificación SUCS: SM-SC, SP, SW-SM y CL, los mismos que se describen a continuación:

**Calicata C-1: Huaquillas**

Localización	Margen derecha río Tumbes
Calicata	C-1
Profundidad de Excavación	2.00 metros
Coordenadas (X)	559 928
Coordenadas (Y)	9 608 723
SUCS	SM - SC
Nombre	Arenas limosas y arcillosas
AASHTO	A-4 (0)
Límite Líquido	26.34
Límite Plástico	19.62
Índice de plasticidad	6.72
Humedad	17.82%
Densidad Natural	1.86 Kg/cm <sup>2</sup>
Nivel Freático	1.30 metros
Capacidad Portante	0.83 kg/cm <sup>2</sup>

**Interpretación Geotécnica** Los materiales evaluados (SM-SC) corresponden a Arenas limosas y arcillosas color marrón claro, de consistencia media, con bajo contenido de humedad. Presentan una potencia superior a 2.0 m., presenta nivel freático a 1.30 metros de profundidad.

Estos materiales son considerados razonables a medianamente estables, como terrenos de apoyo resultan ser buenos a pobres, debido a su capacidad de carga media y a su contenido limoso y arcilloso. Presenta bajo riesgo de asentamientos, bajo riesgo de deslizamientos de taludes y baja modificación de resistencia por cambios de humedad.

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 0.83 Kg/cm<sup>2</sup>; considerando profundidades de desplante de 1.0 m.

### **Calicata C-2: Estación Romero**

Localización	Margen derecha río Tumbes
Calicata	C-2
Profundidad de Excavación	2.00 metros
Coordenadas (X)	559 120
Coordenadas (Y)	9 606 256
SUCS	SM - SC
Nombre	Arenas limosas y arcillosas
AASHTO	A-2-4 (0)
Límite Líquido	26.84
Límite Plástico	19.98
Índice de plasticidad	6.86
Humedad	18.41%
Densidad Natural	1.87 Kg/cm <sup>2</sup>
Nivel Freático	1.50 metros
Capacidad Portante	0.88 kg/cm <sup>2</sup>

**Interpretación Geotécnica** El perfil estratigráfico del sector muestra dos estratos de materiales granulares correspondiendo desde los 0.00 hasta 0.60 metros de profundidad a Arenas limo-arcillosas de clasificación SUCS SM-SC, de consistencia media, presencia de materia orgánica. No presenta nivel freático ni filtraciones de agua. Desde los 0.60 a los 0.80 metros se observa un lente de grava con arena fina.

Desde 0.80 hasta los 2.00 metros de profundidad los materiales evaluados corresponden a Arenas con presencia de grava y limo de color plomizo, de consistencia media. Presenta nivel freático a los 1.50 metros.

Estos materiales son considerados razonables a medianamente estables, como terrenos de apoyo resultan ser buenos a pobres, debido a su capacidad de carga media y a su contenido limoso y arcilloso. Presenta bajo riesgo de asentamientos, bajo riesgo de deslizamientos de taludes y baja modificación de resistencia por cambios de humedad.

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 0.88 Kg/cm<sup>2</sup>; considerando profundidades de desplante de 1.0 m.

**Calicata C-3: La Noria**

Localización	Margen derecha río Tumbes
Calicata	C-3
Profundidad de Excavación	2.00 metros
Coordenadas (X)	559 116
Coordenadas (Y)	9 602 610
SUCS	SP
Nombre	Arenas mal gradadas
AASHTO	A-1-b (0)
Límite Líquido	11.02
Límite Plástico	N.P
Índice de plasticidad	N.P
Humedad	19.86%
Densidad Natural	1.79 Kg/cm <sup>2</sup>
Nivel Freático	0.60 metros
Capacidad Portante	0.68 kg/cm <sup>2</sup>

**Interpretación Geotécnica** Los materiales evaluados (SP) corresponden a Arenas mal gradadas con pocos finos de color beige claro de consistencia suelta. Presentan una potencia superior a 2.0 m., presenta nivel freático a 0.60 metros de profundidad.

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 0.68 Kg/cm<sup>2</sup>; considerando profundidades de desplante de 1.0 m.

**Calicata C-4: Cerro Blanco**

Localización	Margen derecha río Tumbes
Calicata	C-4
Profundidad de Excavación	2.00 metros
Coordenadas (X)	563 178
Coordenadas (Y)	9 595 186
SUCS	SP
Nombre	Arenas mal gradadas
AASHTO	A-1-b (1)
Límite Líquido	11.05
Límite Plástico	N.P
Índice de plasticidad	N.P
Humedad	20.34%
Densidad Natural	1.75 Kg/cm <sup>2</sup>
Nivel Freático	0.40 metros
Capacidad Portante	0.66 kg/cm <sup>2</sup>

**Interpretación Geotécnica** Los materiales evaluados (SP) corresponden a Arenas mal gradadas con pocos finos de color beige claro de consistencia suelta. Presentan una potencia superior a 2.0 m., presenta nivel freático a 0.40 metros de profundidad.

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 0.66 Kg/cm<sup>2</sup>; considerando profundidades de desplante de 1.0 m.

**Calicata C-5: Malval Urcos**

Localización	Margen izquierda río Tumbes
Calicata	C-5
Profundidad de Excavación	2.00 metros
Coordenadas (X)	561 436
Coordenadas (Y)	9 600 130
SUCS	SM - SC
Nombre	Arenas Limosa y arcillosa
AASHTO	A-4 (0)
Límite Líquido	25.31
Límite Plástico	19.20
Índice de plasticidad	6.11
Humedad	17.23%
Densidad Natural	1.85 Kg/cm <sup>2</sup>
Nivel Freático	1.60 metros
Capacidad Portante	0.85 kg/cm <sup>2</sup>

**Interpretación Geotécnica** Los materiales evaluados (SM-SC) corresponden a Arenas limosas y arcillosas color marrón claro, de consistencia media, con bajo contenido de humedad. Presentan una potencia superior a 2.0 m., presenta nivel freático a 1.60 metros de profundidad.

Estos materiales son considerados razonables a medianamente estables, como terrenos de apoyo resultan ser buenos a pobres, debido a su capacidad de carga media y a su contenido limoso y arcilloso. Presenta bajo riesgo de asentamientos, bajo riesgo de deslizamientos de taludes y baja modificación de resistencia por cambios de humedad.

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 0.85 Kg/cm<sup>2</sup>; considerando profundidades de desplante de 1.0 m.

### **Calicata C-6: Puente Franco**

Localización	Margen izquierda río Tumbes
Calicata	C-6
Profundidad de Excavación	2.00 metros
Coordenadas (X)	560 730
Coordenadas (Y)	9 592 157
SUCS	SM - SC
Nombre	Arenas Limosa y arcillosa
AASHTO	A-4 (0)
Límite Líquido	26.31
Límite Plástico	19.87
Índice de plasticidad	6.44
Humedad	15.23%
Densidad Natural	1.83 Kg/cm <sup>2</sup>
Nivel Freático	1.50 metros
Capacidad Portante	0.89 kg/cm <sup>2</sup>

**Interpretación Geotécnica** El perfil estratigráfico del sector muestra dos estratos de materiales granulares correspondiendo desde los 0.00 hasta 1.00 metros de profundidad a Arenas limo-arcillosas de clasificación SUCS SM-SC, de color marrón claro y consistencia media. Desde los 1.00 a los 1.30 metros se observa un lente arcilloso de color oscuro de consistencia blanda.

Desde 1.30 hasta los 2.00 metros de profundidad los materiales evaluados corresponden a Arenas con presencia de grava y limo de consistencia media y color plomo oscuro. Presenta nivel freático a los 1.50 metros.

Estos materiales son considerados razonables a medianamente estables, como terrenos de apoyo resultan ser buenos a pobres, debido a su capacidad de carga media y a su contenido limoso y arcilloso. Presenta bajo riesgo de asentamientos, bajo riesgo de deslizamientos de taludes y baja modificación de resistencia por cambios de humedad.

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 0.89 Kg/cm<sup>2</sup>; considerando profundidades de desplante de 1.0 m.

**Calicata C-7: El Oidor**

Localización	Margen izquierda río Tumbes
Calicata	C-7
Profundidad de Excavación	2.00 metros
Coordenadas (X)	560 808
Coordenadas (Y)	9 589 175
SUCS	CL
Nombre	Arcilla de baja plasticidad
AASHTO	A-6 (12)
Límite Líquido	34.25
Límite Plástico	20.12
Índice de plasticidad	14.13
Humedad	22.73%
Densidad Natural	1.65 Kg/cm <sup>2</sup>
Nivel Freático	N.P
Capacidad Portante	0.72 kg/cm <sup>2</sup>

**Interpretación Geotécnica** El perfil estratigráfico muestra dos estratos de materiales granulares correspondiendo desde los 0.00 hasta 1.50 metros de profundidad Arcillas inorgánicas de clasificación SUCS CL, de mediana plasticidad de color marrón claro de consistencia media, presencia de materia orgánica. No presenta nivel freático ni filtraciones de agua.

Desde 1.50 hasta 2.00 metros de profundidad los materiales evaluados corresponden a Arcillas inorgánicas de mediana plasticidad de color marrón claro de consistencia media. No presenta nivel freático.

Estos materiales como terrenos de apoyo resultan ser pobres a medianos, debido a su capacidad de carga baja. Presenta un nivel medio de riesgo de asentamientos y bajo riesgo de deslizamientos de taludes.

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 0.72 Kg/cm<sup>2</sup>; considerando profundidades de desplante de 1.0 m.

**Calicata C-8: Prado Bajo**

Localización	Margen derecha río Tumbes
Calicata	C-8
Profundidad de Excavación	2.00 metros
Coordenadas (X)	561 185
Coordenadas (Y)	9 584 875
SUCS	SM
Nombre	Arena Limosa
AASHTO	A-4 (0)
Límite Líquido	22.10
Límite Plástico	19.36
Índice de plasticidad	2.74
Humedad	16.12%
Densidad Natural	1.89 Kg/cm <sup>2</sup>
Nivel Freático	1.80
Capacidad Portante	0.80 kg/cm <sup>2</sup>

**Interpretación Geotécnica** Los materiales evaluados corresponden a Arenas limosas de color beige claro de consistencia media, presenta nivel freático a 1.80 metros de profundidad. Materiales razonablemente estables, Presenta un nivel bajo de: riesgo de asentamientos y riesgo de deslizamientos de taludes.

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 0.80 Kg/cm<sup>2</sup>; considerando profundidades de desplante de 1.0 m.

### **Calicata C-9: Rica Playa**

Localización	Margen derecha río Tumbes
Calicata	C-9
Profundidad de Excavación	2.00 metros
Coordenadas (X)	556 006
Coordenadas (Y)	9 579 053
SUCS	GP
Nombre	Grava Mal Gradada
AASHTO	A-1-a (1)
Límite Líquido	13.02
Límite Plástico	N.P
Índice de plasticidad	N.P
Humedad	17.04%
Densidad Natural	2.01 Kg/cm <sup>2</sup>
Nivel Freático	1.60
Capacidad Portante	0.85 kg/cm <sup>2</sup>

**Interpretación Geotécnica** En el sector existe un relleno granular de grava y arena de 0.70 metros que se encuentran cubriendo gravas mal gradadas con pocos finos de color beige claro. Materiales razonablemente estables considerados buenos terrenos de apoyo. Presenta una alta capacidad de carga y muy bajo riesgo de asentamientos.

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 0.85 Kg/cm<sup>2</sup>; considerando profundidades de desplante de 1.0 m.

### **Calicata C-10: El Sauce**

Localización	Margen izquierda río Tumbes
Calicata	C-10
Profundidad de Excavación	2.00 metros
Coordenadas (X)	558 450
Coordenadas (Y)	9 607 484

SUCS	SP
Nombre	Arena Mal Gradada
AASHTO	A-6 (12)
Límite Líquido	8.24
Límite Plástico	N.P
Índice de plasticidad	N.P
Humedad	19.75%
Densidad Natural	1.78 Kg/cm <sup>2</sup>
Nivel Freático	1.50
Capacidad Portante	0.81 kg/cm <sup>2</sup>

**Interpretación Geotécnica** El perfil estratigráfico muestra dos estratos de materiales granulares correspondiendo desde los 0.00 hasta 0.70 metros de profundidad Arenas mal gradadas con pocos finos de color beige claro de consistencia media.

Desde 0.70 hasta 2.00 metros de profundidad los materiales evaluados corresponden a Arenas limosas de color beige claro de consistencia media. Presenta nivel freático a los 1.50 metros.

Estos materiales son razonablemente estables, debido a su capacidad de carga alta. Presenta un nivel muy bajo de riesgo de asentamientos y bajo riesgo de deslizamientos de taludes.

La capacidad portante calculada para estos materiales supera los 0.81 Kg/cm<sup>2</sup>; considerando profundidades de desplante de 1.0 m.

Los resultados de Laboratorio de Mecánica de Suelos, Perfiles Estratigráficos y Cálculo de Capacidad Portante se presentan en el Anexo C Resultados de Laboratorio de Mecánica de Suelos.

### 3.7 EVALUACIÓN DE CANTERAS

Se han prospectado y/o verificado materiales de construcción que aporten los materiales factibles de ser utilizados durante el proceso de construcción de defensas ribereñas. Las áreas favorables para la explotación de enrocados se han localizado en los sectores de Las Animas y Vaquería II, corresponden a rocas sedimentarias y gravas arcillosas caracterizadas por presentar un alto grado de dureza y una alta capacidad de carga. Es necesario indicar, que debido a la cercanía del proyecto con áreas de reserva natural los materiales de enrocado se encuentran aflorando en zonas restringidas para ser empleados como canteras.

Para la evaluación de las canteras se han tenido en cuenta los resultados de laboratorio de mecánica de suelos y rocas; y Tablas Generalizadas de Clasificación de Rocas (Ver Anexo Cuadros G 07 al G 11), a continuación se describen las características físico-mecánicas de los materiales evaluados:

#### Cantera Las Ánimas

Localización	Margen izquierda del río Tumbes	
Distrito	San Jacinto	
Sector	La Capitana	
Coordenadas	X= 552,632.20	Y=9 583,996.91

#### Evaluación Macroscópica

Litología	Bloques de Roca Sedimentaria en matriz arenolimososa
Tamaño de Bloques	De 0.50 m. a 1.00 m. de diámetro
Color	Beige claro
Reacción al HCL	Si hay reacción (Contenido de carbonatos)
Dureza de Bloques	Muy Dura (R5)
Grado de Alteración	Poco alterada (A2)
Meteorización	Ligeramente meteorizada (W2)
Factor de esponjamiento	1.5 %
Resistencia a la Compresión Simple	160 – 255 MPa
Tamaño de Granos	0.1 – 1.0 mm

Resultados de Laboratorio de Mecánica de Rocas

Peso específico	2.66 gr/cm <sup>3</sup>
% de Absorción	0.78
Resistencia de Abrasión	19.02%
Acceso	Existe Trocha carrozable, necesita mejorar y dar mantenimiento.

Los bloques rocosos de diámetros superiores a los 0.70 metros, se encuentran en una matriz arenolimososa, con disponibilidad del material estimada en 1,500 – 2,000 m<sup>3</sup>, con un rendimiento de cantera del orden de 65%. Las dimensiones o tamaños menores de roca requeridos, se obtendrán por medio de voladuras menores o martillos neumáticos; determinada la selección de volumen o peso, se ha de emplear “maquinaria convencional” para su aprovechamiento y transporte.

De acuerdo a las propiedades físico mecánicas, los materiales prospectados reúnen condiciones favorables para ser empleados como canteras de enrocado.

**Cantera Vaquería II**

Localización	Margen izquierda del río Tumbes	
Sector	Centro Poblado Francos	
Coordenadas	X= 558,907	Y=9 590,695

Resultados de Laboratorio de Mecánica de Suelos

Litología	Gravas arcillosas (GC)
Acceso	Existe trocha carrozable
Límite Líquido	32.25%
Límite Plástico	23.55%
Índice Plástico	8.70%
Máxima Densidad	2.17 gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Optima	9.35%
Abrasión	16.44%
Rendimiento de Cantera	31,875 m <sup>3</sup>

En la zona prospectada, se encuentran suelos de textura granular gruesa; predominando las gravas con contenido de arcillas de baja plasticidad.

De acuerdo a las propiedades físicas mecánicas, los materiales prospectados reúnen condiciones favorables para ser empleados como canteras de agregados.

Posteriores investigaciones de los materiales podrían confirmar y ubicar nuevas áreas favorables a ser utilizadas como materiales de enrocado.

El **Mapa Nº 08** (*Anexo Mecánica de Suelos*), muestra la ubicación de las Canteras evaluadas. Los resultados de laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas se presentan en el Anexo.

## **CAPITULO 4: CAUDALES MÁXIMOS - EVENTOS EXTREMOS**

Un evento climático extremo, son fenómenos meteorológicos normalmente raros que están por encima del percentil 90º y más bajo que el percentil 10º y varía según los lugares. Un fenómeno climático extremo es una media de una serie de fenómenos meteorológicos en un período concreto, media que de por sí es extrema (por ejemplo la precipitación durante una estación)<sup>1</sup>.

En el periodo de 1995 al 2011 la ocurrencia de inundaciones, sequías, heladas, deslizamientos y huaycos han afectado más de 6 millones de personas (damnificados, fallecidos, heridos y desaparecidos), 478 mil viviendas afectadas y destruidas y más de 430 mil hectáreas de cultivos afectados. De los peligros mencionados, las heladas son los que han ocasionado mayores daños personales y las inundaciones son los que han tenido mayores impactos negativos en viviendas y cultivos. En el periodo de 2001 al 2010 las inundaciones recurrentes han tenido mayores efectos negativos en las regiones de Cusco, Ucayali, Piura, Madre de Dios, Puno, San Martín y Huánuco. Estos eventos han afectado a más de 180 mil personas, 22 mil viviendas destruidas-afectadas y 56 mil hectáreas perdidas. En la región Puno las pérdidas de animales han superado los 137 mil unidades de ganado ovino y vacuno principalmente<sup>2</sup>.

### **4.1 EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS EN TUMBES**

En 1925 el Fenómeno El Niño, las precipitaciones fueron altas, alcanzando 375 mm en una sola noche (16 de enero). Causando daños en todos los caminos y puentes, las quebradas secas se activaron. Los charcos y pantanos dejados por las inundaciones fomentaron la aparición de plagas y enfermedades, como el paludismo, malaria, beri beri, disentería, entre otros; que ocasionaron gran mortandad. La interrupción de vías produjo escasez de víveres. En la Fenómeno El Niño de 1983, la estación El Tigre, registró una media para el mes de marzo de 1244.2 m<sup>3</sup>/s, alcanzando un caudal máximo instantáneo de 3712.5 m<sup>3</sup>/s (05/02/83). Los daños fueron de pérdidas humanas, destrucción del puente El Piojo e interrupción de la Panamericana Norte, destrucción del puente sobre el río Tumbes y otros puentes y alcantarillas, destrucción del malecón por erosión. Desplazamiento del cauce, erosión de terrazas aluviales, destrucción de la infraestructura de riego, deterioro de la zona urbana, viviendas, pistas, centros educativos y de salud, inutilización de la captación de

---

<sup>1</sup> IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)

<sup>2</sup> Prevención ante eventos climáticos extremos en el Perú, T. Alfaro

agua potable por cambio del cauce.

En el Fenómeno El Niño de 1997/1998, la ciudad de Tumbes fue inundada y las precipitaciones alcanzaron 241 mm por día. Destrucción parcial del puente Pampas de Hospital por falta de capacidad de conducción de la sección transversal del río bajo el puente.<sup>3</sup>

#### **4.2 PLANTEAMIENTO HIDROLÓGICO**

1. La cuenca del río Tumbes, es una cuenca transfronteriza, se decir abarca territorio en Perú y Ecuador.
2. Considerando el tipo de información hidrométrica se optará por el método Estadístico, haciendo uso de las funciones probabilísticas: Normal, Log Normal, Gumbel, Pearson, etc.
3. Se empleará los caudales medios diarios de las estaciones Puente Tumbes y El Tigre.
4. Se calcularán caudales para 10, 25, 50 y 100 años de periodo de retorno, mediante el método estadístico y mediante la envolvente de Creager. Los caudales máximos instantáneos se calcularán haciendo uso de la fórmula de Fuller.

#### **4.3 INFORMACIÓN UTILIZADA**

Se ha utilizado los caudales medios diarios de las estaciones El Tigre y Puente Tumbes, cuyas características son los siguientes:

1. Estación Puente Tumbes
  - Tipo: convencional-hidrológica
  - Departamento: Tumbes
  - Provincia: Tumbes
  - Distrito: Corrales
  - Latitud: 3° 35' 1"
  - Longitud: 80° 28' 1"
  - Estado: no funcionando
  - Registro de datos: periodo de 1952 a 1990, una cantidad de 38 años de registros.

---

<sup>3</sup> Diagnóstico de la ocurrencia de sequías, inundaciones y cambio climático global en el Perú.

Cuadro 13. Registro de caudales máximos diarios anuales, estación Puente Tumbes

Año	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Año	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
1952	390.0	1971	1237.5
1953	3000.8	1972	2134.2
1954	313.4	1973	2057.3
1955	495.0	1974	684.0
1956	603.7	1975	1269.5
1957	2271.7	1976	1337.2
1958	923.9	1977	1254.3
1959	520.0	1978	584.2
1960	552.5	1979	484.4
1961	361.4	1980	778.3
1962	451.4	1981	1172.5
1963	450.0	1982	788.3
1964	559.0	1983	1822.3
1965	4558.4	1984	418.7
1966	572.3	1985	113.0
1967	720.1	1986	194.2
1968	789.3	1987	2718.9
1969	1473.5	1988	375.3
1970	442.4	1990	255.3

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, SENAMHI

[http://www.senamhi.gob.pe/main\\_mapa.php?t=dHi](http://www.senamhi.gob.pe/main_mapa.php?t=dHi)

<http://www.ana.gob.pe:8080/snrh2/consHidrometria.aspx>

## 2. Estación El Tigre

- Tipo: convencional-hidrológica
- Departamento: Tumbes
- Provincia: Tumbes
- Distrito: San Jacinto
- Latitud: 03° 46' 04.7"
- Longitud: 80° 27' 55.3"
- Estado: funcionando
- Registro de datos: periodo de 1972 a 2013, una cantidad de 15 años de registros



Foto 9. Se aprecia la estación El Tigre

Cuadro 14. Registro de caudales máximos diarios anuales, estación El Tigre

Año	Caudal (m3/s)
1972	610.0
1973	1981.0
1977	913.3
1981	280.0
1988	130.6
1991	248.8
1994	874.9
1995	370.2
2006	559.1
2007	762.0
2009	530.0
2010	340.7
2011	414.7
2012	760.3
2013	442.5

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, SENAMHI

[http://www.senamhi.gob.pe/main\\_mapa.php?t=dHi](http://www.senamhi.gob.pe/main_mapa.php?t=dHi)  
<http://www.ana.gob.pe:8080/snirh2/consHidrometria.aspx>

Relacionando los caudales de los años en común de ambas estaciones se ha determinado que hay una correlación lineal alta de 83%. ( $R^2=83\%$ ).

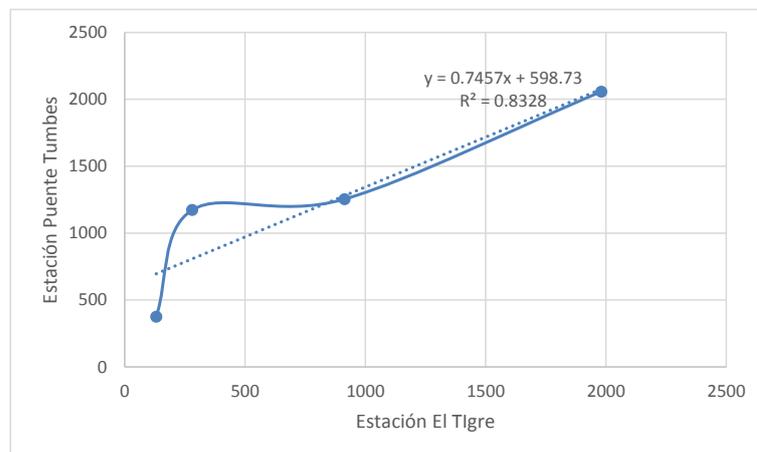


Figura 1. Relación lineal entre las estaciones de El Tigre y el Puente Tumbes

Considerando esta relación ( $y = 0.7457x + 598.73$ ) se complementó la serie de la estación Puente Tumbes.

Cuadro 15. Caudales generados en la estación Puente Tumbes a partir de la estación El Tigre

Año	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
1991	784.3
1994	1251.1
1995	874.8
2006	1015.7
2007	1167.0
2009	994.0
2010	852.8
2011	908.0
2012	1165.6
2013	928.7

En la figura 2, se observa la cuenca del río Tumbes, incluyendo la parte del territorio ecuatoriano.

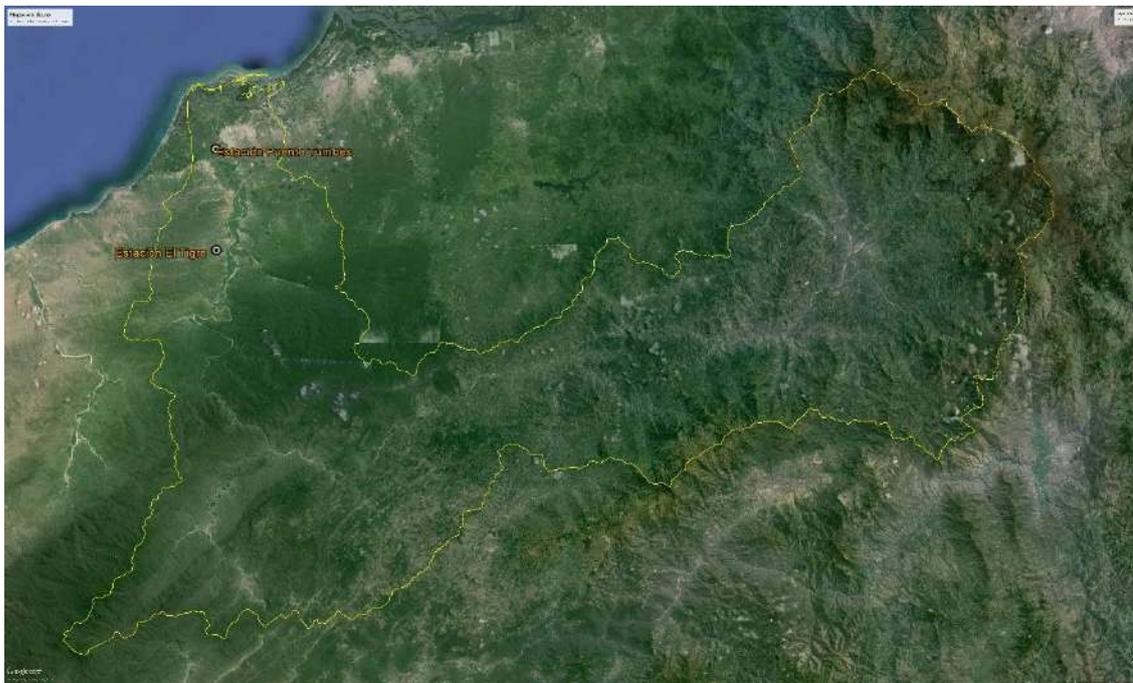


Figura 2. Ubicación de la estación de control, cuenca del río Tumbes

#### 4.4 MÉTODOS

Se ha utilizado los métodos Estadístico y Envolvente de Creager para calcular los caudales máximos para 10, 25, 50 y 100 años de periodo de retorno y la fórmula de Fuller para calcular los caudales máximos instantáneos.

#### 4.4.1 Método estadístico

**a. Sustento teórico.** Este método está basado en el análisis de la frecuencia de las crecidas. El caudal es considerado como una variable aleatoria continua, que permite evaluar su distribución estadística, el cual puede ser ajustado a una ley teórica de probabilidad (Gumbel, Log Pearson II, etc.).

Con el uso del programa HidroEsta, se evaluó la serie histórica de caudales máximos anuales con 8 modelos probabilísticos, considerando un nivel de significancia de 5%, método de estimación de parámetros, Parámetros Ordinarios y pruebas de bondad de ajuste por Kolmogorov.

**Normal.** Una variable aleatoria X se distribuye de acuerdo con una distribución de probabilidades Normal si su Función de Densidad de Probabilidades está dada como:

$$f_x(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu_x)^2}{2\sigma_x^2}}$$

Los parámetros son: media,  $\mu_x$ , desviación estándar  $\sigma_x$ . La asimetría de la distribución es cero.

**Log-Normal 2 parámetros.** Cuando los logaritmos,  $\ln(x)$ , de una variable x están normalmente distribuidos, entonces se dice que la distribución de x sigue la distribución de probabilidad log-normal, en que la función de probabilidad log-normal  $f(x)$  viene representado como:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} \text{EXP} \left\{ -\frac{1}{2} \left[ \frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2 \right\}$$

Parámetro de escala  $\mu_y$  y parámetro de forma  $\sigma_y$

**Log-Normal 3 parámetros.** Muchos casos el logaritmo de una variable aleatoria  $x$ , del todo no son normalmente distribuido, pero restando un parámetro de límite inferior  $x_0$ , antes de tomar logaritmos, se puede conseguir que sea normalmente distribuida.

La función de densidad, de la distribución log-normal de 3 parámetros, es:

$$f(x) = \frac{1}{(x-x_0)\sigma_y\sqrt{2\pi}} \text{EXP} \left\{ -\frac{1}{2} \left[ \frac{\ln(x-x_0) - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2 \right\}$$

Parámetro de posición  $x_0$ , parámetro de escala  $\mu_y$  y parámetro de forma  $\sigma_y^2$ .

**Gamma 2 parámetros.** Se dice que una variable aleatoria  $x$ , tiene una distribución gamma de 2 parámetros si su función densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)}$$

Parámetro de forma  $\gamma$ , parámetro de escala  $\beta$

**Gamma 3 parámetros o Pearson Tipo III.** Cuando una variable aleatoria  $x$  se ajustan a una distribución Pearson Tipo III, se dice que la variable aleatoria  $x$  se ajusta a una distribución Log Pearson Tipo III. Su función densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{(x-x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)}$$

**Gumbel.** A partir de la distribución general de valores extremos, se pueden derivar tres tipos de distribuciones: la tipo I, comúnmente conocida como Gumbel, la tipo II y la tipo III, llamada también Weibull.

Elas difieren entre sí por el valor del parámetro de forma. La expresión general de la función de densidad de probabilidades para la distribución extrema tipo I o Gumbel es:

$$f_x(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[ -\frac{x - \beta}{\alpha} \exp \left( -\frac{x - \beta}{\alpha} \right) \right]$$

Parámetros de escala  $\alpha$  y parámetro de posición  $\beta$

**Distribución Log-Gumbel.** La función de distribución acumulada de la distribución Gumbel tiene la forma:

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{(x-\mu)}{\alpha}}}$$

para:  $-\infty < x < \infty$

donde:

$0 < \alpha < \infty$  es el parámetro de escala

$-\infty < \mu < \infty$  es el parámetro de posición, llamado también valor central o moda, si en la ecuación, la variable  $x$  se reemplaza por  $\ln x$ , se obtiene la función acumulada de la distribución log-Gumbel, o distribución de Fréchet.

#### 4.4.2 Método Fuller

Para diseño de estructuras de protección o control de inundaciones se requiere caudales máximos instantáneos razón por la cual se empleará el método de Fuller, a partir de los caudales calculados con el método estadístico

Empleando el método de Fuller, se calcularon los caudales máximos instantáneos, a partir de los caudales máximos diarios calculados con el método estadístico.

$$Q_{inst} = Q \cdot \left( 1 + \frac{2.66}{A^{0.3}} \right) \quad \text{A en km}^2$$

Caudal instantáneo  $Q_{inst}$ , caudal calculado para un determinado periodo de retorno  $Q$ , área de la cuenca húmeda o de interés  $A$  (en  $\text{km}^2$ ).

### 4.4.3 Método Envolvente de Creager

Los caudales máximos se calcularán en función del área de la cuenca y el periodo de retorno, con la siguiente relación

$$Q_{max} = (C_1 + C_2) * \text{Log}(T) * A^{m \cdot A^{-n}}$$

Donde,

C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, m y n son coeficientes adimensionales para diferentes regiones del Perú.

Q<sub>max</sub>, caudal máximo

T, periodo de retorno

En el cuadro 16, se muestra los valores de los coeficientes para cada región del Perú y en la figura 3, se muestra la regionalización de avenidas del Perú. Según estas consideraciones el ámbito de estudio se ubica en la región 1.

Cuadro 16. Valores de los coeficientes según región del Perú

Nº	Región	Cuencas	Región	C1	C2	m	n
1	Costa Norte (frontera)	Tumbes a Piura	1	1.01	4.37	1.02	0.04
2	Costa Norte	Cajamalpa a Santa	2	0.10	1.28	1.02	0.04
3	Sierra Norte	Alto Marañón	3	0.27	1.48	1.02	0.04
4	Costa Central	Lacramarca a Cúmaná-Majes	4	0.09	0.36	1.24	0.04
5	Costa Sur	Quilca a Coplín	5	0.11	0.26	1.24	0.04
	Titicaca	Titicaca	6	0.18	0.31	1.24	0.04
6	Sierra Central Sur	Mantaro, Apurímac y Urubamba	7	0.22	0.37	1.24	0.04
7	Selva	Ucayali, Bajo Marañón, Madre de Dios y Amazonas					

Fuente: Análisis regional de las avenidas en los ríos del Perú; Trau W. y Gutierrez R.; 1979

La cuenca del río Tumbes se encuentra en la región 1, según la Figura 3



Figura 2. Mapa de Regionalización de las Avenidas del Perú

Fuente: Análisis regional de las avenidas en los ríos del Perú; Trau W. y Gutierrez R.; 1979

## 4.5 RESULTADOS

En el cuadro 16, se muestra los caudales calculados mediante el método estadístico, considerando la serie original de la estación Puente Tumbes.

Cuadro 16. Caudales máximos con la serie original de la estación Puente Tumbes, mediante funciones probabilísticas (Estadístico)

Período de Retorno (T)	P	Distribución Normal	Distribución Log Normal 2 parámetros	Distribución Log Normal 3 parámetros	Gamman 2 parámetros	Gamman 3 parámetros	Log-Pearson tipo III	Gumbel	Log Gumbel
2.0	0.500	1029.7	750.6	739.3	839.5			877.6	658.3
5.0	0.200	1808.7	1469.3	1458.8	1567.8			1695.7	1333.0
10.0	0.100	2216.3	2088.1	2091.1	2072.7			2237.4	2126.5
25.0	0.040	2650.8	3037.1	3075.9	2712.0			2921.8	3836.6
50.0	0.020	2931.4	3868.5	3949.6	3182.1			3429.6	5944.1
75.0	0.013	3082.0	4404.7	4517.5	3453.1			3724.7	7666.5
100.0	0.010	3183.8	4808.9	4947.6	3643.8			3933.6	9179.4
Estadístico de prueba		0.2178	0.0947	0.0878	0.1449			0.1585	0.0935

En la figura 4, se observa que el registro histórico de caudales, tiene un buen ajuste a la distribución Log Normal 3 parámetros; por lo tanto, se tomarán estos caudales para el cálculo de los caudales máximos instantáneos.

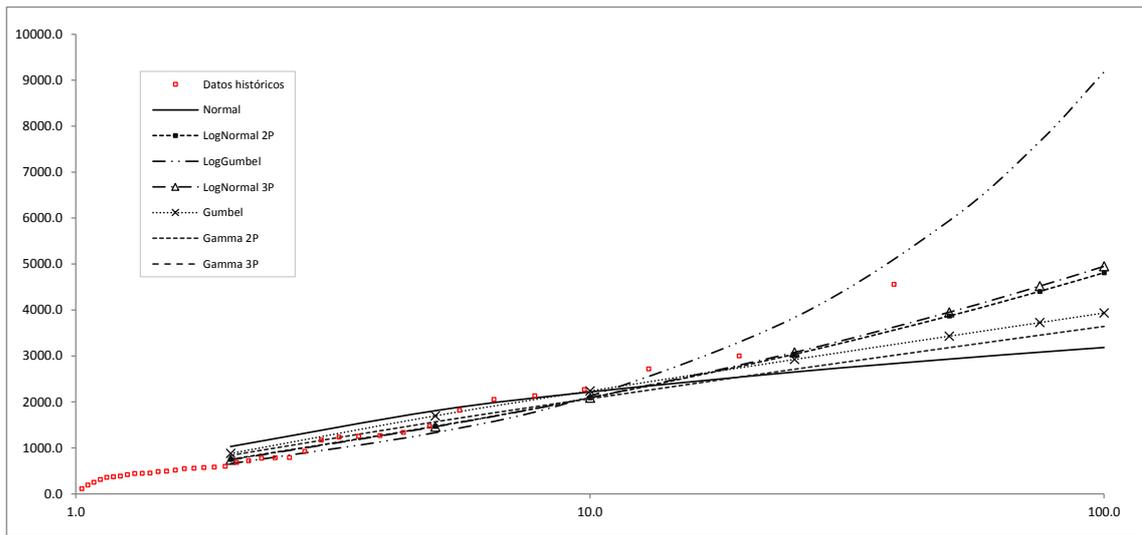


Figura 3. LogNormal 3 parámetros mejor ajuste, método gráfico

En el cuadro 17, se muestra los caudales calculados mediante el método estadístico, considerando la serie completada en la estación Puente Tumbes

Cuadro 17. Caudales máximos con la serie completada de la estación Puente Tumbes, mediante funciones probabilísticas (Estadístico)

Período de Retorno (T)	P	Distribución Normal	Distribución Log Normal 2 parámetros	Distribución Log Normal 3 parámetros	Gamman 2 parámetros	Gamman 3 parámetros	Log-Pearson tipo III	Gumbel	Log Gumbel
2.0	0.500	1022.3	794.1	803.6	867.6			886.9	705.5
5.0	0.200	1715.9	1455.4	1443.7	1519.0			1615.4	1333.0
10.0	0.100	2078.9	1998.4	1954.7	1958.7			2097.7	2031.5
25.0	0.040	2465.8	2801.8	2695.4	2507.7			2707.1	3459.3
50.0	0.020	2715.6	3485.2	3314.6	2907.7			3159.2	5134.5
75.0	0.013	2849.7	3918.2	3702.8	3137.2			3422.0	6459.2
100.0	0.010	2940.3	4241.0	3990.5	3298.2			3607.9	7598.6
Estadístico de prueba		0.178	0.0532	0.052	0.0856			0.1136	0.1099

En la figura 5, se observa que el registro histórico de caudales, tiene un buen ajuste a la distribución Log Normal 3 parámetros; por lo tanto, se tomarán estos caudales para el cálculo de los caudales máximos instantáneos.

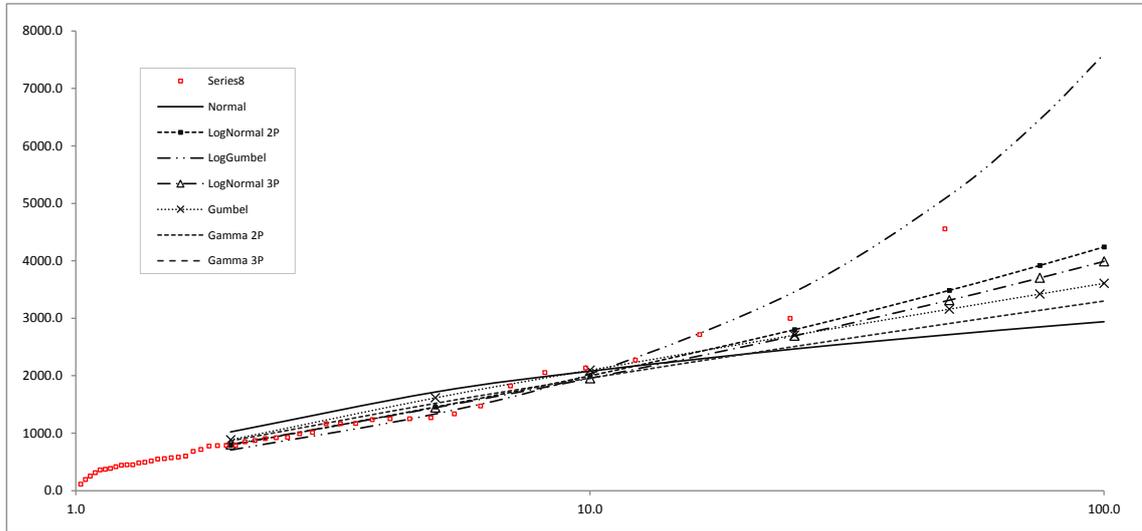


Figura 5. LogNormal 3 parámetros mejor ajuste, método gráfico

En el cuadro 18, se muestra los caudales obtenidos mediante el método de la Envolvente de Creager, para diferentes periodos de retorno.

Cuadro 18. Caudales calculados por la Envolvente de Creager

Microcuenca	Area (A) (Km <sup>2</sup> )	C1	C2	m	n	T.R. (años)	C1+C2	Log (T)	(m.A) <sup>-n</sup>	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Inst. (m <sup>3</sup> /s)
Río Tumbes	5502.75	1.01	4.37	1.02	0.04	10	5.38	1.00	0.71	2360	2837.9
	5502.75	0.09	4.37	1.02	0.04	25	4.46	1.40	0.71	2735	3288.8
	5502.75	1.01	4.37	1.02	0.04	50	5.38	1.70	0.71	4009	4821.5
	5502.75	1.01	4.37	1.02	0.04	100	5.38	2.00	0.71	4719	5675.8

En los cuadros 19 y 20, se muestran los caudales máximos instantáneos, calculados por el método o fórmula de Fuller, considerando la serie original y completada de la estación Puente Tumbes.

Cuadro 19. Caudales máximos instantáneos, considerando la serie original

Período de Retorno (T)	Q <sub>inst</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Area (Km <sup>2</sup> ),
2.0	887.3	5,502.75
5.0	1751.69	
10.0	2510.94	
25.0	3693.46	
50.0	4142.19	
75.0	5424.50	
100.0	5940.95	

Cuadro 20. Caudales máximos instantáneos, considerando la serie completada

Período de Retorno (T)	Q <sub>inst</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Area (Km <sup>2</sup> ),
2.0	966.4	5,502.75
5.0	1733.56	
10.0	2347.15	
25.0	3236.57	
50.0	3980.09	
75.0	4446.23	
100.0	4791.69	

Con fines de diseño de defensas ribereñas y el dimensionamiento de las estructuras, recomiendan periodos de retorno de 50 años para zonas agrícolas y 100 años para zonas urbanas.

Sin embargo, el estudio “Simulación hidráulica del río tumbes tramo puerto El Cura hasta 900 m aguas abajo del puente Tumbes”, formulado el año 1,999 precisa que:

- Para los caudales de 1,805 y 2,205 m<sup>3</sup>/s, se presentan niveles de agua superiores a los niveles de las márgenes derecha e izquierda del río, aparecerán un conjunto de inundaciones a lo largo de las márgenes derecha e izquierda del río, que permitirán la disminución del caudal a la altura de la ciudad de Tumbes, (.....) lo que nos demuestra que no es conveniente hacer los diques de encauzamiento en lugares aguas arriba de la ciudad porque serán las zonas de desfogue hacia las tierras de cultivo, evitando de esta forma se produzcan desbordes hacia la ciudad de Tumbes.

Este estudio a pesar del tiempo de su formulación, en la práctica, sigue vigente toda vez que con una avenida de 1,950 m<sup>3</sup>/seg registrada el día 28 de marzo del presente año en la estación El Tigre, fueron afectadas las áreas agrícolas de los sectores La Noria, San Jacinto, Malvales, Cerro Blanco y otros.

Por lo que, se recomienda diseñar estructuras que permitan fijar las riberas del cauce principal del río Tumbes con un caudal de 2000 a 2300 m<sup>3</sup>/seg y para un periodo de retronó de 10 años.

## CAPITULO 5: RED GEODÉSICA

La Red Geodésica en el río Tumbes está conformada por 48 Puntos de Orden “C”, los cuales fueron instalados y monumentados por la Empresa SD Geodesia y Topografía en Enero del 2010 a solicitud de COFOPRI.

Esta Red Geodésica servirán de soporte georreferencial para los levantamientos cartográficos y topográficos para la elaboración de estudios de pre inversión e inversión, así como replanteo en la construcción de obras hidráulicas, defensa ribereñas y control de avenidas dentro de la faja marginal.

### 5.1 Establecimiento del Punto Geodésico

Los puntos geodésicos establecidos son del Orden “C” y suman en total 48 puntos, distribuidos en los distritos de Tumbes-Aeropuerto (02 puntos), Tumbes – Puerto Pizarro (03 Puntos), Tumbes – Tumbes (17 puntos), Pampas de Hospital (05 puntos), San Jacinto (12 puntos), Corrales (02 puntos) y San Juan de la Virgen (07 puntos).

Parámetros del Sistema de Referencia utilizado

▪ Datum	:	WGS 1984.
▪ Achatamiento	:	298.257 223 563
▪ Proyección	:	UTM
▪ Zona UTM	:	17 Sur
▪ Meridiano Central	:	81° W
▪ Unidad de medición	:	Metro Internacional

### 5.2 Información de los Puntos de Orden “C”

En el cuadro 21, se describen los principales datos de los 48 Puntos Geodésicos instalados por la Empresa SD Geodesia y Topografía

La memoria descriptiva de cada punto de los 48 puntos instalados se incluye en anexos.

A continuación, se presenta la figura 6 memoria descriptiva del Punto Geodésico PSJ 2.



DIRECCIÓN DE CATASTRO  
SUBDIRECCIÓN DE GEODESIA Y TOPOGRAFÍA  
UNIDAD DE GEODESIA

**DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN**

CÓDIGO: PSJ2	LOCALIDAD: C.P. PECHICAL	ESTABLECIDO POR: COFOPRI	
DISTRITO: SAN JACINTO	PROVINCIA: TUMBES	DEPARTAMENTO: TUMBES	
LATITUD (Ø): 3°38'12.89941" S	LONGITUD (λ): 80°27'18.50161" O	ALTURA ELIPSOIDAL: 53.669 m	
NORTE(N): 9597987.783 m	ESTE (E): 560508.972 m	ALTURA ORTOMÉTRICA: 44.850 m	
FACTOR DE ESCALA DE ALTURA: 0.9999915857	FACTOR DE ESCALA DE PROYECCIÓN: 0.9996453203	DATUM: WGS84	
ELIPSOIDE: GRS80	MODELO GEOIDAL: EGM96	ZONA UTM: 17 SUR	ORDEN: C
<p><b>UBICACIÓN:</b> Desde la ciudad de Tumbes dirigirse al sur por la carretera Panamericana Norte hasta cruzar el puente Corrales y tomar el desvío a la izquierda rumbo al centro poblado Pechichal, ubicar la lomada El Jabón, en cuya cima se halla la marca de estación.</p> <p><b>DESCRIPCIÓN:</b> La marca es un perno con cabeza semiesférica de 2 cm de diámetro que atraviesa el centro de un disco de bronce de 5 cm de radio, incrustados en un bloque de concreto cuadrangular de 40 cm de lado al nivel del suelo. El centro del perno indica el eje de la estación. Presenta en el concreto la siguiente inscripción: COFOPRI PCDPI PSJ-02 2009 La estación PSJ2 ha sido enlazada a la estación TUMBES de orden "A" de la REGGEN del IGN. La estación PSJ2 es visible con la estación PSJ1 para aplicaciones topográficas.</p>			
ELABORADO POR:	UNIDAD DE GEODESIA:	S.D. GEODESIA Y TOPOGRAFÍA:	FECHA:
ING. BRAULIO MACEDO D.	ING. VICTOR FAJARDO L.	ING. ELMER FERNANDEZ R.	ENERO 2010

Figura 6. Memoria descriptiva del Punto Geodésico PSJ 2

**Cuadro 21. RELACION DE PUNTOS GEODESICOS DE ORDEN "C"**

Código	Norte (Y)	Este (X)	ALTURA GEOIDAL	Descripción
				<b>Distrito Tumbes. Aeropuerto : Dos (2) Puntos de Orden C</b>
AER-1	9,608,291.883	567,480.297	29.917	Para acceder a la estación AER-1, partiendo de la ciudad de Tumbes, se debe seguir por la carretera panamericana en dirección a Puerto Pizarro hasta llegar al portal de ingreso al aeropuerto de la ciudad, cruzar la garita de control sobre el lado izquierdo en el área del gramado, se encuentra la marca de estación. La marca es un hito de concreto de forma cuadrada, y presenta un disco (placa-registro) de metal de 4"Ø, incrustada, lleva como eje un perno de 8"L. de cabeza semiesférica.
AER-2	9,607,868.000	567,974.555	32.686	Para acceder a la estación AER-2, partiendo de la ciudad de Tumbes, se debe seguir por la carretera panamericana en dirección a Puerto Pizarro hasta llegar al portal de ingreso al aeropuerto de la ciudad, cruzar la garita de control continuar por la vía interna del aeropuerto aprox. 650m; sobre el lado izquierdo en el área del gramado, se encuentra la marca de estación. La marca es un hito de concreto de forma cuadrada, y presenta un disco (placa registro) de metal de 4"Ø, incrustada, lleva como eje un perno de 8"L. de cabeza semiesférica.
				<b>Distrito Tumbes. Localidad Puerto Pizarro: tres (3) Puntos de Orden C</b>
PP1	9,613,148.661	716,672.456	28.910	Para acceder a la estación PP1, tomar la carretera Panamericana de Tumbes hacia Aguas Verdes, hasta el km.1278, seguir por el desvío que conduce a la caleta de Puerto Pizarro. En la intersección de la Av. Miguel Grau (Boulevard) con el malecón delante del mirador de Pto.Pizarro, en un vértice interno de la vereda, se halla la marca de estación. La marca es un hito de concreto de forma cuadrada de aprox.20cm, y presenta un disco (placa registro) de 4"Ø, y lleva como eje un perno de 8"L de cabeza semiesférica fijado con cemento.
PP2	9,613,022.949	567,810.649	10.865	Para acceder a la estación PP2, tomar la carretera Panamericana de Tumbes hacia Aguas Verdes, hasta el km.1278, seguir por el desvío que conduce a la caleta de Puerto Pizarro. En la intersección de la Av. Miguel Grau (Boulevard) con la calle San Pedro Norte, en un vértice interno de la vereda del boulevard, se halla la marca de estación. La marca es un hito de concreto a nivel del suelo, y presenta un disco (placa-registro) de 4"Ø, y lleva como eje un perno de 8"L de cabeza semiesférica fijado con cemento.
PP3	9,612,858.370	567,848.674	11.293	Para acceder a la estación PP3, tomar la carretera Panamericana de Tumbes hacia Aguas Verdes, hasta el km. 1278. Seguir por el desvío que conduce a la caleta de Puerto Pizarro, en la intersección de esta vía lado derecho con la calle Jose Olaya en la Villa Puerto Pizarro, se halla la marca de estación. La marca es un hito de concreto de forma rectangular a nivel del suelo, y presenta un disco (registro) de 4" Ø, y lleva como eje un perno de 8"L de cabeza semiesférica fijado con cemento.
				<b>Distrito Tumbes. Localidad Tumbes: diecisiete (17) Puntos de Orden C</b>
PT03	9605914.867	560317.624	13.417	Partiendo de la plaza de armas de Tumbes, la marca se encuentra al norte a unos 680 m. en línea recta, entre la carretera panamericana (Av. Tumbes cuadra 06) y el Jr. Mayor Novoa, en la berma central a 1.80 m. aproximadamente al lado norte de una estructura para un panel publicitario. Los valores de coordenadas corresponden al eje del fierro de 1/2" Φ que se halla en una base de concreto.
PT04	9606146.253	560486.072	14.065	Partiendo de la plaza de armas de Tumbes, la marca se encuentra al norte, a una distancia aproximada de 970 m en línea recta, en la intersección que forma el Jr. 24 de julio y el carril derecho de la carretera panamericana norte (Av. Tumbes), sobre la vereda y unos 40 cm. al norte de un semáforo existente a la fecha, muy próximo al vértice del inmueble donde al momento está de la Clínica San Nicolás. Los valores de coordenadas corresponden al eje del fierro de 1/2" Φ que se halla en una base de concreto.
PT06	9606757.365	560904.721	14.290	Partiendo de la plaza de armas, la marca se encuentra hacia el norte, a unos 1700 m. en línea recta, pasando el Jr. La Marina que se intersecta con la carretera panamericana norte, en el carril izquierdo, sobre la vereda donde se encuentra la Dirección Territorial de la Policía Nacional de Tumbes. Los valores de coordenadas corresponden al eje del fierro de 1/2" Φ que se halla en una base de concreto.
PT07	9606798.675	561065.122	13.387	Partiendo de la plaza de armas, la marca se encuentra al noreste, a unos 1850 m. en línea recta, siguiendo el carril derecho de la carretera panamericana norte, cruzando el Jr. La Marina, se halla en el centro de la vereda de ésta, frente a la Clínica de la Familia. Los valores de coordenadas corresponden al eje del fierro de 1/2" Φ que se halla en una base de concreto.

**“Tratamiento de Cauce del Río Tumbes para el Control de Inundación y Erosión Fluvial”**

PT08	9606896.211	561516.449	12.667	Partiendo de la plaza de armas de Tumbes, la marca se ubica al noreste, a aproximadamente 2200 m. en línea recta, siguiendo la panamericana norte está cruzando la calle los jazmines, frente al vértice sur de la Institución Educativa Particular "Niño Jesús", al costado izquierdo de la carretera panamericana norte y sobre la vereda lateral de la misma. Los valores de coordenadas corresponden al eje del fierro de 1/2" Φ que se halla en una base de concreto.
PT09	9606978.589	562091.428	14.474	Partiendo de la plaza de armas de Tumbes, la marca se encuentra al noreste, a 2700 m aproximadamente en línea recta, siguiendo la panamericana norte, pasando el estadio, frente al Colegio de Policía "Carlos T. Puell Mendoza", al lado izquierdo y sobre la vereda lateral de la mencionada carretera panamericana norte. Los valores de coordenadas corresponden al eje del fierro de 1/2" Φ que se halla en una base de concreto.
PT12	9607198.024	563553.539	29.218	La ubicación de la marca se encuentra partiendo de la plaza de armas de Tumbes, al lado noreste y a unos 4 Km. en línea recta, siguiendo la panamericana norte está pasando el Proyecto Especial Puyango Tumbes, cerca del frente de un parque, entre la cuneta y la vía de tránsito del carril izquierdo de la indicada panamericana norte. Las coordenadas corresponden al eje de una estaca de fierro 1/2"Ø que se halla incrustada en una base de concreto.
PT13	9607310.651	564298.194	28.640	La ubicación de la marca, se encuentra al noreste de la plaza de armas de Tumbes, siguiendo la carretera panamericana norte en el margen izquierdo; además está saliendo del ámbito urbano y cruzando la quebrada Luey, al frente de un taller de mecánica Tolvos Espinoza García. Las coordenadas de la marca corresponden al eje de una estaca de fierro 1/2"Ø que se halla incrustada en una base de concreto.
PT15	9605921.133	564575.794	40.954	La marca se encuentra al lado este de la plaza de armas de Tumbes, a una distancia aproximada en línea recta de 4.60 Km., en el asentamiento humano Los Ángeles y en la Av. Los Postes La marca es un disco (placa-registro) de bronce de 5"Ø y lleva en el eje un fierro de 1/2", todo ello se halla incrustada en una base de concreto.
PT16	9605160.868	564074.373	53.065	La marca se encuentra al este de la plaza de armas de Tumbes, a aproximadamente unos 4.10 km en línea recta, para ubicarla se sigue la panamericana norte, pasando el Proyecto Especial Puyango Tumbes y a la altura de un parque, ingresar por la Av. Fernando Belaunde Terry, cruzar el canal de riego Puerto El Cura hasta un área libre destinada para un óvalo, correspondiente a la ciudad de la Noe II Etapa. La marca es un disco (placa-registro) de bronce de 5"Ø y lleva en el eje un fierro de 1/2", todo ello se halla incrustada en una base de concreto.
PT19	9606389.864	563692.434	33.815	La marca se encuentra al este de la plaza de armas de Tumbes, a aproximadamente 3.850 km en línea recta, siguiendo la panamericana norte, se ingresa por la Av. Fernando Belaunde Terry, hasta llegar al parque José Lishner Tudela, que es colindante con la DISA Tumbes. La marca de estación está en el margen interno de la vereda, a unos 45 m. al norte del vértice de DISA Tumbes y aprox. 30 m. al este del vértice de la I. E. N° 054. Los valores de coordenadas corresponden al eje del fierro de 1/2" Φ que se halla en una base de concreto.
PT22	9606332.279	561777.902	31.542	La marca se ubica al noreste de la plaza de armas de Tumbes, a unos 2.00 km, siguiendo la carretera panamericana norte, ingresar a la altura del Instituto Superior Pedagógico hacia y hasta el Asentamiento Humano Vista del Valle, pasando las viviendas en una área libre; además está al este de una tanque elevado de agua y a 235 m aproximadamente de distancia en línea recta. Los valores de coordenadas corresponden al eje del fierro de 1/2" Φ que se halla en una base de concreto.
PT23	9606194.400	561552.940	40.902	La marca se encuentra al noreste de la plaza de armas de Tumbes, a 1.80 km aproximadamente en línea recta, siguiendo la carretera panamericana norte, ingresar al lado derecho a la altura de la Clínica de La Familia, con dirección a un tanque elevado de agua potable; el punto está a 125 m al sur de éste tanque, dentro del aérea que corresponde al Ejército. Los valores de coordenadas corresponden al eje del fierro de 1/2" Φ que se halla incrustado en una base de concreto.
PT27	9603818.36	561322.554	43.322	La marca se encuentra al sur este de la plaza de armas de Tumbes, a aproximadamente 2.00 km. en línea recta, en el asentamiento humano Las Flores, Calle Los Topacios, Mz A, frente al Lt 13, a unos 5 m al norte de dicho lote. Los valores de coordenadas corresponden al eje del fierro de 1/2" Φ que se halla en una base de concreto.
PT29	9604838.385	560345.608	17.737	La marca se encuentra la sur este de la plaza de armas de Tumbes, a aproximadamente 570 m en línea recta, sobre la vereda que esta hacia el lado del río Tumbes, en el malecón Benavides, frente de la vivienda signada con el N° 140, a unos 20 m al noroeste del vértice de las instalaciones del Ejército. Los valores de coordenadas corresponden al eje del fierro de 1/2" Φ que se halla en una base de concreto.
PT30	9605138.082	559737.748	19.117	La marca se encuentra al sur oeste de la plaza de armas de Tumbes, a unos 320 m en línea recta, en el estribo sur oeste del Puente que se encuentra sobre el río Tumbes. Los valores de coordenadas corresponden al eje del fierro de 1/2" Φ que se halla en una base de concreto.

**“Tratamiento de Cauce del Río Tumbes para el Control de Inundación y Erosión Fluvial”**

Código	Norte (Y)	Este (X)	ALTURA GEOIDAL	Descripción
				<b>Distrito Pampas de Hospital: cinco (05) Puntos de Orden C</b>
PH-01	9591837.202	562328.518	34.761	La marca se encuentra en la plaza de armas del distrito Pampas de Hospital, en el vértice noreste, sobre la vereda y a aproximadamente 1.50 del borde externo, además a unos 20 m al sur este de la comisaría de la PNP. La marca es una placa de bronce 4" Ø, que en el centro lleva un perno de fierro incrustado en una base concreto. Los valores de coordenadas corresponden al eje del mismo.
PH-02	9591522.800	562442.953	35.777	La marca se encuentra al sur este de la plaza de armas del distrito Pampas de Hospital, a unos 320 m en línea recta, en la Av. Alfonso Ugarte, frente al monumento del parque infantil La Madre, se halla sobre la vereda, a la altura de la vivienda de la Sra. Elva La Rosa Feijó. La marca es una placa de bronce 4" Ø, que en el centro lleva un perno de fierro incrustado en una base concreto. Los valores de coordenadas corresponden al eje del mismo.
PH-03	9591240.282	562521.145	34.944	La marca se encuentra al sur este de la plaza de armas del distrito Pampas de Hospital, a unos 610 m en línea recta, en la Av. Alfonso Ugarte, frente a la vivienda del Sr. Teobaldo Salazar Preciado, a 1.3 m del margen derecho de la carretera hacia el caserío El Cabuyal. La marca es una placa de bronce 4" Ø, que en el centro lleva un perno de fierro incrustado en una base concreto. Los valores de coordenadas corresponden al eje del mismo.
PH-04	9591448.137	563173.728	56.528	La marca se encuentra al este de la plaza de armas del distrito Pampas de Hospital, a unos 920 m en línea recta, pasando por el cementerio local y siguiendo hacia el este hasta la cima de una loma donde se ubica una antena pararrayos, se halla aproximadamente a 4 m al este de dicha antena. La marca es una placa de bronce 4" Ø, que en el centro lleva un perno de fierro incrustado en una base concreto. Los valores de coordenadas corresponden al eje del mismo.
PH-05	9592458.143	563017.171	69.685	La marca se encuentra al noreste de la plaza de armas del distrito Pampas de Hospital, a unos 1000 m en línea recta, en la cima de una loma, ingresando por el sector cardalitos. La marca es una placa de bronce 4" Ø, que en el centro lleva un perno de fierro incrustado en una base concreto. Los valores de coordenadas corresponden al eje del mismo.

Código	Norte (Y)	Este (X)	ALTURA GEOIDAL	Descripción
				<b>Distrito Corrales: dos (2) Puntos de Orden C</b>
R-01	9,600,906.63	558,631.39	29.345	Para acceder a la estación R-01, se debe tomar la carretera Panamericana de Tumbes en dirección sur hasta llegar al desvío a Corral Quemado-Cruce de Piedras Blancas, se continúa por la vía de evitamiento hasta la carretera San Jacinto, tomar el ingreso por el tablazo hacia Pedregal, y seguir hasta llegar a la Iglesia de Pedregal. En el lado derecho de la iglesia (parte posterior), en el vértice interno formado por 2 veredas se encuentra la marca de estación. La marca es un hito de forma rectangular, y presenta un disco (placa) de metal de 4"Ø, lleva como eje un fierro de 3/8" Ø.
R-02	9,600,895.42	558,468.16	28.929	Para acceder a la estación R-02, se debe tomar la carretera Panamericana de Tumbes en dirección sur hasta llegar al desvío a Corral Quemado-Cruce de Piedras Blancas, se continúa por la vía de evitamiento hasta la carretera San Jacinto, tomar el ingreso por el tablazo hacia Pedregal, y seguir hasta llegar a la Escuela Primaria N°023 Divino Jesús de Nazaret, en el lado izquierdo del instituto en dirección a la iglesia, adyacente a la vereda se halla la marca de estación. La marca es un hito de forma irregular, y presenta un disco (placa) de metal de 4"Ø, y lleva como eje un fierro de 3/8" Ø.

**“Tratamiento de Cauce del Río Tumbes para el Control de Inundación y Erosión Fluvial”**

Código	Norte (Y)	Este (X)	ALTURA GEOIDAL	Descripción
				<b>Distrito San Jacinto (12) Puntos de Orden C</b>
PSJ1	9598142.699	559757.812	52.565	Desde la ciudad de Tumbes dirigirse al sur por la carretera Panamericana Norte hasta cruzar el puente Corrales y tomar el desvío a la izquierda rumbo al centro poblado Pechichal, ubicar el I.E. N°121 Sarita Colonia Zambrano, a 400 m al oeste se encuentra una loma, en cuya cima se halla la marca de estación.
PSJ2	9597987.783	560508.972	53.669	Desde la ciudad de Tumbes dirigirse al sur por la carretera Panamericana Norte hasta cruzar el puente Corrales y tomar el desvío a la izquierda rumbo al centro poblado San Jacinto, ubicarse en la intersección del jirón Horacio Patiño y el jirón Hilario Carrasco, a 130 m al suroeste se encuentra el reservorio de agua en cuya parte superior se halla la marca de estación.
PSJ3	9597183.931	560849.913	66.540	Desde la ciudad de Tumbes dirigirse al sur por la carretera Panamericana Norte hasta cruzar el puente Corrales y tomar el desvío a la izquierda rumbo al centro poblado San Jacinto, ubicarse en la intersección del jirón Horacio Patiño y el jirón Hilario Carrasco, a 130 m al suroeste se encuentra el reservorio de agua en cuya parte superior se halla la marca de estación.
PSJ4	9597399.107	561255.442	33.015	Desde la ciudad de Tumbes dirigirse al sur por la carretera Panamericana Norte hasta cruzar el puente Corrales y tomar el desvío a la izquierda rumbo al centro poblado San Jacinto, ubicar la Plaza Mayor San Jacinto y situarse al lado de estrado, a 7.9 m de poste de alumbrado público se halla la marca de estación.
PSJ5	9594842.163	561211.626	38.255	Desde la ciudad de Tumbes dirigirse al sur por la carretera Panamericana Norte hasta cruzar el puente Corrales y tomar el desvío a la izquierda rumbo al centro poblado Santa Rosa, ubicar la señal informativa con el mensaje "SANTA ROSA" que se halla al lado izquierdo de la vía, avanzando 25 m y en el mismo lado de la vía se halla la marca de estación.
PSJ6	9594446.852	561036.295	37.855	Desde la ciudad de Tumbes dirigirse al sur por la carretera Panamericana Norte hasta cruzar el puente Corrales y tomar el desvío a la izquierda rumbo al centro poblado La Peña. Ubicarse en el sector sur de la plaza de armas ya 1.6 m de poste de alumbrado público, en el área correspondiente a jardines y a 0.5 m de borde de cemento que circunda dicho jardín se halla la marca de estación.
PSJ7	9590372.704	560805.246	37.485	Desde la ciudad de Tumbes dirigirse al sur por la carretera Panamericana Norte hasta cruzar el puente Corrales y tomar el desvío a la izquierda rumbo al centro poblado Vaquería. Ubicar la iglesia "Perpetuo Socorro", a 4 m de esquina su sureste se halla la marca de estación.
PSJ8	9590059.018	560834.986	61.882	Desde la ciudad de Tumbes dirigirse al sur por la carretera Panamericana Norte hasta cruzar el puente Corrales y tomar el desvío a la izquierda rumbo al centro poblado Vaquería, ubicar el sector Buenos Aires y ascender por una trocha carrozable a la cima de una lomada hasta el predio con número municipal 108, a 5.5 m de poste de mediana tensión se halla la marca de estación.
PSJ9	9588456.687	560359.819	49.547	Desde la ciudad de Tumbes dirigirse al sur por la carretera Panamericana Norte hasta cruzar el puente Corrales y tomar el desvío a la izquierda rumbo al centro poblado de Oidor. Ubicarse en el centro de la plaza de armas y desplazarse hacia una loma ubicada al noroeste, en cuya cima se halla la marca de estación.
PSJ10	9588709.416	559762.352	45.076	Desde la ciudad de Tumbes dirigirse al sur por la carretera Panamericana Norte hasta cruzar el puente Corrales y tomar el desvío a la izquierda rumbo al centro poblado Oidor. Ubicarse en el sector sur de la plaza de armas, en el área correspondiente a jardines, a 0.7 m del borde se halla la marca de estación.

**“Tratamiento de Cauce del Río Tumbes para el Control de Inundación y Erosión Fluvial”**

PSJ11	9587257.214	560641.740	53.454	Desde la ciudad de Tumbes dirigirse al sur por la carretera Panamericana Norte hasta cruzar el puente Corrales y tomar el desvío a la izquierda rumbo al centro poblado Casa Blanqueada. Ubicar el puesto de salud "Casa Blanqueada", frente a este se encuentra un cerro de poca altura en cuya cima se encuentra el predio de la familia Mena Cornejo, a 10 m al oeste de la casa y a unos 6 m de un poste de transmisión eléctrica se halla la marca de estación.
PSJ12	9586847.290	560636.087	39.863	Desde la ciudad de Tumbes dirigirse al sur por la carretera Panamericana Norte hasta cruzar el puente Corrales y tomar el desvío a la izquierda rumbo al centro poblado Casa Blanqueada, ubicarse en el sector SW del parque Simón Bolívar, en el área correspondiente a jardines, a 4.5 m de poste de alumbrado público se halla la marca de estación.

Código	Norte (Y)	Este (X)	ALTURA GEOIDAL	Descripción
				<b>Distrito San Juan De La Virgen: siete (7) Puntos de Orden C</b>
SJV-1	9599330.835	562776.387	59.638	La marca se encuentra al norte de la plaza armas del distrito, a una distancia en línea recta de unos 350 m, en la cima de una loma donde a la fecha existe una cruz de madera; además se halla aproximadamente a 140 m al lado noroeste de la carretera que pasa por el poblado hacia el distrito de Pampas de Hospital. La marca es una placa de bronce 4" Φ, que en el eje lleva un perno de fierro incrustado en una base concreto. Los valores de coordenadas corresponden al eje del perno.
SJV-2	9598989.352	562905.989	31.154	La marca se encuentra sobre la azotea de las instalaciones de la municipalidad distrital de San Juan de La Virgen, en el tercer piso a la altura de los servicios y al costado de un tanque de agua de polietileno. La marca es una placa de bronce 4" Φ, incrustado a nivel del techo de concreto en una base cemento. Los valores de coordenadas corresponden al eje de la misma.
SJV-3	9599297.312	563615.688	37.156	La marca se encuentra al este de la plaza de armas, a unos 750 m en línea recta, si se sigue la proyección de la calle Rosa López está cruzando un canal y en la parte elevada del terreno de dicha zona. La marca es una placa de bronce 4" Φ, que en el centro lleva un perno de fierro incrustado en una base concreto. Los valores de coordenadas corresponden al eje del mismo.
SJV-4	9601050.783	562662.776	56.093	La marca se encuentra a unos 370 m al norte del parque del caserío, a unos 15 m al lado oeste de un tanque elevado de agua (actualmente no usado), en la cima de una loma, aproximadamente a 120 m al este de la carretera hacia San Juan de La Virgen. La marca es una placa de bronce 4" Φ, que en el centro lleva un perno de fierro incrustado en una base concreto. Los valores de coordenadas corresponden al eje del mismo.
SJV-5	9600517.885	562938.354	62.314	La marca se encuentra al sur este del parque del poblado, a unos 250 m en línea recta, se halla en la cima de una zona elevada de terreno; al lado sur y aproximadamente 40 m de la vivienda del Sr. Rufino Lazariego Panta. La marca es una placa de bronce 4" Φ, que en el centro lleva un perno de fierro incrustado en una base concreto. Los valores de coordenadas corresponden al eje del mismo.
SJV-6	9595934.187	563601.268	23.199	La marca se encuentra en la plaza de armas del caserío Cerro Blanco, al oeste del centro de la misma; es decir ingresando por el lado de la carretera que conduce al distrito de Pampas de Hospital se halla a 1 m hacia la parte interior del vértice que forma el muro de concreto del lado izquierdo, a la altura de la tercera grada por donde se accede a la mencionada plaza. La marca es una placa de bronce 4" Φ, que en el centro lleva un perno de fierro incrustado en una base concreto. Los valores de coordenadas corresponden al eje del mismo.

### 5.3 Mapas de ubicación de los Puntos de Orden “C”

En la figura 6, se muestran la ubicación de los 48 Puntos Geodésicos instalados por SD Geodesia y Topografía

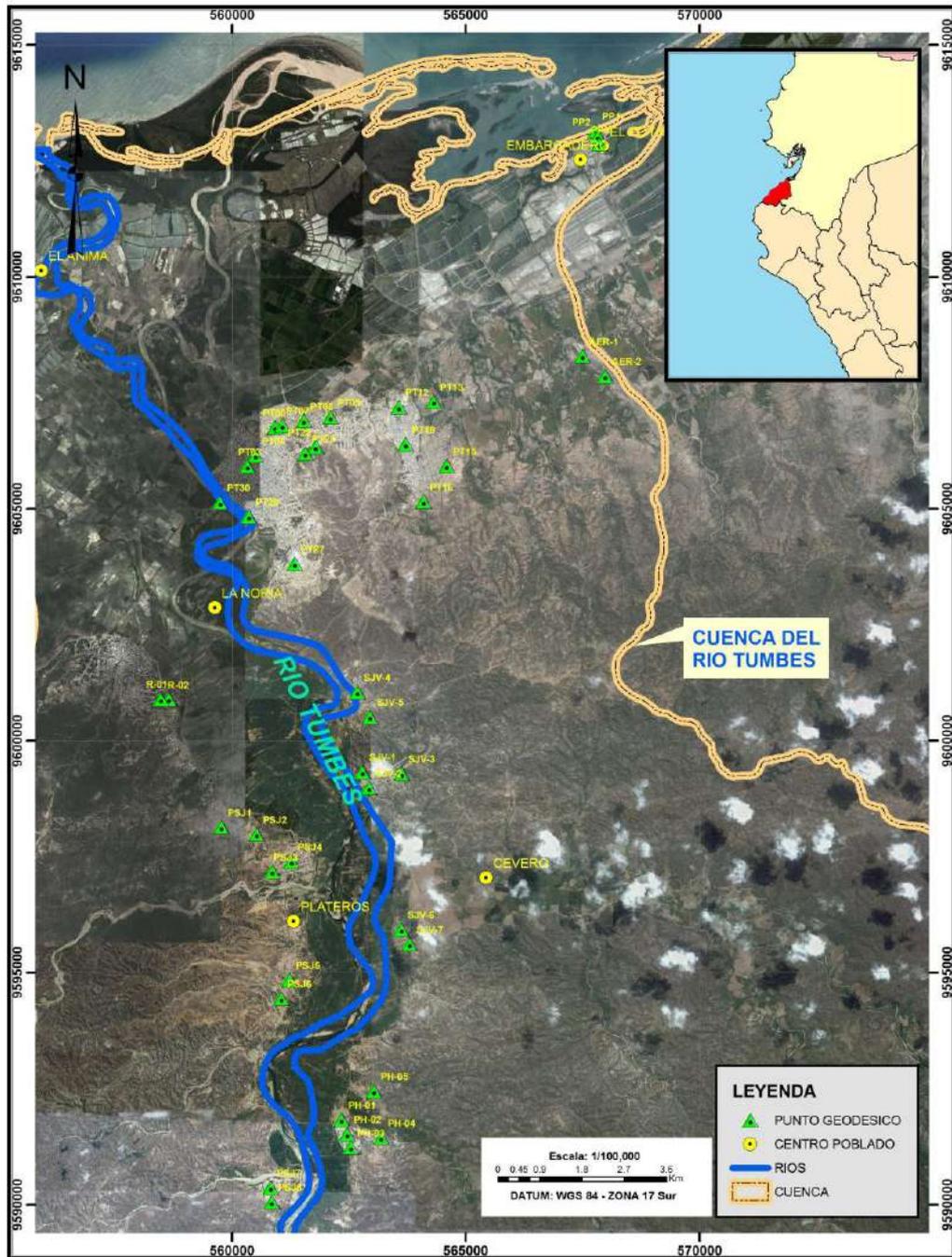


Figura 6. Ubicación de los Puntos de Orden “C”

## CAPITULO 6: PARÁMETROS HIDRÁULICOS Y ACONDICIONAMIENTO DEL CAUCE EN RÉGIMEN ESTABLE

Los factores físicos principales que actúan como condicionantes en un cauce estable son el régimen hidrológico y la sinuosidad o geomorfología.

El caudal del río Tumbes es variable durante el año y espacialmente. Una gran parte del año el caudal es pequeño o mediano, que discurre en una franja relativamente estrecha y otro parte del año el caudal es alto (enero, febrero y marzo), que ocupa franjas mayores para el transporte del flujo. Es importante que el cauce principal, dominado por el ancho estable, garantice el flujo de esta variación de caudales, sin generar erosiones o colmataciones de importancia.

La sinuosidad es otro factor importante en la estabilidad de un río. Un río en estado natural no es recto. Por lo tanto, un encauzamiento recto con curvaturas pequeñas (fondo móvil), no es capaz de conducir las aguas en línea recta sino que desarrolla inestabilidad lateral. Los ríos de gran sinuosidad tienen mayor longitud y menor pendiente; asimismo, las curvas generan resistencia al flujo; por lo tanto la capacidad de desagüe es menor, pudiendo originar desbordamiento mayores. Si las orillas no son resistentes, la acción sobre las curvas puede causar erosión en las márgenes.

### 6.1 Morfología fluvial

El río Tumbes es un río Permanente o perenne. En la parte alta de la cuenca presenta un lecho rocoso y encajonado, mientras que en la parte baja se puede apreciar zonas aluviales con menores pendientes que pueden conformar las llanuras de inundación.

La pendiente de un río establece el aspecto más importante para definir el régimen hidráulico. De acuerdo a este parámetro el río Tumbes se comporta como un río torrencial en la parte baja y media de la cuenca y torrente en la parte alta de la cuenca.

En parte el río presenta una morfología tipo trenzado, mientras que para el resto del río se comporta con una morfología tipo recto. Si relacionamos la pendiente con el caudal mediante la relación  $i \cdot Q^{0.44} > 0.0116$  ( $i$  = pendiente y  $Q$  = caudal), entonces el río se comporta del tipo recto.

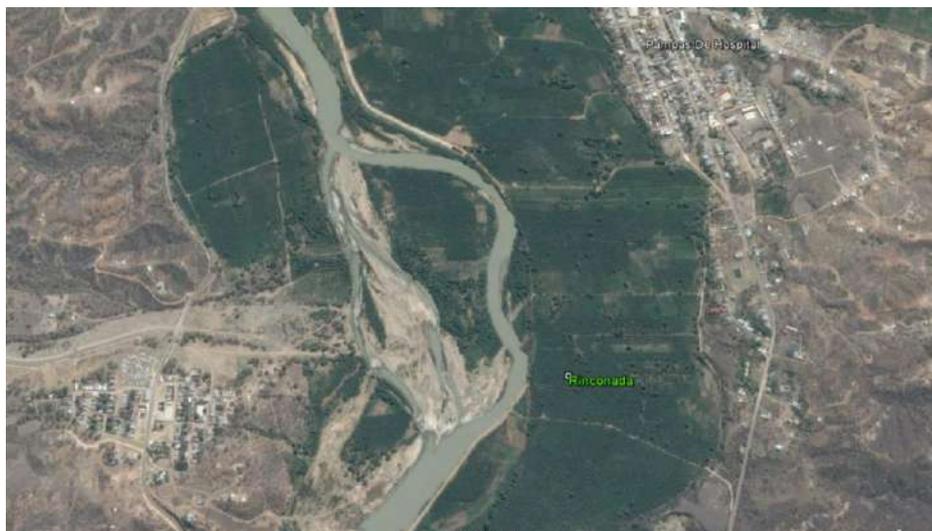


Figura 7.. Río Tumbes, tramo trenzado

## 6.2 Acondicionamiento del cauce

Para tratar de dar las condiciones de régimen estable del río Tumbes se ha considerado determinar algunos parámetros fundamentales como los que se describen.

### 6.2.1 Trazo del eje del río

Sobre la base de imágenes satelitales e información de la carta nacional, se ha trazado el eje del río, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

#### CRITERIOS

- **Sinuosidad del río**

Se ha rectificando con tramos compuesto por curvas grandes y ligeramente rectas, considerando que la pendiente de equilibrio va a permitir un equilibrio entre la sedimentación y la erosión. Teniendo en cuenta que no deben existir alineaciones rectas sino curvas (figura 8).

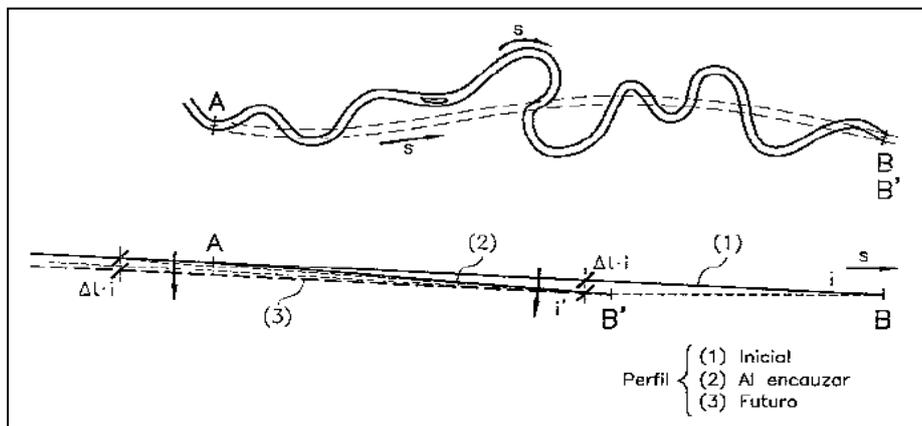


Figura 8. Trazo para reducir curvas  
Fuente: Ingeniería de Ríos- Martín, J.

Dentro de la curvatura no es recomendable trazar arcos de círculos, ya que la curvatura es constante y cambiaría bruscamente de signo en el punto de tangencia (figura 9).

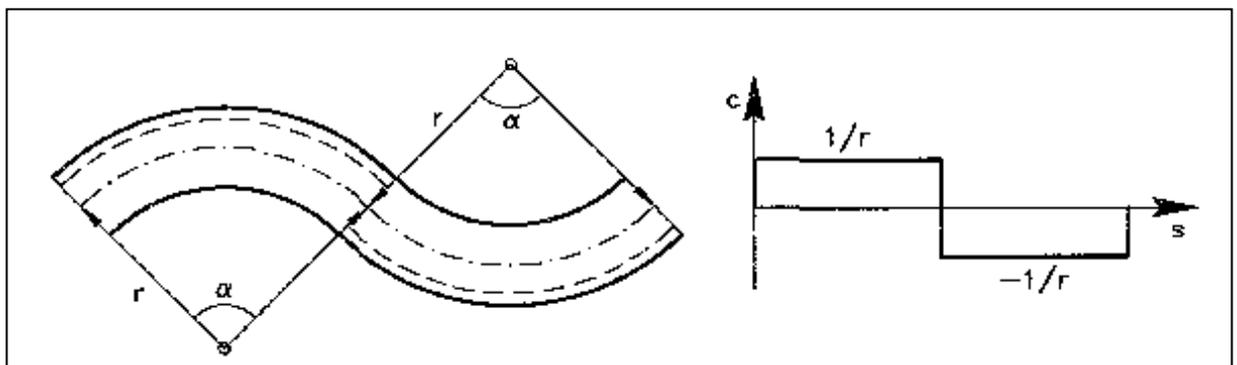


Figura 9. Alineaciones circulares alternadas

- **Estructuras viales de cruce e hidráulicas**

Los puentes y bocatomas de alguna forma definen el ancho de un río en ese tramo. En el desarrollo del río Tumbes se localizan dos puentes importantes: Puente Francos y el Puente Benavides (figura 10).



Figura 10. Existencia de estructuras Viales  
Fuente: Google Earth

- **Predios agrícolas**

Se ha tenido en cuenta la propiedad privada, para no generar conflictos con los propietarios.

- **Estrangulaciones naturales**

Existen tramos del río con presencia de zonas rocosas que definen de manera natural el ancho del río, el cual no puede ser modificado.



Figura 11. Estrangulaciones naturales y predios agrícolas  
Fuente: Google Earth

- **Existencia de obras de defensa ribereña**

Las obras construidas en los cauces de los ríos pueden estar bien o mal ubicadas con respecto a la alineación de los bordes de las márgenes y ancho estable.



Figura 12. Defensas ribereñas ubicadas en sector Cerro Blanco  
Fuente: Autoridad Nacional del Agua

- **Aspectos legales**

Se hace referencia a la Ley de Recursos Hídricos y a la Directiva sobre delimitación de Fajas Marginales.

De acuerdo a los criterios descritos se propone un eje de longitud 48,300 m. Desde la progresiva 0+000, que inicia en la desembocadura al mar, distrito de Tumbes, con las coordenadas: Este (X) 564 013 Norte (Y) 9 614 753 hasta la progresiva 48+000 en la Estación de Aforo El Tigre (fin del tramo), que tiene las siguientes coordenadas: Este (X) 560 355, Norte (Y) 9 583 377. (Figura N° 17).

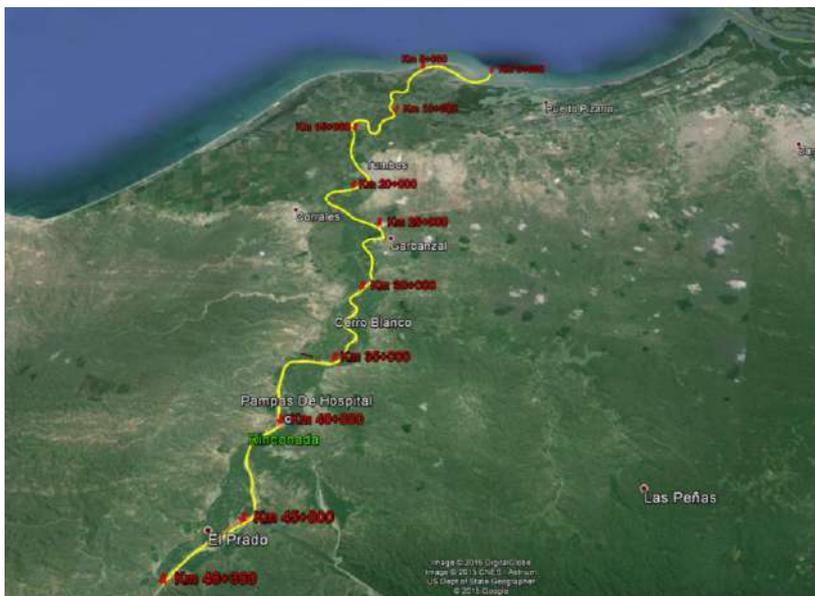


Figura 13. Propuesta de Eje del río Tumbes

Fuente: Elaboración propia, con información del IGN y Google.

En el cuadro 22 se indican las coordenadas de las progresivas del eje del río, desde Kilómetro 0 + 000 ubicado en la desembocadura en el mar (distrito de Tumbes) hasta el kilómetro 48+ 000 m, ubicado en la Estación de Aforo El Tigre (distrito de San Juan de La Virgen).

Las coordenadas están expresadas en coordenadas UTM, datum WGS 84 y zona 17 Sur.

**Cuadro 22**  
**Coordenadas de las progresivas**

<b>Progresiva</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
0+000	564 013	9 614 753
5+000	560 130	9 614 122
10+000	559 912	9 609 967
15+000	558 423	9 607 820
20+000	559 685	9 603 768
25+000	562 088	9 601 469
30+000	562 282	9 597 431
35+000	562 082	9 593 567
40+000	561 315	9 589 799
45+000	561 655	9 585 591
48+000	560 355	9 583 377

Fuente: Elaboración propia.

### **6.2.2 Coeficiente de rugosidad**

La elección del coeficiente de rugosidad (“n” de Manning), se realizó mediante la observación en campo de las características del cauce principal y de los márgenes derecha e izquierda, así como la comparación con estudios anteriores y tablas (Cuadro N° 23).

Los valores de “n” varían según las características de los tramos del río.

En el cuadro 24, se indica el coeficiente de rugosidad del cauce y de las márgenes, para el tramo en estudio.

**Cuadro 23**  
**Valores de Manning**

Tipo de canal y descripción	Minimo	Normal	Máximo
<b>A. Cauces naturales</b>			
<b>1. Canales principales</b>			
a. Limpio, recto, lleno, sin fisuras, fondo profundo	0.025	0.03	0.033
b. Igual al anterior, pero con algo de piedras y hierba	0.03	0.035	0.04
c. Limpio, sinuoso, poco profundo y bancos	0.033	0.04	0.045
d. Igual al anterior, pero con algo de hierba y piedras	0.035	0.045	0.05
e. Igual al anterior, niveles inferiores, más pendientes y secciones menos efectivas	0.04	0.048	0.055
f. Como el "d" pero mas piedras	0.045	0.05	0.06
g. Tramo lento, hierbas, fondo profundo	0.05	0.07	0.08
h. Tramo con mayor maleza, fondo profundo, o recorrido de crecidas con soporte de madera y arbustos bajos	0.07	0.1	0.15
<b>2. Llanura de inundación</b>			
a. Pastura sin arbustos			
1. Pasto corto	0.025	0.03	0.035
2. Pasto alto	0.03	0.035	0.05
b. Áreas cultivadas			
1. Sin cultivo	0.02	0.03	0.04
2. Cultivo maduro alineado	0.025	0.035	0.045
3. Campo de cultivo maduro	0.03	0.04	0.05
c. Arbustos			
1. Arbustos escasos, mucha maleza,	0.035	0.05	0.07
2. Pequeños arbustos y árboles, en invierno	0.035	0.05	0.06
3. Pequeños arbustos y árboles, en verano	0.04	0.06	0.08
4. Arbustos mediano a denso, en invierno	0.045	0.07	0.11
5. Arbustos mediano a denso, en verano	0.07	0.1	0.16
d. Árboles			
1. Terreno despejado con tocones de árboles, sin brotes	0.03	0.04	0.05
2. Igual que el anterior, pero con muchos brotes	0.05	0.06	0.08
3. Soporte de madera, algunos árboles caídos, pequeño crecimiento inferior, flujo por debajo de las ramas	0.08	0.1	0.12
4. Igual al anterior, pero con flujo por encima de las ramas	0.1	0.12	0.16
5. Sauces densos, en verano, rectos	0.11	0.15	0.2
<b>3. Cauces de montañas, sin vegetación en el canal, márgenes usualmente empinados, con árboles y arbustos sobre márgenes submergidos</b>			
a. Fondo: grava, guijarros, y algo de cantos radados	0.03	0.04	0.05
b. Fondo: guijarros con mucho canto rodado	0.04	0.05	0.07

Fuente: Ven T. Chow

**Cuadro 24**  
**Valores de Manning del río Tumbes**

Progresiva (Km)	Referencia	Coeficiente rugosidad (n)		
		Margen derecha	Cauce	Margen izquierda
0+000 - 48+300	Distritos de Tumbes, Corrales, Pampas de Hospital y San Juan de la Virgen	0.035-0.040	0.030-0.035	0.035-0.040

### 6.2.3 Cálculo del ancho estable

El ancho estable, se calculó tomando en consideración 5 criterios o métodos: (1) Recomendación Práctica, (2) Método de Petits, (3) Método de Simons y Henderson, (4) Método de Blench y Altunin y (5) Método de Manning y Strickler. Todos estos métodos son empíricos y bajo la teoría del régimen estable.

a. **Recomendación Práctica.** Este método está en función directa del caudal.

RECOMENDACIÓN PRACTICA	
Q (M <sup>3</sup> /S)	ANCHO ESTABLE ( B2 )
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70

b. **Método de Petits.** La expresión empleada es la siguiente  $B = 4.44 * Q^{0.5}$

c. **Método de Simons y Henderson.** está basado en la teoría de régimen estable y está en función del caudal de diseño y de las condiciones de fondo del río.

**B = K<sub>1</sub> Q<sup>1/2</sup>**

- Fondo y Orillas de Arena ..... K1 = 5.70
- Fondo Arena y Orillas de Material Cohesivo ..... K1 = 4.20
- Fondo y Orillas de Material Cohesivo ..... K1 = 3.60
- Fondo y Orillas del cauce de Grava ..... K1 = 2.90
- Fondo Arena y Orillas de Material No Cohesivo ..... K1 = 2.80

d. **Método de Blench y Altunin.** está basado en la teoría de régimen estable y en función del caudal de diseño, factor de fondo (Fb) y en el factor de orilla (Fs). Los factores Fb y Fs, tienen en cuenta la concentración del material transportado en suspensión, el diámetro de las partículas de fondo y la resistencia de las orillas a ser erosionada.

Un factor de orilla (Fs) puede tomar los siguientes valores:

- Orilla de barro y arena toma el valor de Fs: 0.1.
- Orilla de barro, arcilla, fangosa toma un valor de Fs: 0.2.
- Orilla de material muy cohesivo, toma un valor de fs: 0.3.

El factor de fondo Fb, puede ser valuado mediante las expresiones siguientes:

- Sí el canal arrastra poco sedimento y el fondo es arenoso, emplear la siguiente expresión:  $Fb = 1.9\sqrt{D}$ ,

donde "D" es el diámetro medio de las partículas, en mm.

- Sí existe arrastre de sedimentos y el fondo es arenoso, emplear la siguiente expresión:

$$Fb = 1.9\sqrt{D}(1 + 0.012Cs) \quad \circ \quad Fb = (d_{50})^{\frac{1}{3}}$$

**$B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$**

Factor de Fondo (F <sub>b</sub> )	Factor de Orilla (F <sub>s</sub> )
<input type="radio"/> 0.80 - Mat. Finos (D <sub>m</sub> <0.50 mm)	<input checked="" type="radio"/> 0.10 - Mat. Suelos
<input checked="" type="radio"/> 1.20 - Mat. Gruesos (D <sub>m</sub> >0.50 mm)	<input type="radio"/> 0.20 - Mat. ligeramente Cohesivos
	<input type="radio"/> 0.30 - Mat. Cohesivos

e. **Método de Manning Strickler.** Este método incluye a la rugosidad (n), tipo de material (k) y de cauce (m).

Para el caso del coeficiente de rugosidad (n) los valores recomendados varían de 0.035 a 0.05, según el tipo de material presente. La variación de los valores para K, va a depender del tipo de material, si es aluvial, erosionable o muy resistente y un valor práctico de 10.

En el caso del coeficiente “m”, los valores varían de 0.5 a 1, según el tipo de cauce: aluvial, arenoso o de montaña.

Según los métodos expuestos, el ancho estable del cauce varía de **45 metros en el tramo de mayor cota del cauce a 900 metros en el delta.**

#### 6.2.4 Pendiente del río

La pendiente en el río Tumbes varía desde la parte alta hasta la estación El Tigre con un valor promedio de 1.50% (0.015). La pendiente del río disminuye a medida que baja la cota de la cuenca.

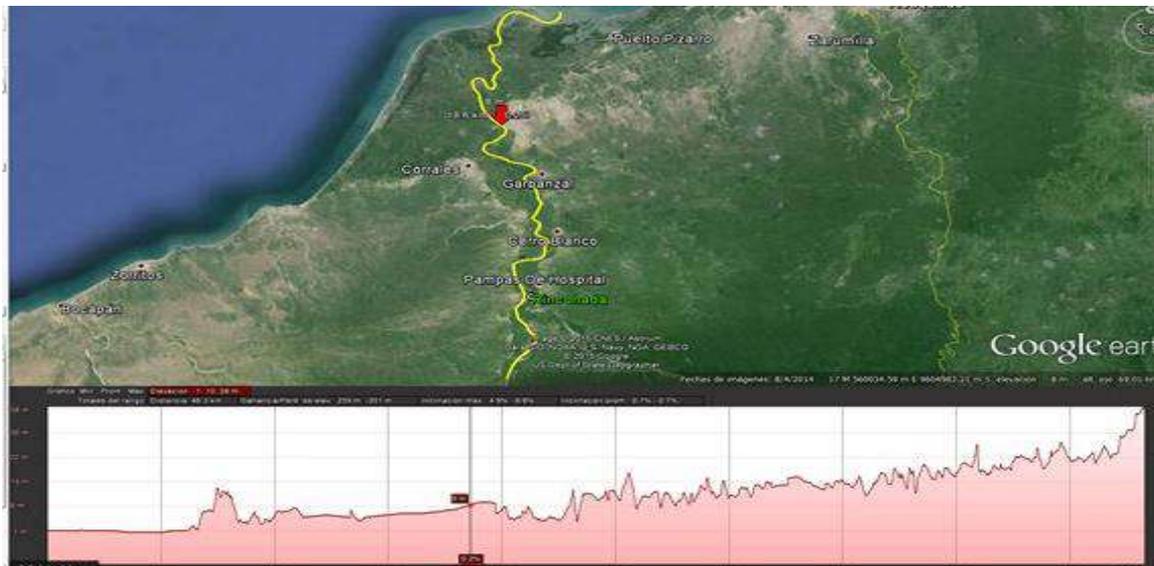


Figura 14. Pendiente promedio del cauce

La pendiente promedio es 0.5%, desde la estación El Tigre hasta la desembocadura.

En el cuadro 25, se indican las características del cauce y los parámetros hidráulicos del río Tumbes, desde Kilómetro 0 + 000 ubicado en la desembocadura al mar (distrito de Tumbes), hasta el kilómetro 48 + 300 m en la Estación de Aforo El Tigre (distrito de San Jacinto).

**Cuadro 25**  
**Características hidráulicas del río Tumbes**

Progresiva	Este	Norte	Pendiente %	Ancho natural	Caudal Max (m3/s)	Ancho estable	Tirante estable	Velocidad máxima	N° de Froude
0+000	564 013	9 614 753	0.2	700.00	2 000.00				
5+000	560 130	9 614 122	0.5	75.0-165.0	2 000.00	125-260	1.71	2.84	0.70
10+000	559 912	9 609 967	0.5	67.0-250.0	2 000.00				
15+000	558 423	9 607 820	0.5	70.0-195.0	2 000.00	125-260	1.71	2.84	0.7
20+000	559 685	9 603 768	0.5	75.0-105.0	2 000.00				
25+000	562 088	9 601 469	0.5	85.0-230.0	2 000.00				
30+000	562 282	9 597 431	0.5	75.0-358.0	2 000.00	125-2.60	1.71	2.84	0.70
35+000	562 082	9 593 567	0.5	80.0-490.0	2 000.00				
40+000	561 315	9 589 799	0.7	60.0-215.0	2 000.00	125-240	1.54	3.15	0.22
45+000	561 655	9 585 591	1.0	115.0-423.0	2 000.00	125-230	1.39	3.52	0.96
48+000	560 355	9 583 377	1.5	117.0	2 000.00	125-230	1.23	3.97	1.15

Según el cuadro 25, el ancho natural es variado a lo largo del curso del río. Hay tramos donde el ancho natural es menor al ancho estable del río, especialmente desde el km 10+000 al 40+000, razón por la cual este tramo es bastante sensible a las inundaciones y/o erosiones.

Del Km 40+000 al km 48+300 (Punto de inicio) se producen velocidades erosivas y con un número de Froude con valores superiores a 1, es decir en este tramo se presenta el Flujo supercrítico.

## CAPITULO 7: IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL DE ACARREO EN EL RÍO TUMBES

### 7.1 Generalidades

La zona de estudio se ubica en la zona norte del Perú, en la cuenca del río Tumbes, comprende desde la Estación de Aforos El Tigre, la altura del poblado de Higuierón, hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. En esta zona y a través de los años, el río Tumbes ha variado la longitud de su cauce, desde 41.18 km. en el año 1961, aumentando a 53.67 en el año 2000.

Este aumento se debe en parte a la migración de la desembocadura del río hacia el norte.

Cuando se presenta el fenómeno El Niño (FEN), la excesiva carga de agua y sedimentos sobrepasa la capacidad del cauce y éste empieza a ensancharse a la vez que se produce erosión e inundación, afectando áreas agrícolas, langostineras y centros poblados ubicados en las márgenes del río. En este sector el río Tumbes posee una pendiente de 0.5 %, un ancho variable entre 200 y 350 m., y una altitud comprendida entre 0 y 25 msnm. (C y A Consultores Asesores Asociados & LAGESA, 1990).

### 7.2 Causas de las variaciones del cauce del río tumbes

Los cambios del cauce del río se deben a factores geológicos, hidrológicos, meteorológicos y a la actividad antrópica.

a) Factores geológicos: Desde Higuierón hasta la ciudad de Tumbes se presentan afloramientos de rocas sedimentarias (Palacios, 1994) de fácil erosión, formándose un valle abierto. Aguas abajo no se localizan afloramientos rocosos ya que el valle se amplía. Aguas arriba de Higuierón se encuentran afloramientos de rocas intrusivas que son más resistentes a la erosión fluvial y forman una zona encañonada. La zona aluvial entre el poblado de San Pedro de Los Incas (Corrales) y la ciudad de Tumbes llega a tener un ancho de hasta 3.5 Km.

b) Factores meteorológicos: En la época lluviosa del FEN el río Tumbes acarrea mucho material. Al terminar esta temporada empieza a perder capacidad de transporte, dando lugar a la depositación del material que lleva en suspensión, originando la colmatación del cauce. Entonces empieza a buscar zonas más bajas con respecto a su nivel, originando una variación del cauce. Al transportar una carga extraordinaria, el canal activo muchas veces no soporta tal volumen, dando lugar al ensanchamiento del cauce por erosión. En otros casos busca nuevos o antiguos canales. Es por este motivo que la desembocadura del río ha migrado hacia el norte, tomando parte del curso del canal estero río Chico. XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos Sociedad Geológica del Perú 149.

c) Factores hidrológicos: Las excesivas precipitaciones de un FEN origina que el río Tumbes aumente su carga en volumen de agua y sedimentos, de tal manera que los aforos registrados se eleven.

En la estación El Tigre, el 05 de febrero de 1983 se registró un aforo histórico de 3,712.5 m<sup>3</sup>/seg. (Otiniano, 1995). El caudal medio anual es de 114 m<sup>3</sup>/seg. El caudal medio mensual máximo es de 336.3 m<sup>3</sup>/seg para el mes de marzo y el caudal medio mensual mínimo de 19.6 m<sup>3</sup>/seg para el mes de octubre.

El caudal medio mensual durante el período de avenidas considerado entre enero y abril es de 245.1 m<sup>3</sup>

/seg. (Asesores Asociados, 2002).

d) Actividad antrópica: En ciertos sectores de las riberas del río y terrazas, la vegetación natural ha sido talada para fines agrícolas, quitándole su barrera natural y contribuyendo a que los terrenos sean susceptibles a la erosión o inundación fluvial.

Las variaciones del cauce del río Tumbes entre los años 1986 al 2000 fueron las más pronunciadas, siendo la parte sur de la ciudad de Tumbes, las Pampas de Hospital y San Jacinto las más afectadas.

Variaciones del cauce del río Tumbes XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos Sociedad Geológica del Perú 150

Asimismo en el año 1997 cuando se realizaron las obras de limpieza del cauce, en algunos casos no se respetó los bordes, eliminándose la vegetación autóctona de sus riberas, con ello se le quito la protección natural de la zona, haciéndola vulnerable.

### **7.3 Peligros hidrometeorológicos**

A lo largo del cauce del río se desarrolla la actividad agrícola con platanales, algodón y arrozales. En la parte baja se desarrolla la industria langostinera. Cuando se generan los cambios de curso, se producen erosiones e inundaciones fluviales afectando todo lo que encuentra a su paso. Es común encontrar versiones de los lugareños que cuando se presenta el FEN el río migra de la margen a otra.

Para realizar obras de infraestructura se debe tener en cuenta el ancho que ha formado el río a través de su historia.

Cuando sucedió el FEN del año 1982/1983, en la ciudad de Tumbes, las viviendas que se encontraban en el Malecón (margen derecha del río) fueron destruidas así como el puente (actualmente reubicado) por la ampliación del cauce que sufrió el río. En 1998, la margen

izquierda fue completamente inundada afectando los terrenos de cultivo, y el lado sur de la ciudad de Tumbes. La estación de Bombeo de Puerto el Cura fue afectada en los años 1983 y 1998, en la actualidad esta estación ha sido protegida con diques y enrocado. En la zona de San Juan de La Virgen, antes del FEN del año 1997/1998, el río se encontraba en la margen izquierda del canal fluvial, después migro hacia la margen derecha afectando a los terrenos de cultivo y en la actualidad hay erosión sobre esta margen.

En el sector de Pampas de Hospital, los años 1983 y 1998 el río afecto los terrenos de cultivo, por las migraciones que ha tenido. En la parte baja, cerca de la desembocadura, los cambios bruscos del cauce han afectado a la industria langostinera, erosionando e inundando sus pozas de crianzas de langostinos.

Muchas veces los agricultores aprovechan los terrenos dejados por el río después de una avenida fuerte, donde desarrollan su agricultura, pero no miden las consecuencias que estos terrenos pueden ser retomados por el río años después.

#### **7.4 Lineamientos para identificar, seleccionar y explotar las zonas de acumulación de material de acarreo.**

La Administración Local de Agua Tumbes, pondrá a disposición de las Municipalidades y otras entidades de su ámbito que colindan con el río Tumbes, el presente documento a fin que sea considerado en la solicitud de extracción de material de acarreo.

A continuación se presenta los criterios para la identificación, determinación del volumen y explotación de material de acarreo:

##### **7.4.1 Ubicación de las zonas de extracción**

Para la ubicación de la zona de extracción se tiene que realizar una inspección de campo para identificar y priorizar los posibles sectores de extracción de material de acarreo, respetando para ello que éstas no se encuentren adyacentes a poblaciones, infraestructura productiva, zonas vulnerables y otros que pudieran ser afectados cuando se realice la explotación.

Para ello, se recomienda considerar como zona de extracción los siguientes puntos:

- En ríos sin encauzamiento con régimen permanente.
- En ríos con régimen no permanente
- En desembocaduras de río.

A continuación se graficara las zonas de extracción de materiales en cada uno de los puntos mencionados.

##### **a.- En ríos sin encauzamiento con régimen permanente.**

Para ríos con su flujo en el eje del cauce.

Ver Figuras siguientes

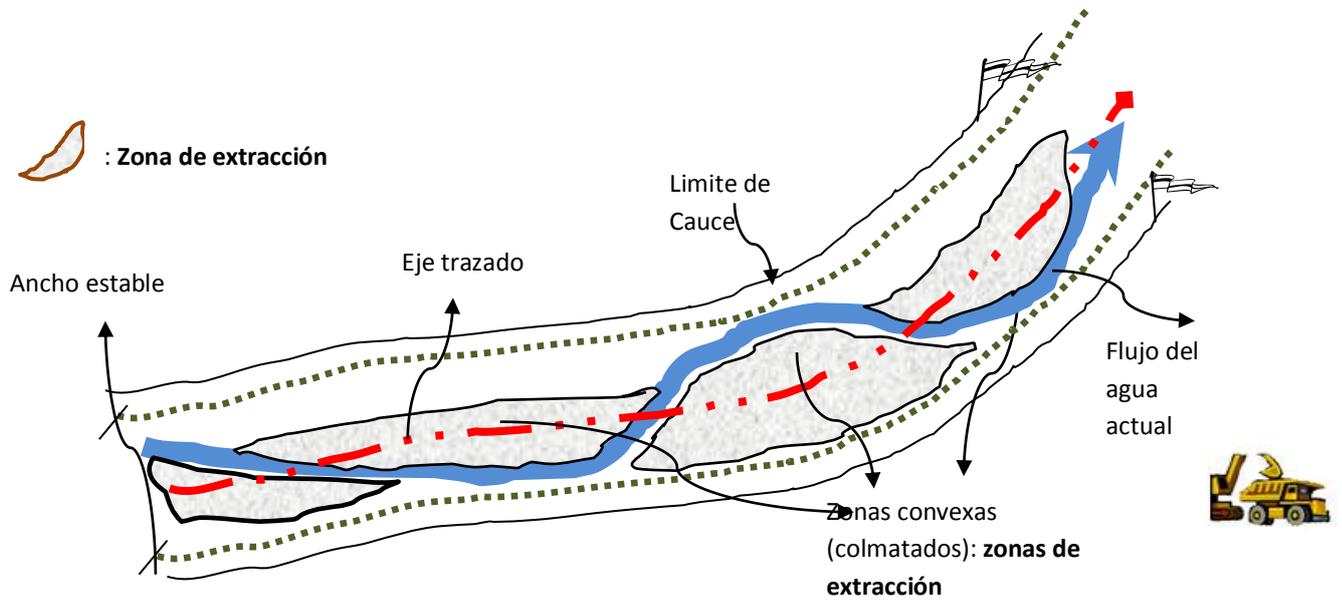


Figura 15 Delimitación de zona de extracción de material de acarreo

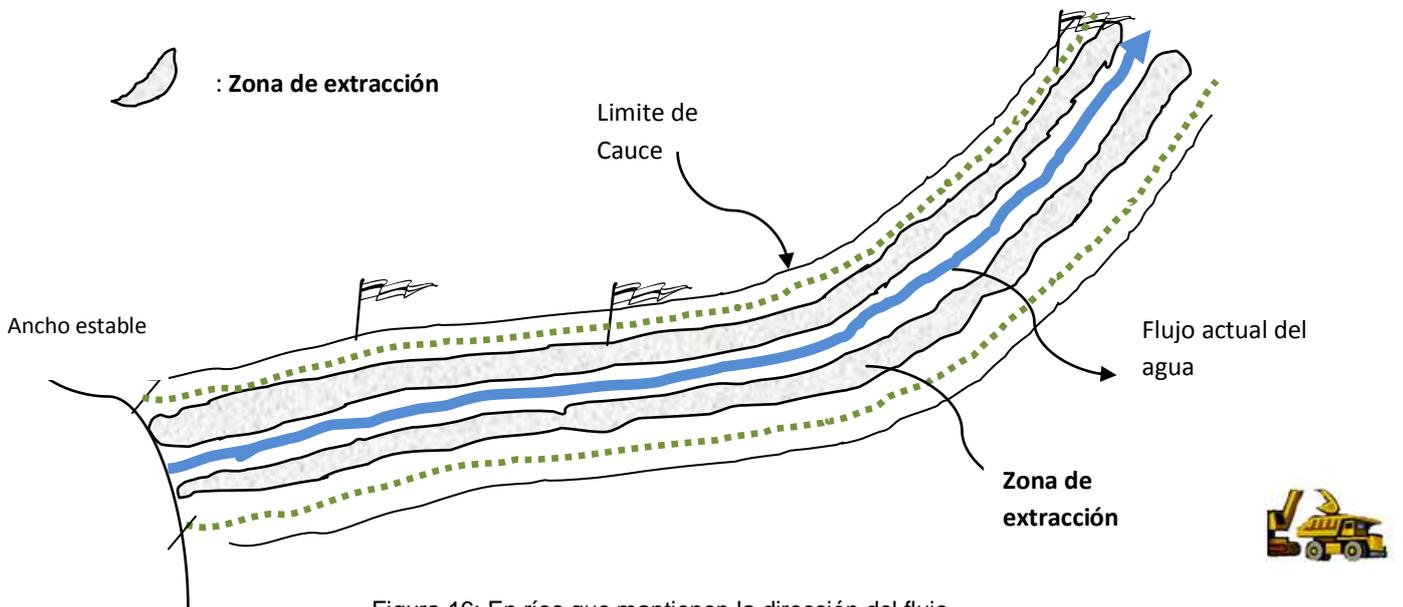


Figura 16: En ríos que mantienen la dirección del flujo

**b.- En ríos con régimen no permanente**

Para ríos con régimen no permanente se deberá trazar el eje central del cauce y se determinará el ancho estable, respetando la influencia de estructuras.

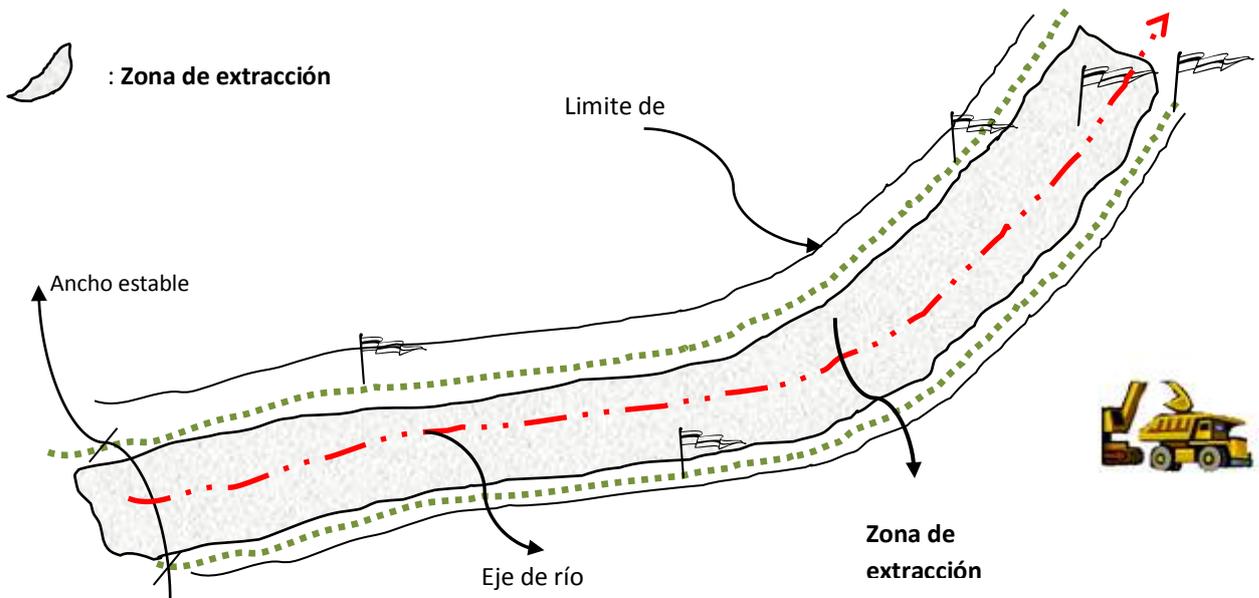


Figura 17: En ríos que no mantienen el flujo

**c. En desembocaduras de río.**

Considerar como zona de extracción las desembocaduras del río con la finalidad de efectuar el “destaponamiento” del material depositado en el cauce, para evitar las inundaciones por efectos de remanso, tal como se indica la Figura 18.

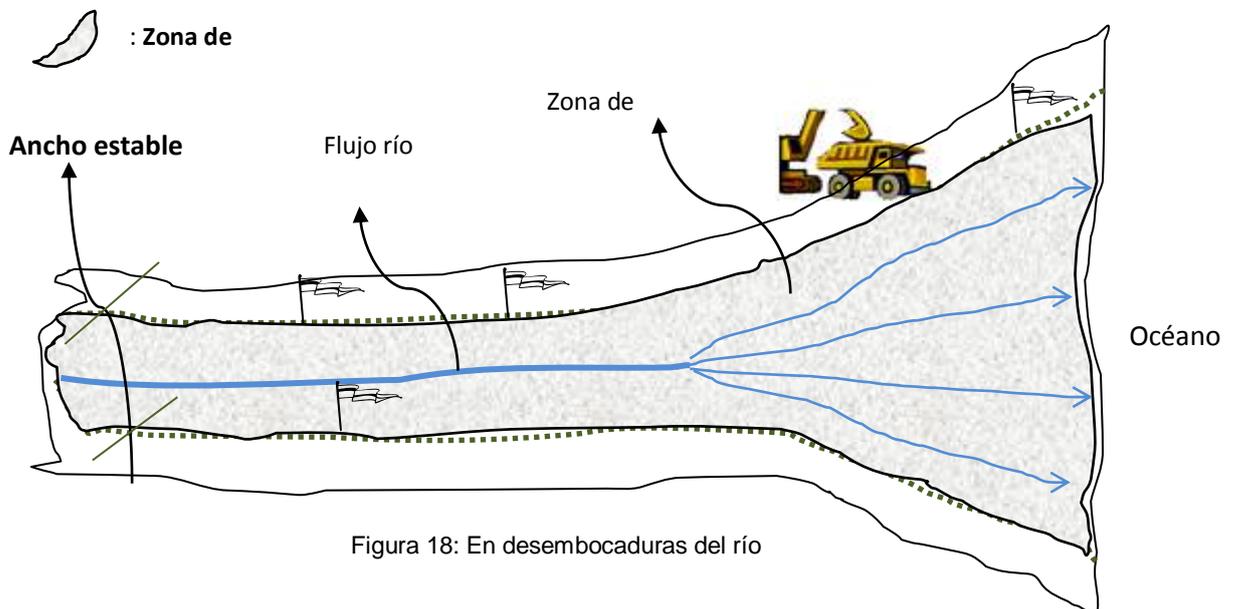


Figura 18: En desembocaduras del río

### 7.4.2 Determinación del volumen de material de acarreo a explotar.

Para determinar el volumen a explotarse se recomienda fijar el eje y la pendiente del río, considerando para ello la **Línea de Thalweg**,

Asimismo, considerar las dimensiones del ancho estable.

**Línea de Thalweg:** Sucesión de puntos que forman una línea, siendo cada punto el más profundo de una corriente en cada sitio o sección transversal.

#### a. Trazo del eje de cauce.

Para determinar el eje del cauce se realizará un levantamiento topográfico a curvas de nivel cada metro, en el cual se debe visualizar el actual cauce del río y las márgenes dejadas por el paso de las máximas avenidas.

Es recomendable que el levantamiento se deba prolongar 100 metros, aguas arriba y aguas abajo, de la zona evaluada.

#### b. Secciones transversales.

El levantamiento de las secciones transversales se realizara cada 25 metros, en tramos rectos y cada 10 metros en tramo curvo, considerando el ancho total del cauce e incluida la faja marginal.

#### c. Pendiente del río.

Con la información de la topografía se obtendrá la pendiente, dato que se requiere en algunas fórmulas empíricas para determinar el ancho estable. La pendiente se trazará considerando la Línea de **Thalweg**

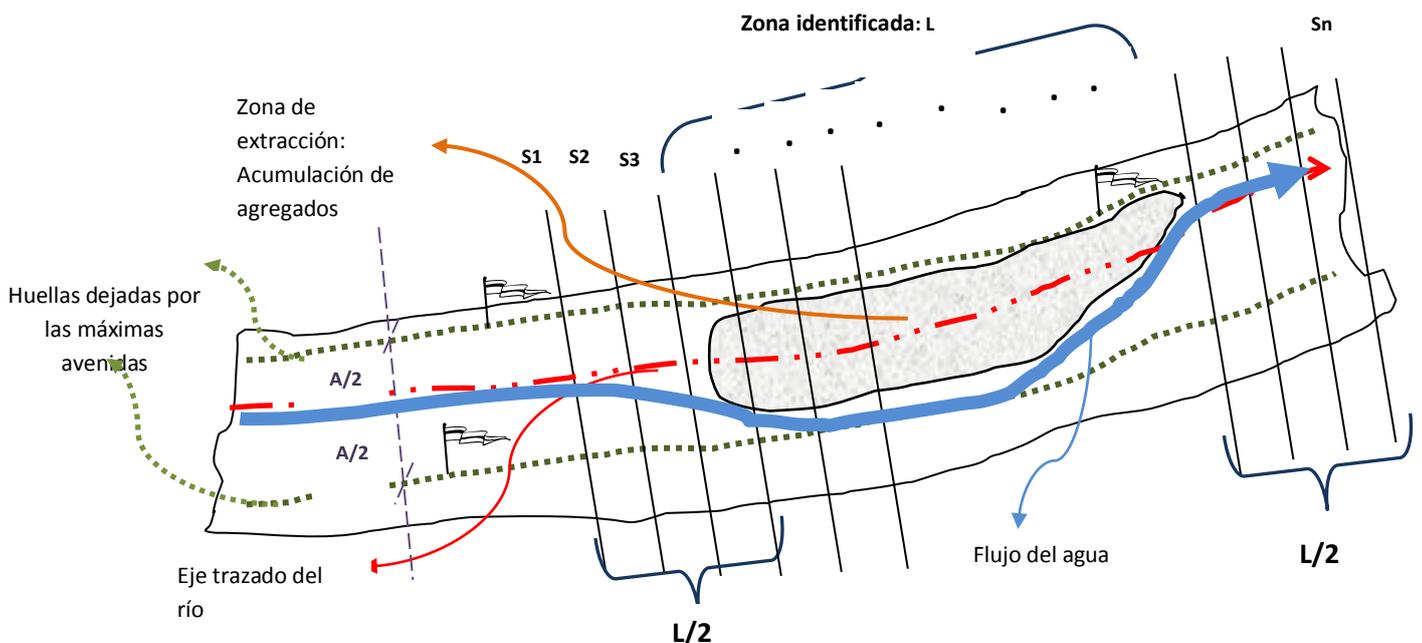


Figura 19: Trazado del eje de río y las secciones transversales

**d. Ancho estable.**

Para determinar el ancho estable, se debe considerar el caudal máximo, proporcionado por la Administración Local de Agua para los tiempos de retorno de 100 años para zonas urbanas y 50 años para zonas agrícolas.

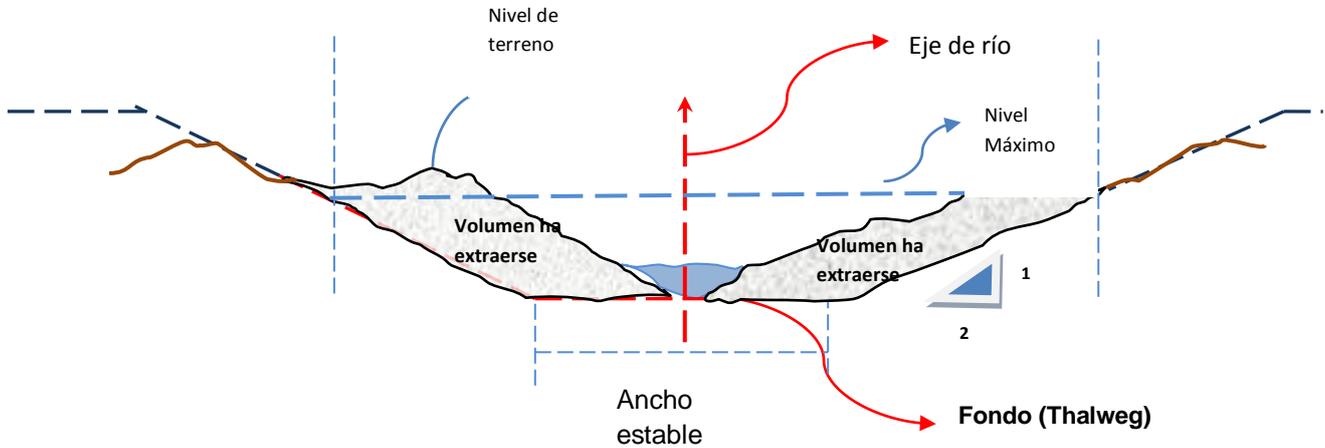


Figura 20: Ancho estable

En el capítulo 6 se presentan cinco criterios o métodos empíricos y bajo la teoría del régimen estable, para el cálculo del ancho estable: (1) Recomendación Práctica, (2) Método de Petits, (3) Método de Simons y Henderson, (4) Método de Blench y Altunin y (5) Método de Manning y Strickler.

Se recomienda, inicialmente, seleccionar la que presente el mayor valor, luego se comparará con la información de campo y se realizará los ajustes necesarios.

**e. Determinación del área de corte.**

Definido el ancho estable, el eje del cauce y las secciones transversales del río, se determinará el área de corte.

A continuación en las Figuras N° 21 y 22 se muestra secciones típicas con diferentes flujos del río y las áreas de corte.

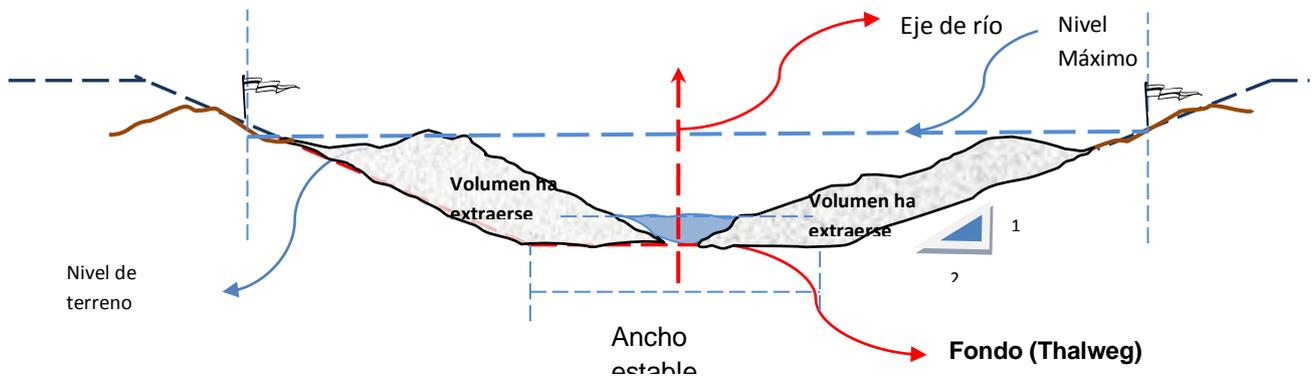


Figura 21: Ancho estable considerando un solo flujo en el río

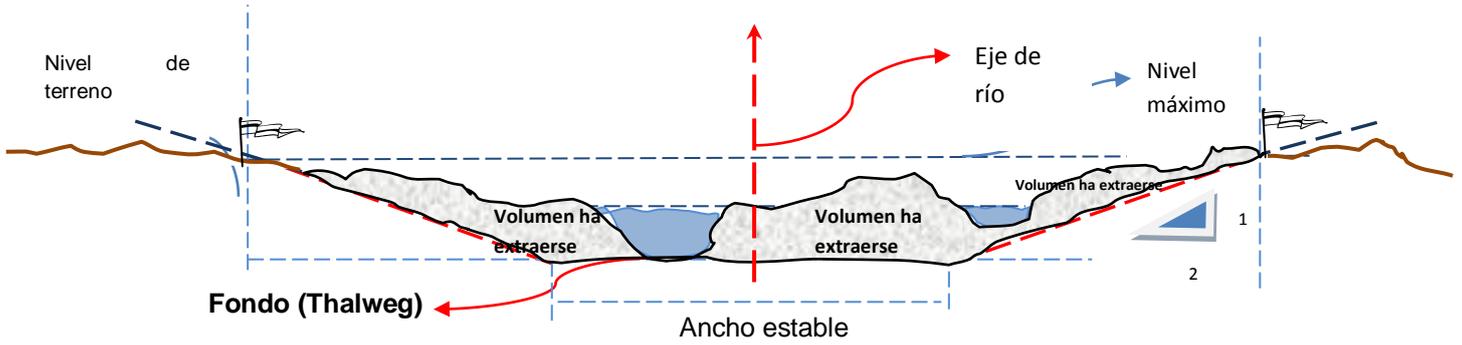


Figura 22: Ancho estable considerando dos a más flujos en el río

### 7.4.3 Explotación de material de acarreo

Para la extracción de material de acarreo del río se sugiere excavar en forma de barrido, por capas y tramos, respetando la profundidad máxima que es la línea de Thalweg y su ancho estable hasta conformar la caja del río.

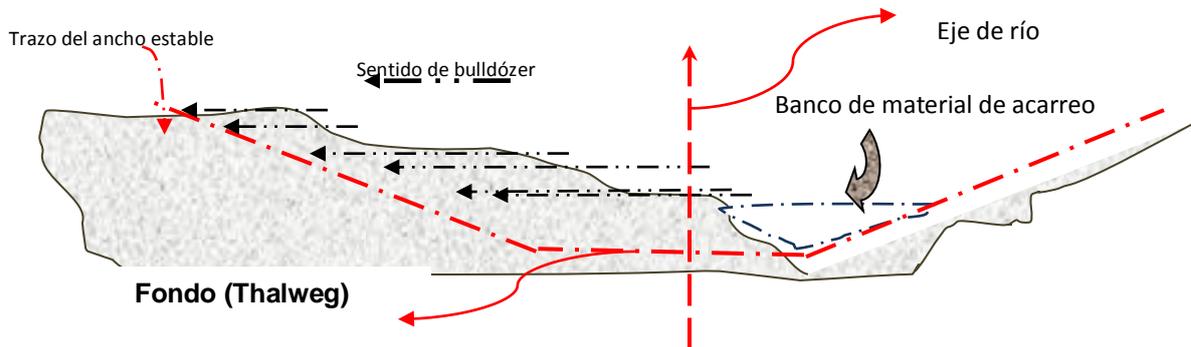


Figura 23: Extracción de material de acarreo por el método de barrido utilizando bulldózer

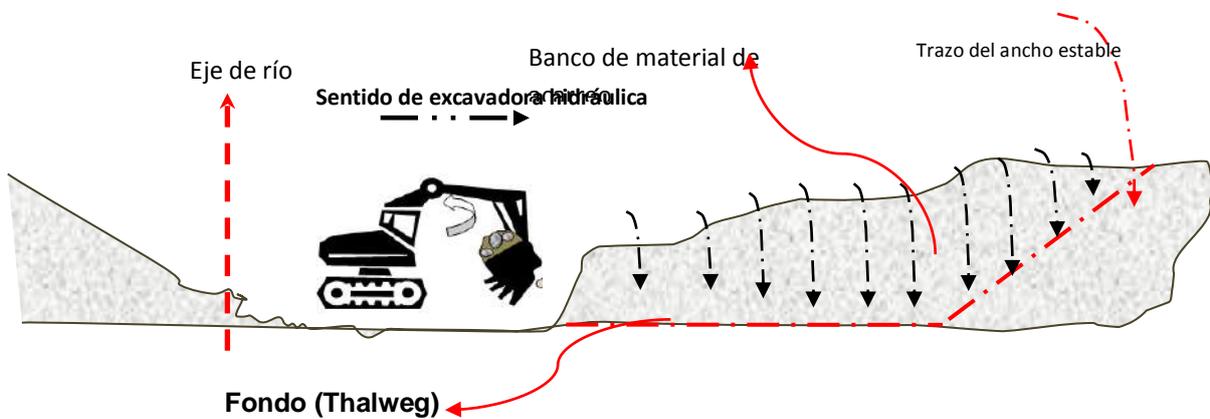


Figura 24: Extracción de material de acarreo por el método de barrido utilizando excavadora.

Los cortes de material se puede realizar con bulldózer o excavadora hidráulica, pero en ambos casos la extracción se realizará desde el eje del río hacia afuera con la finalidad de conformar la caja.

**Material descarte:** Producto de la selección y clasificación de la explotación de material de acarreo, se origina un material no utilizado denominado Material de descarte.

Éste no se arrojará en cualquier parte del cauce, si no en la zona indicada en el Expediente Administrativo.

Se recomienda colocar este material, en las riberas debilitadas del río a fin de conformar diques fusibles que protegerían las zonas críticas expuestas a erosiones e inundaciones (Foto 10)

La conformación del dique fusible se conformara encimando el material de descarte y con el paso de las unidades que intervienen en las operaciones de extracción se lograría compactar en algún grado.



Foto 10: Conformación de dique fusible

#### 7.4.4 Tipos de extracción

Está referido a la extracción de material de acarreo cuando el caudal del río es temporal y permanente.

##### a.- En ríos con caudal temporal:

Se definirán en la sección transversal del río, tramos y estos dependerá del ancho estable, teniendo como máximo una longitud de 20 metros.

La extracción se iniciará en el tramo I, para pasar al II y así sucesivamente hasta llegar al tramo n, tal como se muestra en las figuras 25 y 26.

La finalidad, de ésta extracción en el eje del río, es la conformación de una sección típica por donde se conducirá el flujo.

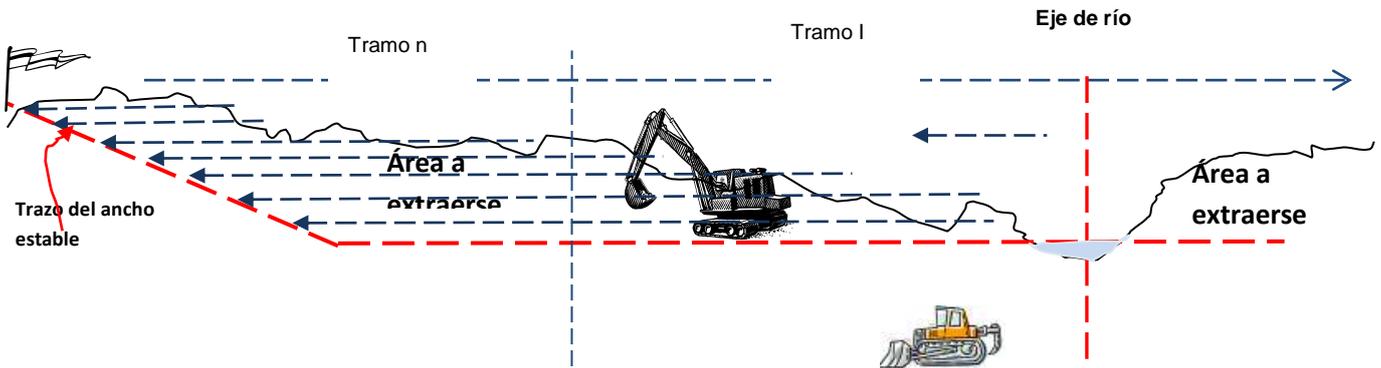


Figura 25: Trabajos de extracción de material Tramo I

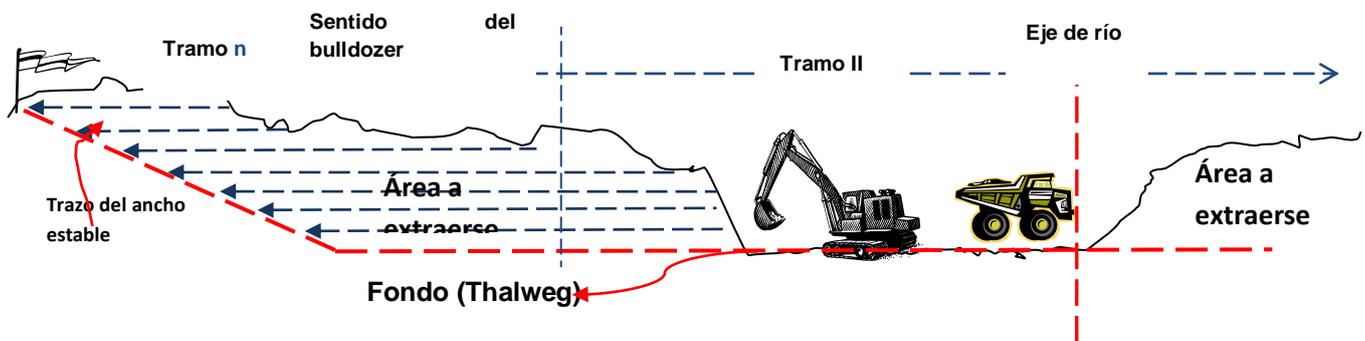


Figura 26: Trabajos de extracción de material Tramo II

En figura 27 se observa el avance de las actividades de explotación del material de acarreo en el Tramo II, se aprecia que se realiza la excavación hasta el nivel de Thalweg. Se recomienda que el talud del dique fusible sea de 1: 2.

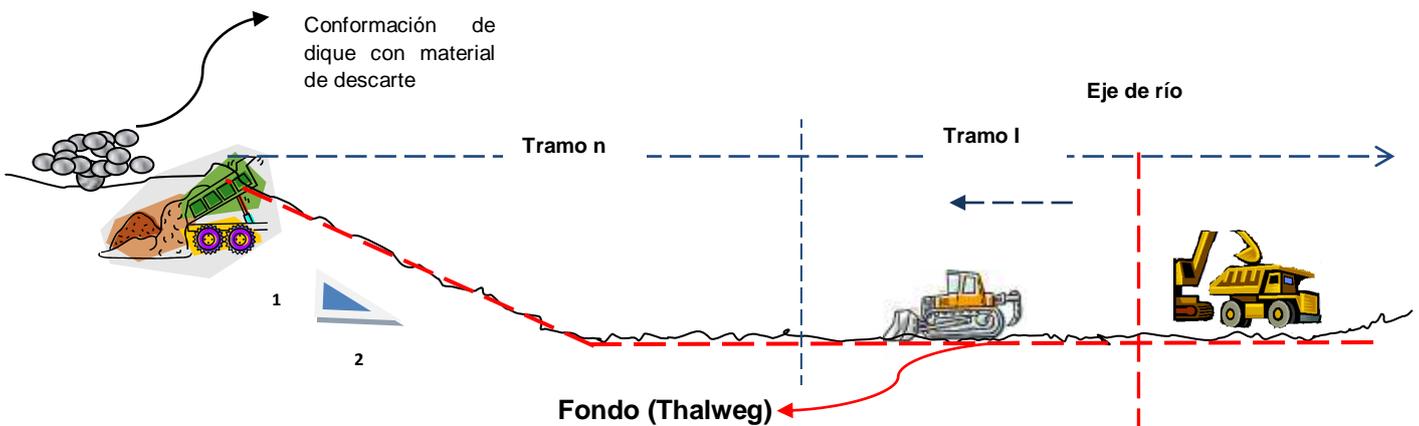


Figura 27: Caja canal del río, después de haber extraído el material de acarreo.

Por ningún motivo se arrojará el material de descarte en otras zonas que no sea los puntos señalados en el Expediente Administrativo.

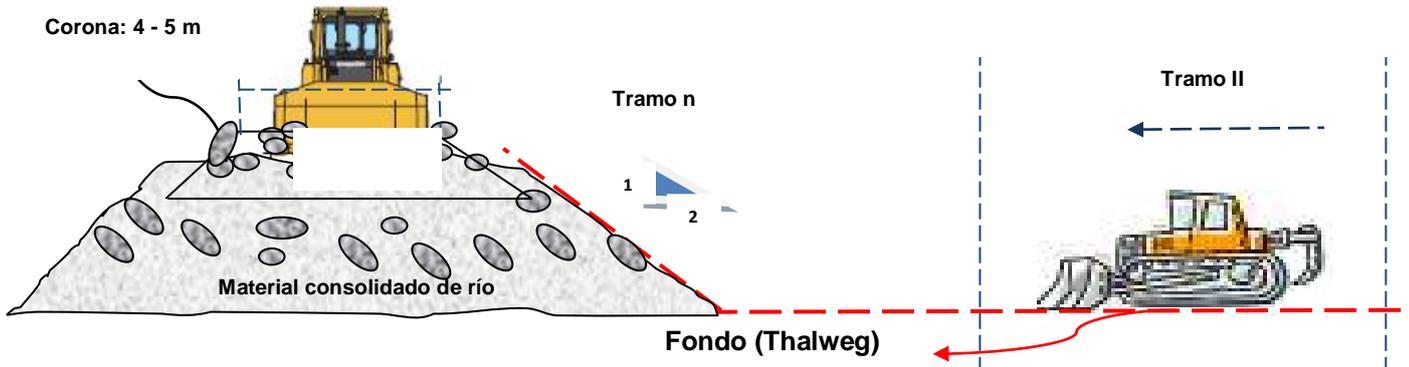


Figura 28: Se aprecia el dique fusible

### b.- En ríos con caudal permanente:

Se definirán tramos de hasta 20 metros en la sección transversal, tomando como referencia el eje del río.

Para estas características del río la explotación se iniciará en el tramo II y así sucesivamente hasta llegar al tramo n, tal como se muestra en las figuras 29 y 30.

Por ningún motivo se realizará las operaciones dentro del tramo I, toda vez que perjudicaría el flujo del agua, afectando a la vida que se encuentra en ella.

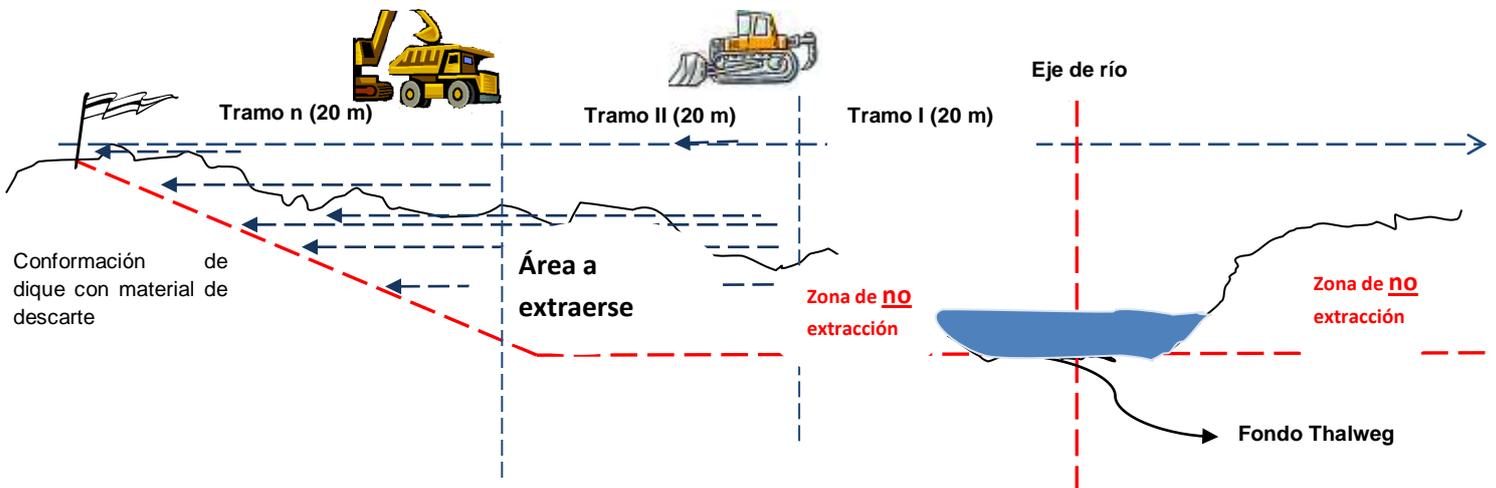


Figura 29: Trabajos de extracción de material Tramo II

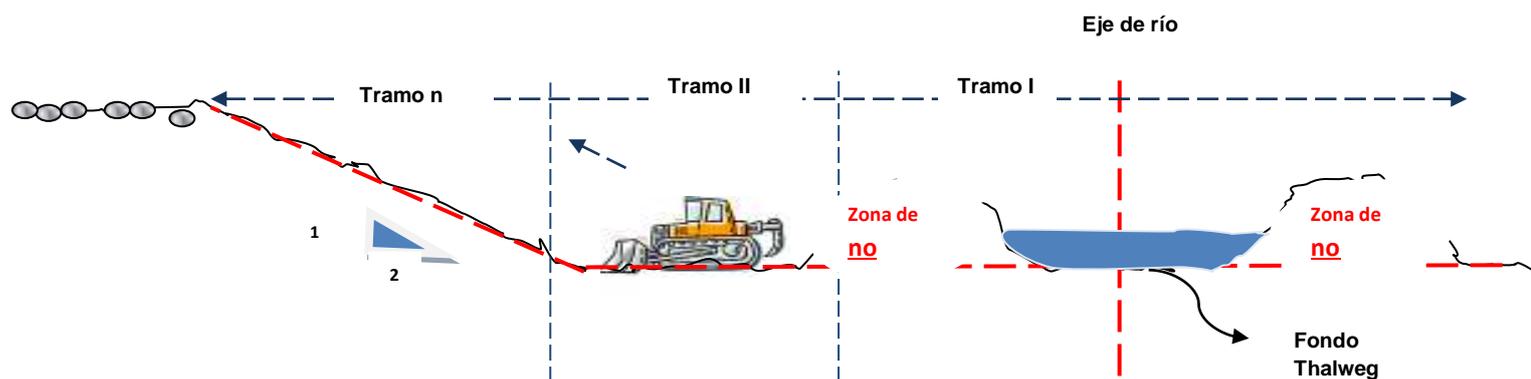


Figura 30: Trabajos de extracción de material Tramo II

Por ningún motivo se deberá cambiar el curso del río con la finalidad de realizar la extracción de material de acarreo, y será de entera responsabilidad del extractor y del Gobierno Local.

El titular de la autorización de extracción deberá conservar la pendiente promedio del fondo.

### 7.5 Características de la extracción y explotación del material de acarreo en el Río Tumbes

En primer lugar el "saneamiento" de la zona. Consiste en eliminar toda la vegetación que ocupa la superficie de explotación. Dada la proliferación de este tipo de actividades se puede afirmar que se han destruido mucha vegetación ribereña.

Una de las causas de afectación a las poblaciones asentadas en las riberas, infraestructura productiva, áreas de cultivos y otros, es la mala ubicación de las zonas de extracción de material de acarreo. Los puntos de extracción de material deberán enmarcarse dentro de las zonas convexas del flujo del agua del río.

El impacto será mayor en las zonas de ribera, pues se favorece la erosión y el peligro de inundaciones. Además, en esas zonas se pierde la capa más superficial del suelo, que es la más fértil, por lo que se hace difícil o imposible la regeneración natural del bosque o el aprovechamiento para cultivos.

El trabajo consiste en extraer el material detrítico con excavadoras hidráulicas, cargadores frontales y transportarlo en camiones volquetes a la planta de tratamiento para ser zarandeada y seleccionado por tamaños.

Una vez retirado el material detrítico superficial, continúa la extracción en profundidad por lo que se alcanza el nivel freático del agua subterránea y se inunda la zona de extracción. En estas condiciones la extracción se realiza mediante dragado.

En ese sentido la excesiva excavación de las zonas de extracción de material de acarreo viene ocasionando que la pendiente natural del río vaya variando considerablemente ocasionando que la velocidad del flujo del agua se incremente y se presente inundaciones aguas abajo; por tal sentido se deberá considerar la Línea de **Thalweg**, como límite de corte:

Línea de **Thalweg**: sucesión de puntos que forman una línea, siendo cada punto el más profundo de una corriente en cada sitio o sección transversal.

La inundación de las zonas de extracción crea humedales artificiales de gran extensión a modo de lagunas más o menos profundas. La exposición de la extensa lámina superficial de agua facilita una intensa evaporación que repercute en un descenso del nivel freático y salinizando la laguna. Al estar comunicada con el río y el acuífero se produce una contaminación por salinización de ambos.

El abandono de las zonas de extracción de material de acarreo supone nuevos problemas ambientales por contaminación, al ser utilizados como vertederos incontrolados. Recientemente se pretende regenerar las graveras con la intención de conservación (introduciendo vegetación y fauna), educación y recreo.

El caudal del río Tumbes entre los meses de diciembre, enero, febrero y marzo se incrementa ocasionando que las riberas se expongan a riesgo por inundación, razón por la cual en esta temporada no es recomendable que se efectúe la extracción de material de acarreo.

Los gobiernos locales de la zona deberían identificar en su ámbito zonas donde se almacenaría el material de acarreo retirado del cauce del río.

## **7.6 Zonas de extracción de material de acarreo en el Río Tumbes.**

En el recorrido efectuado al Río Tumbes se ha podido detectar que ambos márgenes presentan abundante potencial de material de acarreo que podría ser explotado, debiendo las Municipalidades señalar las zonas identificadas, a fin que se desarrolle un plan de extracción de este agregado con la finalidad de efectuar la limpieza de la caja hidráulica del río y mitigue los efectos negativos de las inundaciones.

Se ha podido identificar 07 zonas en el cauce del río Tumbes con potencial de material de acarreo siendo estas:

## 1.-Sector El Higuérón

En Coordenadas UTM: 560395 E y 9583831 N

En el sector denominado Toma Pedregal, se ha identificado un área de 15,000 m<sup>2</sup> y con una profundidad de 1.5 metros y un volumen aproximado de 13,500 m<sup>3</sup> que puede ser extraído.

El material de acarreo que predomina en el cauce es de origen sedimentario y con diámetros menores a 7 pulgadas, aparentemente presenta adecuadas características para el uso en obras de ingeniería. El banco del material se encuentra en la margen izquierda del río Tumbes.

El Gobierno Regional de Tumbes y los Gobiernos Locales de la zona deberán implementar que se impulse la limpieza del cauce del río, complementando la actividad de extracción de material de acarreo en cumplimiento de la Ley 29338 y Ley N° 28221.

No se cuenta con accesos a la zona de explotación de material de acarreo, razón por la cual si se proyecta la extracción de material de acarreo se debe habilitar caminos de acceso necesarios, a fin que no afecten a la población cercana.

El río Tumbes en su curso tiene una pendiente baja por lo que el agua circula con baja velocidad empujando a las piedras, gravas y arenas y haciéndolas desplazarse por rodamiento.

Figura 31

Zona de extracción de material de acarreo.





Fotografía 11. Zona de extracción de material de acarreo

## 2.- Sector Casa Blanqueada

En Coordenadas UTM: 561481 E y 9585540 N / 561919 E y 9586014 N

En el sector denominado Casa Blanqueada, se ha identificado un área de 20,000 m<sup>2</sup> y con una profundidad de 1.5 metros y un volumen aproximado de 15,600 m<sup>3</sup> que puede ser extraído.

El material de acarreo que predomina en el cauce es de origen sedimentario y con diámetros menores a 7 pulgadas, aparentemente presenta adecuadas características para el uso en obras de ingeniería. El banco del material se encuentra en la margen izquierda del río Tumbes.

El Gobierno Regional de Tumbes y los Gobiernos Locales de la zona deberán implementar que se impulse la limpieza del cauce del río, complementando la actividad de extracción de material de acarreo.

No se cuenta con accesos a la zona de explotación de material de acarreo, razón por la cual si se proyecta la extracción de material de acarreo se debe habilitar caminos de acceso necesarios, a fin que no afecten a la población cercana.

El río Tumbes en su curso tiene una pendiente baja por lo que el agua circula con baja velocidad empujando a las piedras, gravas y arenas y haciéndolas desplazarse por rodamiento.

Figura 32

Zona de extracción de material de acarreo.



Fotografía 12. Zona de extracción de material de acarreo.

### 3.- Sector El Peligro

En Coordenadas UTM: 562389 E y 9597642 N

En el sector denominado El Peligro, se ha identificado un área de 50,000 m<sup>2</sup> y con una profundidad de 1.5 metros y un volumen aproximado de 33,000 m<sup>3</sup> que puede ser extraído.

El material de acarreo que predomina en el cauce es de origen sedimentario y con diámetros menores a 6 pulgadas, aparentemente presenta adecuadas características para el uso en obras de ingeniería. El banco del material se encuentra en la margen izquierda del río Tumbes.

El Gobierno Regional y los Locales de la zona deberán implementar que se impulse la limpieza del cauce del río, complementando la actividad de extracción de material de acarreo en cumplimiento de la normatividad vigente.

No se cuenta con accesos a la zona de explotación de material de acarreo, razón por la cual si se proyecta la extracción de material de acarreo se debe habilitar caminos de acceso necesarios, a fin que no afecten a la población cercana.

El río Tumbes en su curso tiene una pendiente baja por lo que el agua circula con baja velocidad empujando a las piedras, gravas y arenas y haciéndolas desplazarse por rodamiento.

Figura 33

Zona de extracción de material de acarreo.



Fotografía 13

Zona de extracción de material de acarreo.



#### 4.- Sector La Arena - La Palma

En Coordenadas UTM: 562313 E y 9586767 N / 561987 E y 9587580 N

En el sector denominado El Peligro - La Palma, se ha identificado un área de 70,000 m<sup>2</sup> y con una profundidad de 1.1 metros y un volumen aproximado de 77,000 m<sup>3</sup> que puede ser extraído.

El material de acarreo que predomina en el cauce es de origen sedimentario y con diámetros menores a 7 pulgadas, aparentemente presenta adecuadas características para el uso en obras de ingeniería. El banco del material se encuentra en la margen izquierda del río Tumbes.

El Gobierno Regional de Tumbes y los Locales de la zona deberán implementar que se impulse la limpieza del cauce del río, complementando la actividad de extracción de material de acarreo.

No se cuenta con accesos a la zona de explotación de material de acarreo, razón por la cual si se proyecta la extracción de material de acarreo se debe habilitar caminos de acceso.

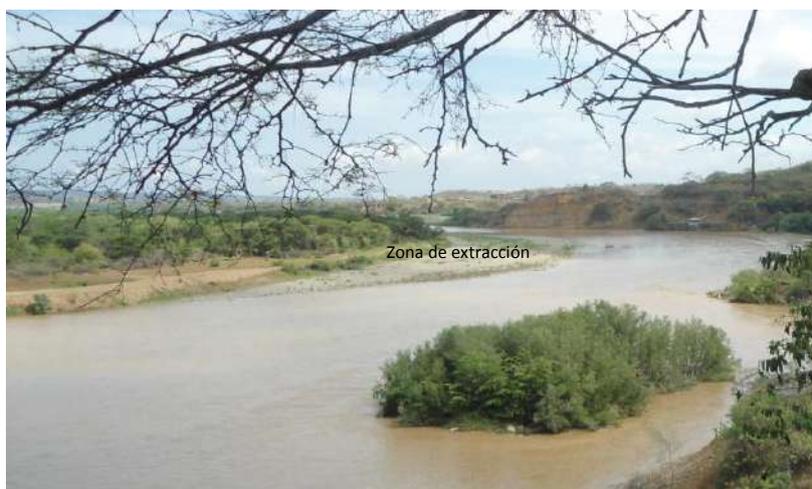
Figura 34

Zona de extracción de material de acarreo.



Fotografía 14

Zona de extracción de material de acarreo.



Fotografía 15

Zona de extracción de material de acarreo.



## 5.- Sector San Jacinto

En Coordenadas UTM: 562507 E y 9596399 N

En el sector denominado San Jacinto, se ha identificado un área de 15,000 m<sup>2</sup> y con una profundidad de 1.1 metros y un volumen aproximado de 9,900 m<sup>3</sup> que puede ser extraído.

El material de acarreo que predomina en el cauce es de origen sedimentario y con diámetros menores a 7 pulgadas, aparentemente presenta adecuadas características para el uso en obras de ingeniería. El banco del material se encuentra en la margen izquierda del río Tumbes.

El Gobierno Regional y Local de la zona deberán implementar que se impulse la limpieza del cauce del río, complementando la actividad de extracción de material de acarreo.

No se cuenta con accesos a la zona de explotación de material de acarreo, razón por la cual si se proyecta la extracción de material de acarreo se debe habilitar caminos de acceso.

El río Tumbes en su curso tiene una pendiente baja por lo que el agua circula con baja velocidad empujando a las piedras, gravas y arenas y haciéndolas desplazarse por rodamiento.

Figura 35

Zona de extracción de material de acarreo.





Fotografía 16. Zona de extracción de material de acarreo.

## **6.- Sector Las Brujas**

En Coordenadas UTM: 562692 E y 9598419 N

En el sector denominado Las Brujas, se ha identificado un área de 32,000 m<sup>2</sup> y con una profundidad de 1.2 metros y un volumen aproximado de 21,600 m<sup>3</sup> que puede ser extraído.

El material de acarreo que predomina en el cauce es de origen sedimentario y con diámetros menores a 7 pulgadas, aparentemente presenta adecuadas características para el uso en obras de ingeniería. El banco del material se encuentra en la margen izquierda del río Tumbes.

El Gobierno Regional de Tumbes y los Gobiernos Locales de la zona deberán implementar que se impulse la limpieza del cauce del río, complementando la actividad de extracción de material de acarreo.

El río Tumbes en su curso tiene una pendiente baja por lo que el agua circula con baja velocidad empujando a las piedras, gravas y arenas y haciéndolas desplazarse por rodamiento.

Figura 36

Zona de extracción de material de acarreo.



Fotografía 17. Zona de extracción de material de acarreo

## 7.- Sector Pampas de Hospital

En Coordenadas UTM: 561554 E y 9590625 N

En el sector denominado Pampas de Hospital, se ha identificado un área de 60,000 m<sup>2</sup> y con una profundidad de 1.0 metros y un volumen aproximado de 36,000 m<sup>3</sup> que puede ser extraído.

El material de acarreo que predomina en el cauce es de origen sedimentario y con diámetros menores a 7 pulgadas, aparentemente presenta adecuadas características para el uso en obras de ingeniería. El banco del material se encuentra en la margen izquierda del río Tumbes.

El Gobierno Regional de Tumbes y los Locales de la zona deberán implementar que se impulse la limpieza del cauce del río, complementando la actividad de extracción de material de acarreo en cumplimiento de la normatividad vigente.

No se cuenta con accesos a la zona de explotación de material de acarreo, razón por la cual si se proyecta la extracción de material de acarreo se debe habilitar caminos de acceso.

El río Tumbes en su curso tiene una pendiente baja por lo que el agua circula con baja velocidad empujando a las piedras, gravas y arenas y haciéndolas desplazarse por rodamiento.

Figura 37

Zona de extracción de material de acarreo.



Fotografía 18

Zona de extracción de material de acarreo.



### 7.7 Volumen total de material de acarreo a extraerse

En el cuadro 26, se ha consolidado el volumen aproximado de material de acarreo a extraerse en los diferentes puntos identificados a lo largo del río Tumbes, en un total de 206,600 m<sup>3</sup>.

Cuadro 26

Consolidado de zonas de extracción de material

N°	Sectores	Area m <sup>2</sup>	Altura m	Volumen disponible m <sup>3</sup>
1	El Higueron	15,000.00	1.50	13,500.00
2	Casa Blanqueada	20,000.00	1.30	15,600.00
3	El Peligro	50,000.00	1.10	33,000.00
4	La Arena - La Palma	70,000.00	1.10	77,000.00
5	San Jacinto	15,000.00	1.10	9,900.00
6	Las Brujas	30,000.00	1.20	21,600.00
7	Pampas de Hospital	60,000.00	1.00	36,000.00
				<b>206,600.00</b>

## CAPITULO 8: IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE EROSIÓN FLUVIAL

### 8.1 INTRODUCCIÓN

En nuestra historia, el agro, los sectores urbanos, industriales, viales, etc. han tenido grandes pérdidas, por no tener una adecuada planificación que incluya con carácter prioritario la prevención contra las acciones erosivas y destructivas de las corrientes de agua, las mismas que se ven agravadas, incluso con pérdidas de vidas humanas, por la presencia cíclica del fenómeno de El Niño.

Para el presente trabajo se ha realizado un reconocimiento del ámbito del proyecto, identificando algunas zonas que vienen siendo afectadas por la erosión e inundación del río Tumbes y estas se vienen agravando por la inadecuada extracción de material de acarreo en la zona.

Este capítulo se refiere a la identificación de puntos críticos por desborde y erosión, como consecuencia de la topografía de las riberas áreas aledañas, condiciones físico-mecánico del suelo y a caudales máximos en época de precipitaciones fuertes.

Para la identificación de los puntos críticos se realizó un reconocimiento del ámbito del proyecto y se analizaron por distritos desde San Jacinto y Pampas de Hospital en la parte media de la cuenca hasta el distrito de Tumbes y Corrales en la desembocadura al mar.

### 8.2 OBJETIVO

Identificar las zonas vulnerables en los distritos de Tumbes, Corrales, San Jacinto, San Juan de la Virgen y Pampas de Hospital, provincia de Tumbes, departamento y Región Tumbes que vienen siendo afectadas por la erosión e inundación del río Tumbes.

### 8.3 ANÁLISIS DE LA IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS

Se ha realizado un reconocimiento del ámbito del proyecto, y se han identificado los puntos que se encuentran expuestos a la erosión e inundación del río Tumbes.

Con el apoyo de los Formatos previamente elaborados se ha registrado la información que a continuación se detalla:

- Coordenadas UTM WGS – 84
- Sector Vulnerable
- Amenaza o Peligro
- Efectos previsibles
- Elementos expuestos
- Recomendaciones
- Fotos

Asimismo, en las zonas identificadas se ha podido verificar que los extractores del material de acarreo vienen realizando su actividad en forma inadecuada ocasionando que el río se desvíe y ocasione mayores daños en las márgenes del río.

## 8.4 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS

En el cauce del río Tumbes se han identificado cuarenta (40) puntos críticos desde la Estación El Tigre hasta la desembocadura al mar.

En el Anexo se registran los puntos identificados de acuerdo al Formato previamente elaborado.

A continuación se presentara una descripción de los puntos identificados.

### Sector Desembocadura: 0-5 Km

Comprendido entre la desembocadura del río Tumbes, punto de inicio del estudio, hasta el kilómetro 5; en este tramo el ancho natural del cauce alcanza los 800 metros y presenta una pendiente promedio de 0.2%.

Este sector comprende básicamente la desembocadura y el flujo del agua cambia de dirección Norte a Este, por la existencia de un afloramiento arenoso de gran potencial que impide la libre desembocadura al Océano Pacífico y lo orienta hacia el Puerto Pizarro, y afecta principalmente a empresas que se dedican a la crianza de langostinos.



Figura 38. Se aprecia el afloramiento arenoso que impide la libre desembocadura en el mar.

### Sector Progreso: 5-10 Km

En este tramo el ancho natural del cauce alcanza los 150 metros y presenta una pendiente promedio de 3.3%. En este tramo existen erosiones en las partes externas de las curvas, específicamente desde el Km 8+700 al Km 10 +000.



Fotografía 39. Se aprecia el peligro de la carretera a Otuzco y el dique de gaviones existentes

### Sector Progreso: 10-15 Km

En este mismo sector, pero del Km 10+000 al Km 15+000 el tramo el ancho natural del cauce alcanza un valor de 150 metros, y presenta una pendiente promedio de 0.5%.y cuenta en su margen derecha un dique de piedra embebida en concreto en una longitud aprox. de 600 metros. (559 560E, 9 608 209 S)

Cerca al Km 10 el Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes ha construido en su margen derecha un dique a base de Geobolsas. (559 943 E, 9 609 610 S)

En su margen izquierda están desprotegidas áreas agrícolas de la zona El Palmar

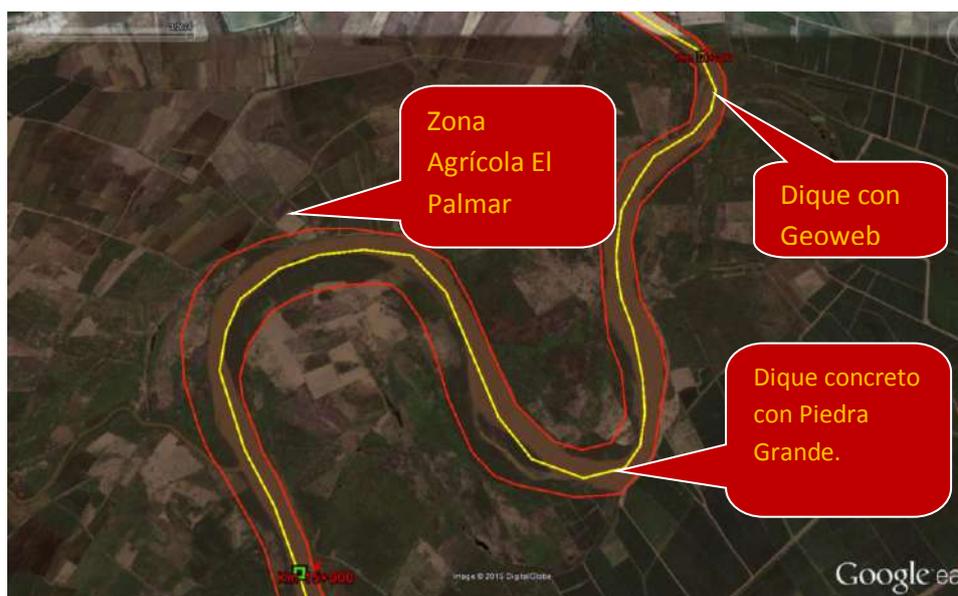


Figura 40. Se aprecia la zona agrícola El Palmar que no cuenta con defensas en el río Tumbes

### Sector El Sauce y Romero: 15-20 Km

En este tramo el ancho natural del cauce alcanza un valor de 105 metros y presenta una pendiente promedio de 0.5%.

En esta zona se encuentran en riesgo principalmente la ciudad de Tumbes, terrenos agrícolas del sector el Sauce, Romero y las Tomas La Tuna y Romero y el puente Panamericano.



Fotografía 41. Se aprecia la ciudad de Tumbes, las Tomas de captación y la zonas agrícolas

### Sector Dren Correntoso: 20-25 Km

En este tramo existe una curva bastante pronunciada y el dren Correntoso se encuentra a 10 metros del Río y el ancho natural del cauce alcanza los 100 metros, se recomienda la limpieza y descolmatación del cauce, específicamente en la parte interna de la curva a fin de darle mayor ancho de cauce.

Existe una defensa consistente en una batería de ocho (08) Espigones de roca que es necesario mejorar.

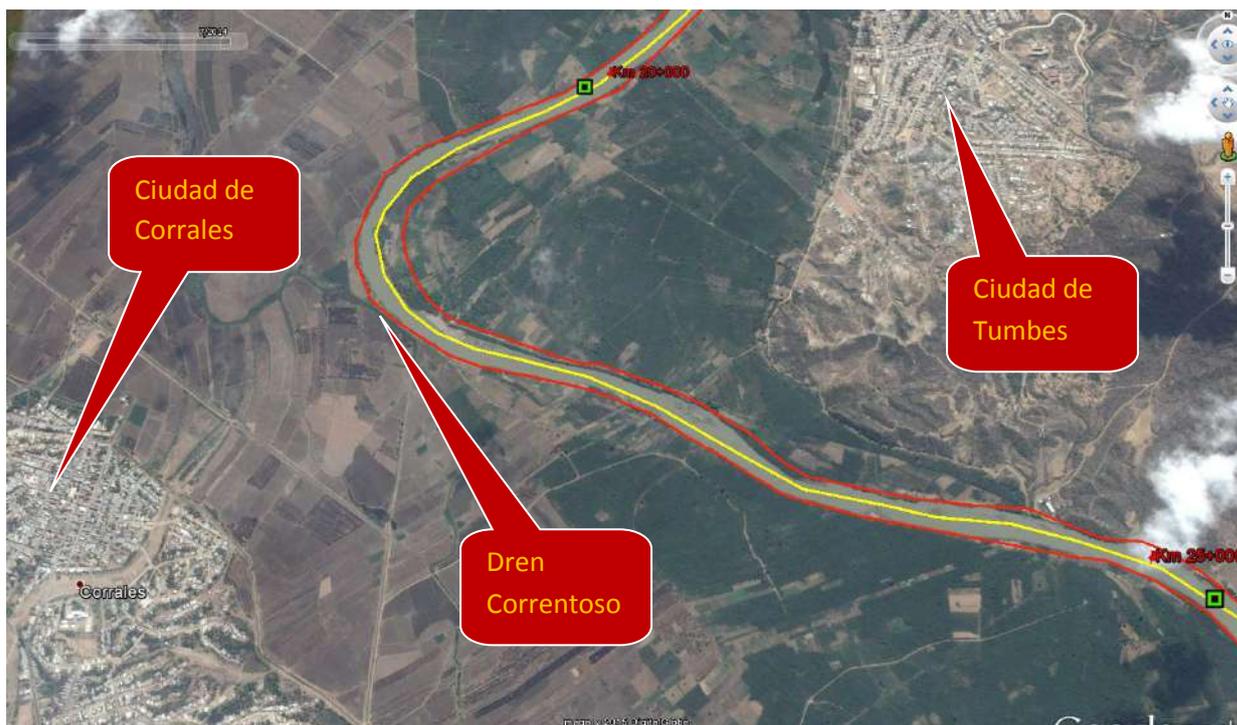


Figura 42. Se aprecia el desarrollo del río Tumbes y la ubicación del dren Correntoso.

### Sector Garbanzal: 25-30 Km

En este tramo el ancho natural del cauce del río Tumbes y la baja pendiente del tramo de 1.1 no permite una variación significativa en su desarrollo. Existen cuatro zonas que necesitan la limpieza y descolmatación del río considerando ancho mínimo de 120 metros (Zonas 2 y 3) y la construcción de baterías de espigones (Zona 1 y 4).



Figura 43. Se aprecia el desarrollo natural del río Tumbes y zonas que necesitan descolmatación del cauce (Zonas 2 y 3) y la implementación de batería de espigones (Zona 1)

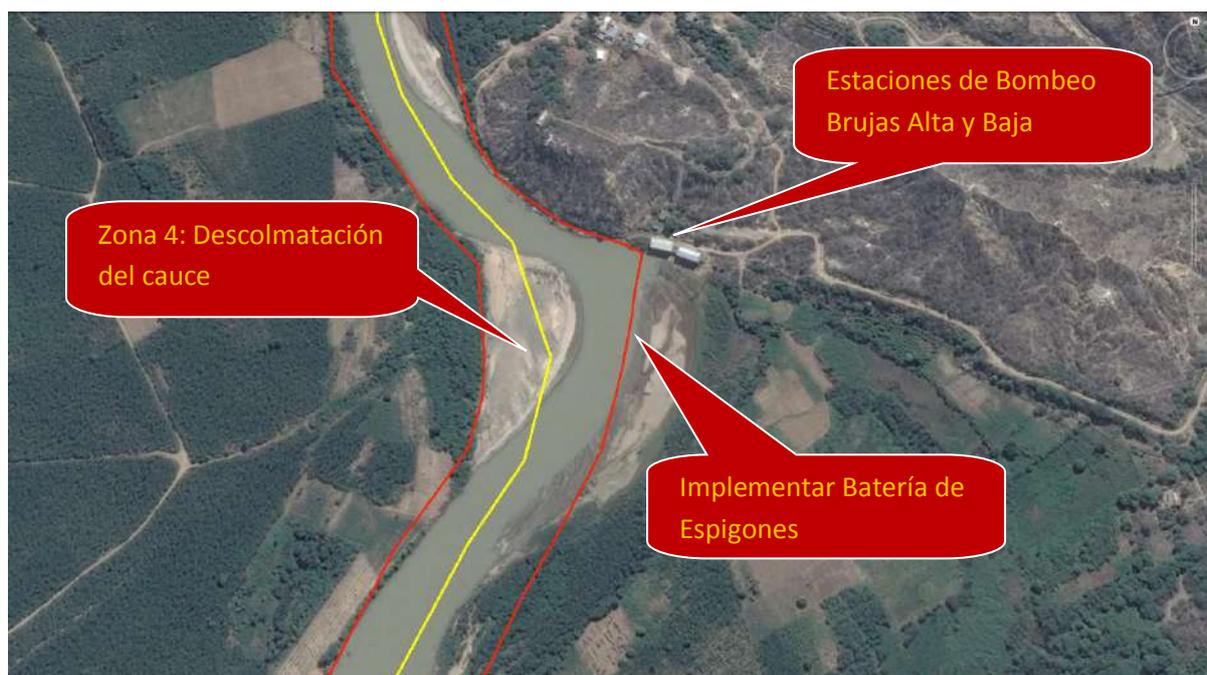


Figura 44. Se aprecia zona 4 que necesita descolmatación del cauce y protección con batería de espigones en la Estación de Bombeo Las Brujas Alta y Baja

### Sector San Jacinto: 30-35 Km

En este tramo el ancho natural del cauce alcanza valores de 80 metros y presenta una fuerte colmatación del cauce, se identifican hasta cinco zonas que necesitan descolmatación del cauce, especialmente la zona 5, zona de mayor extensión.

En esta zona se encuentran en riesgo terrenos agrícolas y una torre de alta tensión.

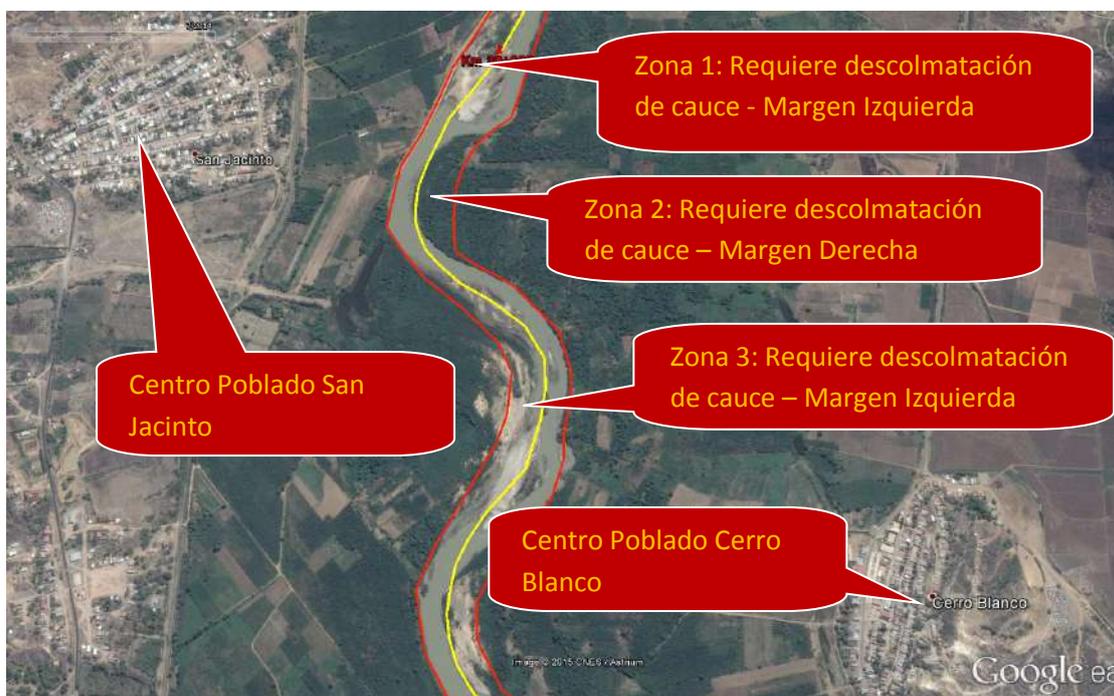


Figura 45. Se aprecia cuatro zonas que necesitan descolmatación del río Tumbes.

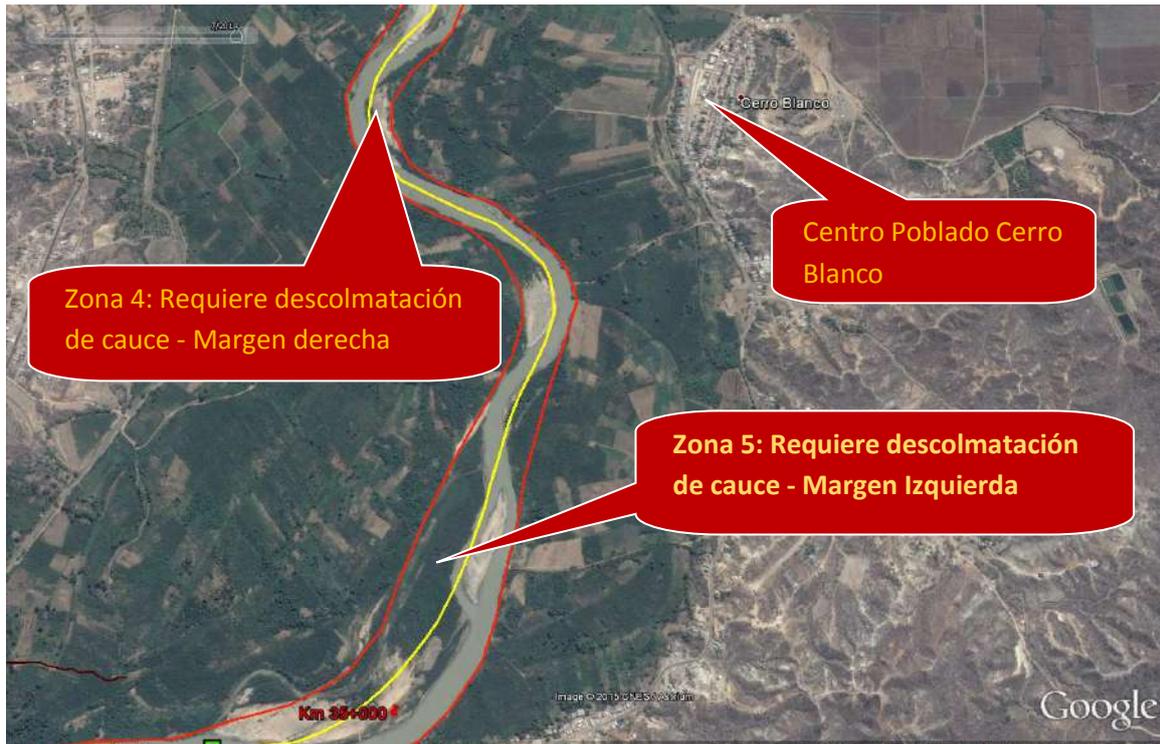


Figura 46. Se aprecia las zonas 4 y 5 que necesitan descolmatación del río Tumbes.

#### Sector Puente Francos: 35-40 Km

En este tramo el ancho natural del cauce alcanza valores de 70 metros (Puente Francos) y presenta una fuerte colmatación del cauce, se identifican hasta cinco zonas que necesitan descolmatación del cauce, especialmente la zona 5, zona de mayor extensión.

En esta zona se encuentran en riesgo terrenos agrícolas y el estribo izquierdo del puente Francos



Figura 47. Se aprecia el Puente Franco y las zonas del cauce que requieren descolmatación

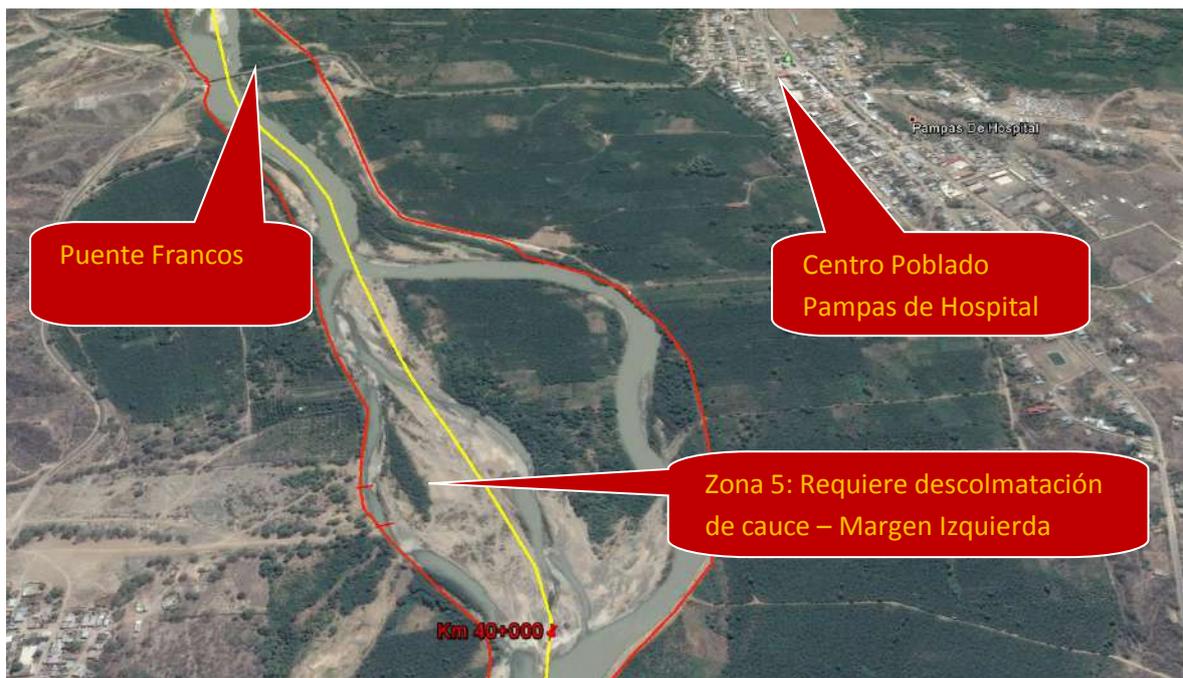


Figura 48. Se aprecia las zonas 5 que necesita descolmatación del río Tumbes

#### Sector Ruston La Inverna: 40-45 Km

En este tramo existe en la margen izquierda un dique enrocado de aprox. 1.52 kilómetros de longitud que orienta el flujo hacia la margen derecha y pone en riesgo la Estación de bombeo Arena La Palma.

Se recomienda la limpieza y descolmatación del cauce en cinco (05) zonas



Figura 49. Se aprecia el desarrollo del río y las zonas que requieren descolmatación



Figura 50 Se aprecia el dique enrocado y la zona 5 que requieren descolmatación

### Sector Higerón: 45-48.3 Km

En este tramo existe en la margen derecha áreas agrícola que es necesario proteger de la erosión.

Se recomienda la limpieza y descolmatación del cauce en cuatro (04) zonas

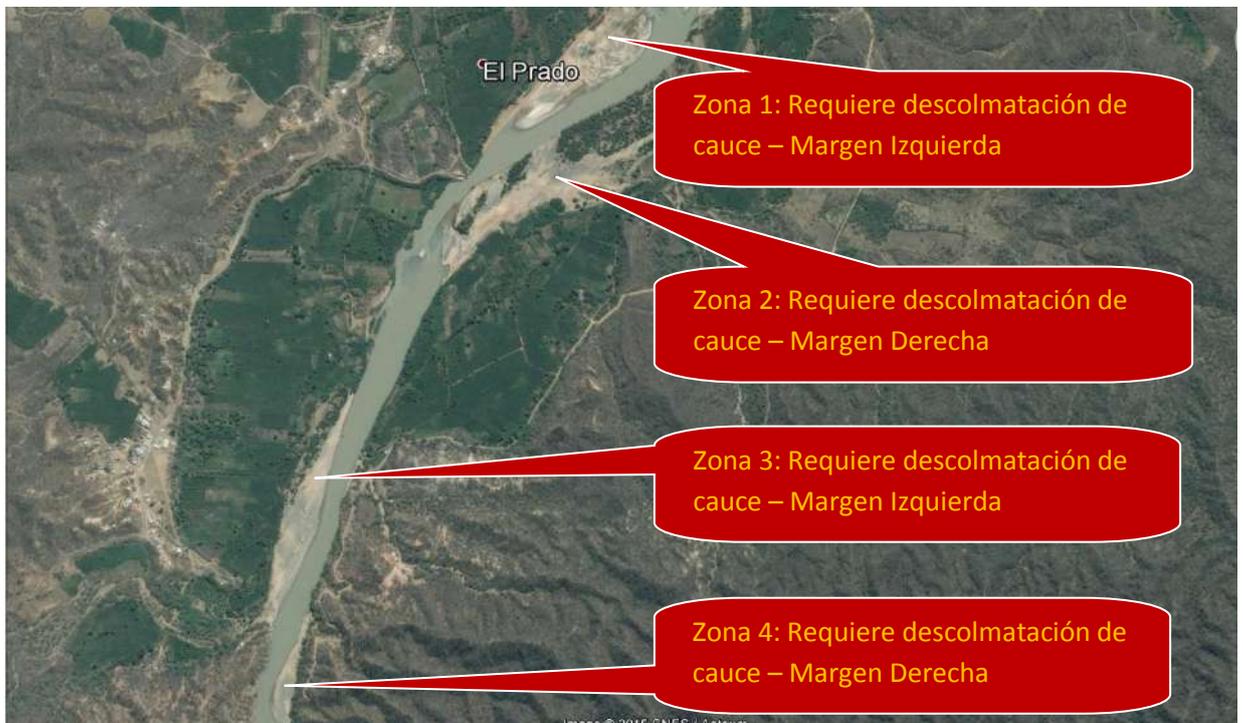


Figura 51 Se aprecia las zonas que requieren descolmatación

## **8.5 RESULTADOS**

Se han identificado cuarenta (40) puntos críticos en el cauce del río Tumbes, la información se encuentra registrada en formatos previamente elaborados por la Autoridad Nacional del Agua, los cuales deben ser considerados dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

Las obras de defensas ribereñas existentes se encuentran en buen estado y cumpliendo los objetivos para los cuales fueron construidas.

La infraestructura hidráulica, vial, tal como la carretera que une a Tumbes con los centros poblados ubicados a la margen derecha e izquierda del río, debe ser protegida, así como los puentes, especialmente los estribos y/o pilares centrales.

## CAPITULO 9: GESTIÓN DEL RIESGO: PROPUESTA DE MEDIDAS ESTRATÉGICAS

El riesgo es la medida de la probabilidad y severidad de un efecto adverso para la salud humana, propiedad o en el medio ambiente. Generalmente se define como las posibles consecuencias desfavorables económicas, sociales y ambientales que puedan presentarse a raíz de la ocurrencia de un evento dañino en un contexto de debilidad social y física ante el mismo.

La Gestión del Riesgo de Desastre (GRD) es el conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales desarrollados por sociedades y comunidades para implementar políticas y estrategias, y para fortalecer sus capacidades, con el fin de reducir el impacto de amenazas naturales y de desastres ambientales y tecnológicos.

Esto involucra todo tipo de actividades, incluyendo medidas estructurales (por ejemplo, construcción de defensas ribereñas para evitar el desbordamiento de un río) y no-estructurales (por ejemplo, la reglamentación de los terrenos) para evitar o limitar los efectos adversos de los desastres (ITDG, 2009).

### 9.1 Planteamiento Hidráulico

El río Tumbes según la clasificación morfológica, tiene varios brazos separados por islas fluviales sumergibles, en general es inestable y afecta con mayor incidencia a los terrenos colindantes a ambas márgenes, los cuales se encuentra parcialmente protegido en un tramo por diques enrocados y espigones.

Estas propiedades morfológicas en general se deben a los siguientes factores naturales a lo largo del curso del río.

- En el sector se presenta un lecho móvil con un pendiente longitudinal del cauce, por encima de 1.94 o/o, presentando un cauce trenzado entre las progresivas 5+000 a 10+000, tramo donde se ubica el Km 32 de la carretera a Otuzco.
- Debido a la alta pendiente, el flujo es torrencioso y muy erosivo en este sector, especialmente durante las crecidas.
- Irregular régimen hidrológico y enorme diferencia entre el régimen de escorrentías de las temporadas de avenidas y de estiaje.
- Ilimitada alimentación con los sólidos gruesos, tanto de las orillas como del fondo, lo que se debe a la composición de las formaciones geológicas del valle y las propiedades litológicas del cauce.

Por lo indicado, el principal problema del río Tumbes su curso está constituido por la inestabilidad de sus orillas y el fondo de su cauce, que afecta tanto los terrenos colindantes, como las existencia de meandros en el cauce del río.

En general para la ejecución de las obras de encauzamiento podrán usarse diferentes materiales de procedencia local, así como: roca, materiales sueltos disponibles en el cauce del río, a precisar, cantos rodados, grava y arena.

Para el éxito de estas obras y garantizar su función específica, únicamente es necesaria protegerlas adecuadamente contra la erosión y socavación, especialmente el talud que se encuentra en contacto con el flujo de agua; por ejemplo con enrocado debidamente dimensionado, tanto en espesor como en granulometría.

De acuerdo con lo indicado en el diseño de las obras previstas se tomara en cuenta, entre otros, el ancho necesario del cauce de río, de acuerdo con el régimen hidrológico del río, propiedades topográficas y morfológicas del actual cauce de la corriente,

materiales disponibles para la construcción de las defensas y para su protección de la erosión y socavación y otros impactos del flujo de agua.

## 9.2 Propuesta de medidas estratégicas en zonas Vulnerables de inundación y erosión fluvial

Dentro de las estrategias de intervención para prevenir y reducir el riesgo por inundación y erosión, tenemos las medidas estructurales y no estructurales.

### A. Medidas estructurales

Son obras de defensa ribereñas como diques, espigones, encauzamiento, reforestación, entre otros.

Dentro de las medidas estructurales para evitar los desbordes y erosión se propone principalmente espigones de gaviones u otro material adecuado a cada lugar de intervención.

Cuando se refiera a diques, debe tenerse en cuenta, si la velocidad del agua es mayor a la velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado, se recomienda emplear geotubos, conformado de geotextil de alta resistencia.

En la figura 52 se esquematiza un modelo del geotubo y en el anexo, se indica las principales características de la estructura que deben considerarse cuando se formula un perfil de defensas ribereñas.

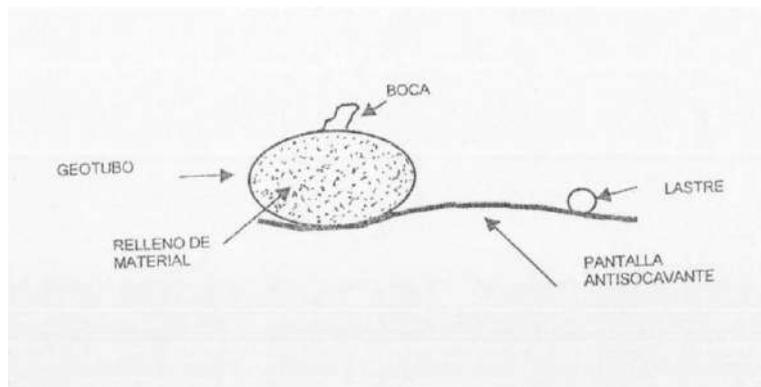


Figura 52 . Modelo de geotubo

En la figura 53, se esquematiza espigón de gaviones y sus dimensiones principales, para que se considere en los sectores que han sido propuestos como medidas de protección.

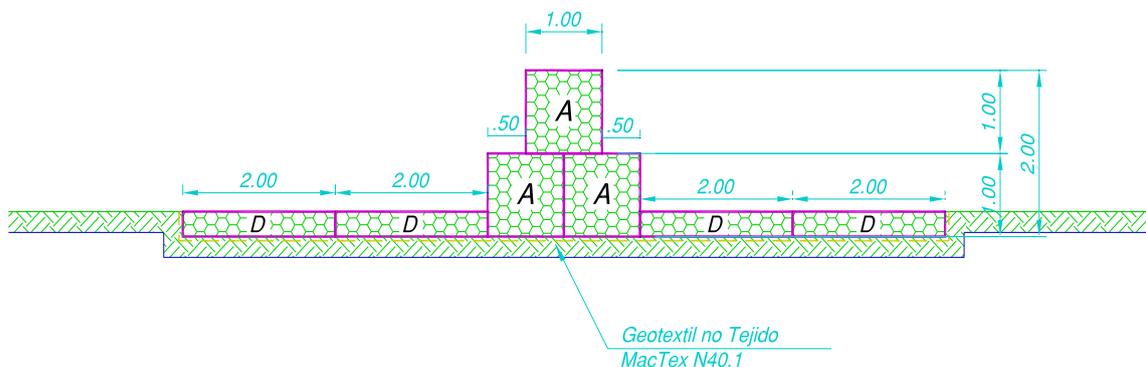


Figura 53 Modelo de espigón de gaviones

Dentro de las obras de defensa ribereña existentes se tiene una serie de estructuras, entre las más utilizadas se tiene: Protección de talud, diques con enrocados, espigones de roca, gaviones.

Sin embargo, se ha seleccionado la implementación de defensa ribereña a base de geotubo y/o espigones de gaviones por las ventajas de este tipo de estructuras que a continuación se detalla:

- Se cuenta con material apropiado en la zona de trabajo.
- Protección de los terrenos adyacentes con la erosión
- Protección al pie de talud, el cual evita que el talud protegido falle, debido a los efectos de socavación general.
- Alta resistencia a la erosión, socavación, fuerzas de volteo y deslizamiento
- No requiere maquinaria pesada apropiada para su construcción
- No requiere personal capacitado en este tipo de trabajos.

Las medidas estratégicas de prevención contra las inundaciones y erosión se han estudiado por progresiva cada 5 kilómetros, denominado sectores y los mapas respectivos se presentan en el Anexo.

#### **Sector Desembocadura: 0-5 Km**

Comprendido entre la desembocadura al Océano Pacífico, punto de inicio del estudio hasta el kilómetro 5; en este tramo el ancho natural del cauce alcanza hasta los 700 metros y presenta una pendiente promedio de 0.2%.

En este sector, con el transcurso del tiempo se está conformado una barrera natural de arena que disminuye el ancho natural del cauce y orienta el flujo del río hacia Puerto Pizarro y podría afectar a las empresas que se dedican a la crianza de langostinos.

Esto obliga a la presencia de una serie de eventos encadenados; crece el delta del río, el río alarga su camino hacia el mar, va perdiendo pendiente, sedimenta en su cauce principal y las llanuras de inundación.

El curso del río Tumbes a través del tiempo ha sufrido un proceso de modificación abandonado en muchos casos su cauce originando y formando otro u otros a muchos metros de distancia.

Se recomienda lo siguiente en orden de importancia:

- Limpieza y descolmatación abriendo una entrada más directa hacia el Océano Pacífico, considerando un ancho mínimo estable de 200 metros.
- Corrección del cauce hasta alcanzar un ancho estable de 200 metros de ancho.
- Reforestación de las fajas marginales en ambas márgenes.

Ver Mapas 01 al 03.

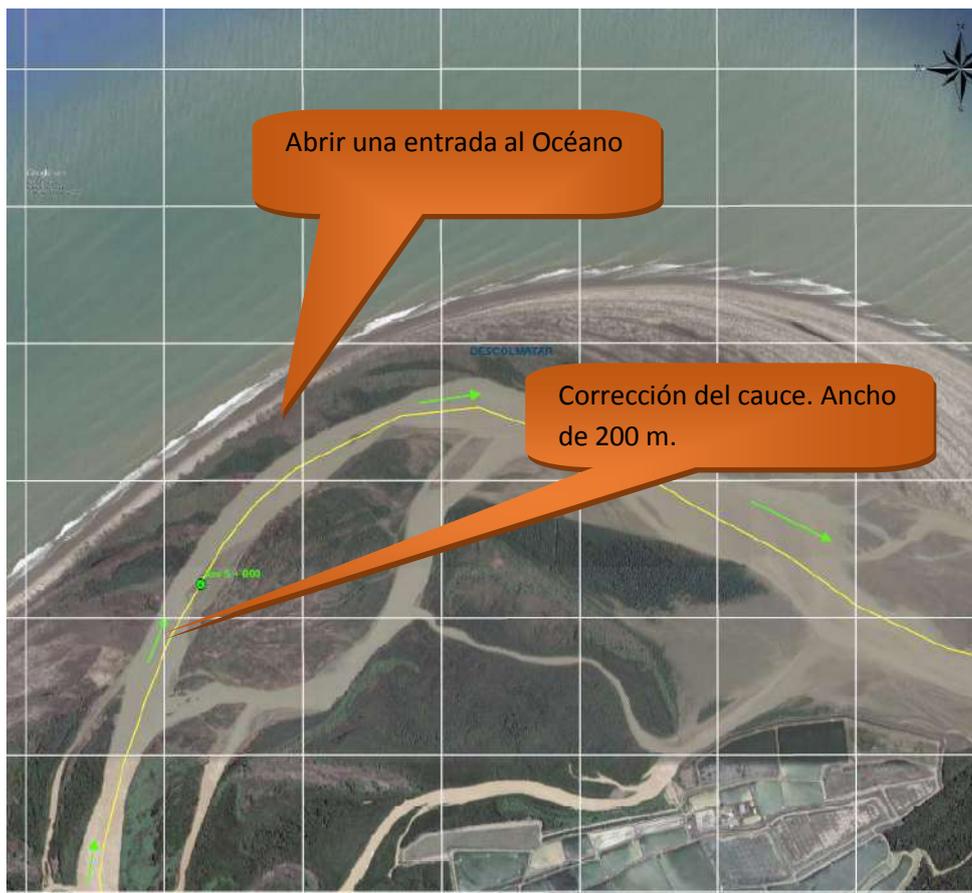


Figura 54 Se aprecia el cambio del flujo del río y la propuesta de descolmatación

### Sector Progreso: 5-10 Km

En este tramo el ancho natural del cauce varía desde los 67 m hasta los 250 m y presenta una pendiente promedio de 0.5%. En este tramo el Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes se encuentra ejecutando una obra con geobolsas.

Existe un mayor riesgo de erosión por su cercanía al cauce del río, por lo que se recomienda lo siguiente en orden de importancia:

- Limpieza y descolmatación, considerando un ancho mínimo estable de 125 metros.
- Corrección del cauce hasta alcanzar un ancho estable de 125 metros de ancho.
- Reforestación de las fajas marginales en ambas márgenes.

Ver en Anexo los Mapas 03 al 05.



Figura 55 Se aprecia la propuesta de descolmatación del cauce en las curvas

### Sector El Palmar: 10-15 Km

En este tramo el ancho natural del cauce varía desde los 70 m hasta 195 m y presenta una doble curva que por la presencia de flujos helicoidales dificulta su diseño de protección, por lo que se recomienda lo siguiente en orden de importancia:

- Limpieza y descolmatación del cauce, considerando el ancho del río 125 metros.
- Protección de las márgenes con un dique de geotubos en la margen izquierda de las áreas agrícolas del Palmar, en una longitud de aprox. 1850 metros, u otro material adaptado a zona o acorde al aspecto ambiental.
- Reforestación de las fajas marginales en ambas márgenes.

Ver en Anexo el Mapa 06

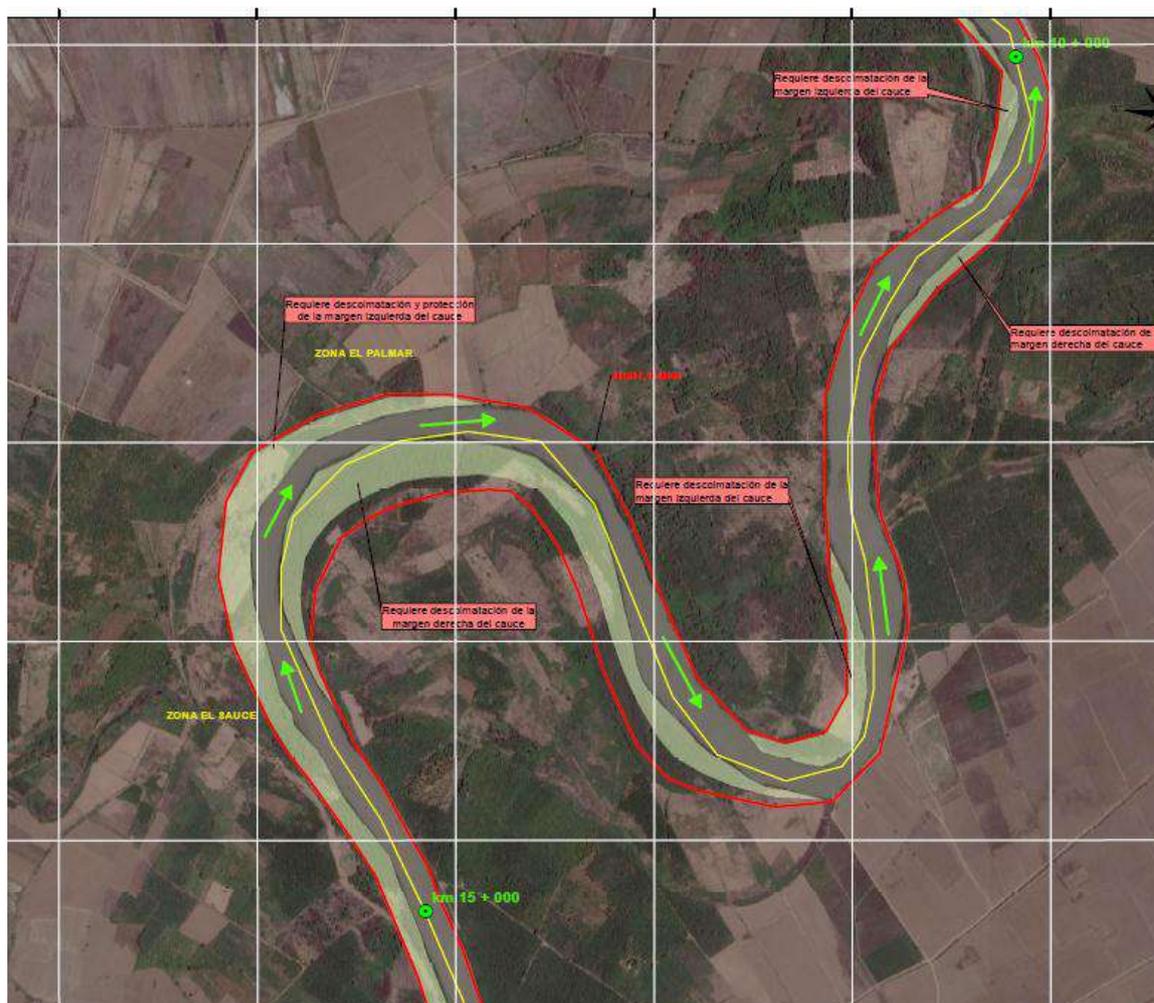


Figura 56 Se aprecia el desarrollo natural del río Tumbes con la presencia de la doble curva

### Sector Huaquillas Romero: 15-20 Km

En este tramo el ancho natural del cauce varía entre 75 m y 105 m y presenta una defensa construida por el Gobierno Regional de Tumbes en la margen derecha en una longitud de aprox. 950 metros, desde la Estación de Bombeo Romero hacia abajo.

En esta zona se localiza la ciudad de Tumbes, por lo que se recomienda lo siguiente en orden de importancia:

- Limpieza y descolmatación del cauce, considerando el ancho de 125 metros.
- Corrección del cauce hasta alcanzar un ancho estable de 125 metros de ancho.
- Construcción de cinco (05) espigones en la curva que proteja a la ciudad de tumbes en una longitud de 394 m, con gaviones, material rocoso, u otro material adaptado a zona o acorde al aspecto ambiental.
- Reforestación de las fajas marginales en ambas márgenes.

También en esta zona se localiza el puente Panamericano y las estaciones de bombeo La Tuna y El Palmar,

Ver en Anexo los Mapas 07 y 08.



Figura 57. Se aprecia el desarrollo de la curva del río y la presencia de la ciudad de Tumbes y la propuesta de proteger la ciudad y áreas agrícolas

### Sector La Noria: 20-25 Km

En este tramo el ancho natural del cauce varía entre 85 m y 230 m.

En esta zona se presenta una curva bastante pronunciada y el rebose del cauce del río al Dren Correntoso que es necesario proteger, por lo que se recomienda lo siguiente en orden de importancia:

- Limpieza y descolmatación del cauce, considerando un ancho mínimo de 125 metros. .
- Corrección del cauce hasta alcanzar un ancho estable de 125 metros.
- Protección de la curva con espigones de gaviones o de material rocoso, u otro material adaptado a zona o acorde al aspecto ambiental.
- Reforestación de las fajas marginales en ambas márgenes.

Ver en Anexo los Mapas 09 al 11.

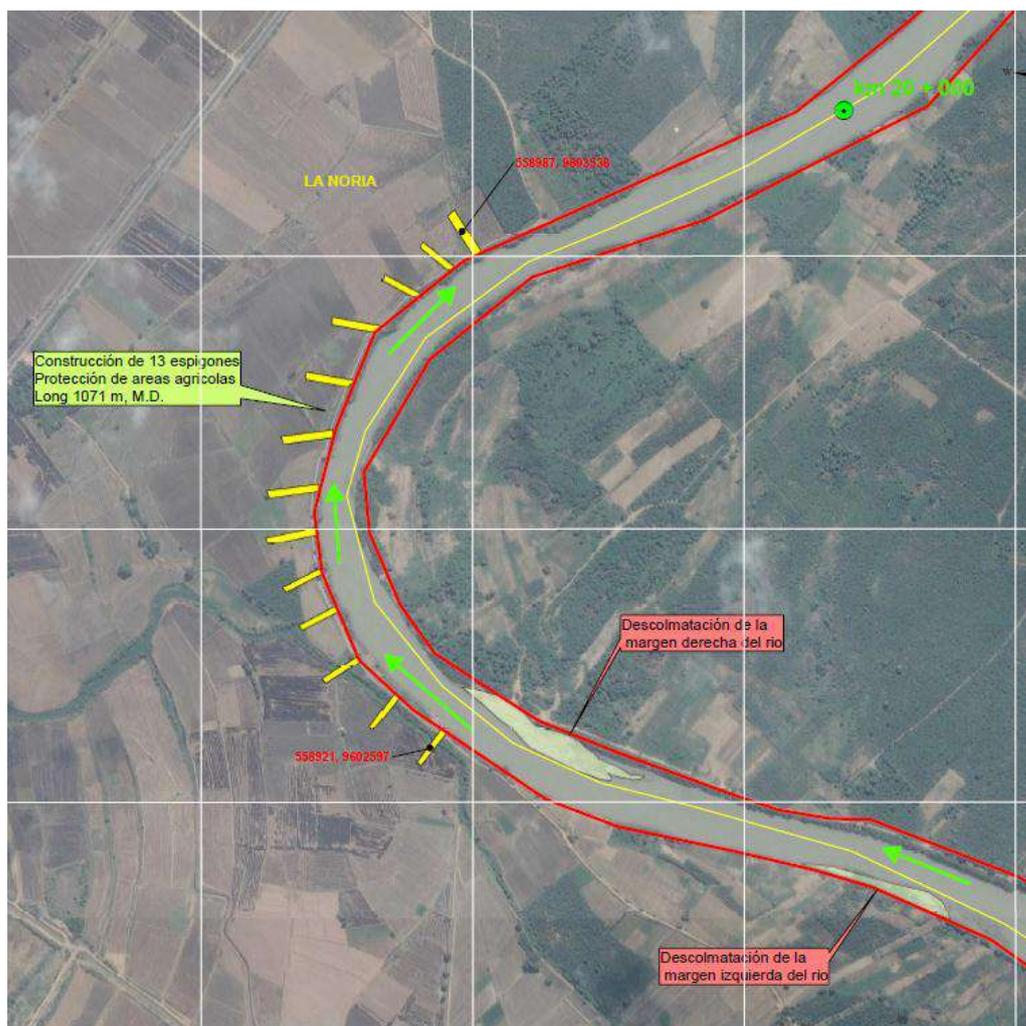


Figura 58 Se aprecia el desarrollo natural de la curva en el río Tumbes y la propuesta de proteger las áreas agrícolas.

### Sector Garbanzal: 25-30 Km

En este tramo el ancho natural del cauce del río Tumbes alcanza los 358 metros y presenta una doble curva lo que origina inundación y/o erosión en el distrito de Malval (San Jacinto) y Garbanzal en el distrito de San Juan de la Virgen.

Es una zona bastante sensible ante los trabajos que se realizan en el sector La Noria.

Se recomienda lo siguiente en orden de importancia:

- Limpieza y descolmatación del cauce considerando el ancho mínimo de 125 metros.
- Corrección del cauce hasta alcanzar un ancho estable de 125 metros de ancho.
- Protección de la curva con espigones de gaviones o de material rocoso, u otro material adaptado a zona o acorde al aspecto ambiental (Centro Poblado Tacural)
- Reforestación de las fajas marginales en ambas márgenes.

Ver en Anexo los Mapas 11 al 13.

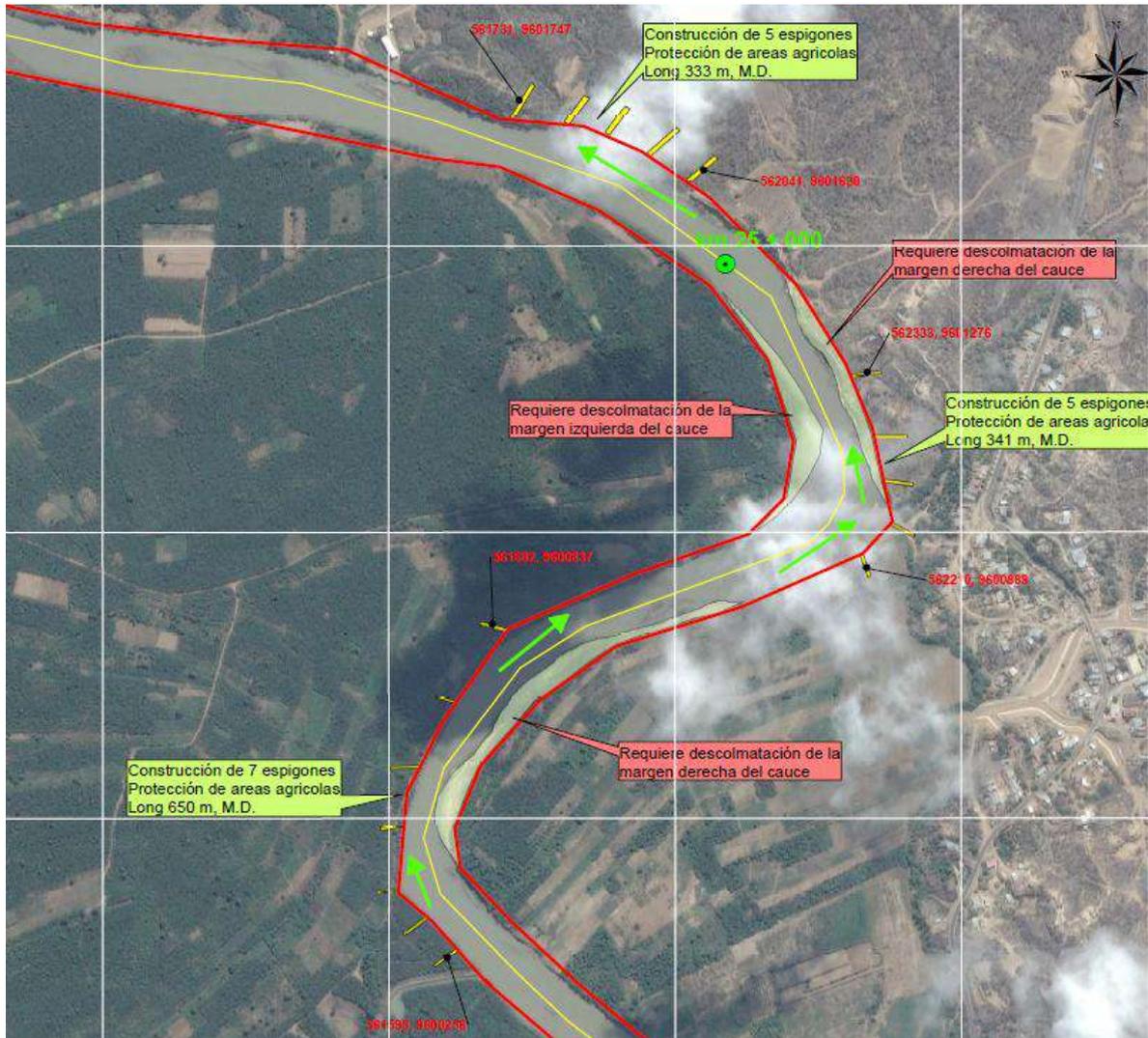


Figura 59 Se aprecia el desarrollo natural del río Tumbes con una doble curva

### Sector San Jacinto: 30-35 Km

En este tramo el ancho natural del cauce alcanza uno de sus valores más alto de 490 metros y presenta una pendiente promedio de 0.5%, por lo que se recomienda lo siguiente en orden de importancia:

- Limpieza y descolmatación del cauce, considerando un ancho mínimo estable de 125 metros.
- Protección de las curvas con baterías de espigones de gaviones o de material rocoso, u otro material adaptado a zona o acorde al aspecto ambiental (Centro Poblado Cerro Blanco)
- Reforestación de las fajas marginales en ambas márgenes.

En este sector se ubica la línea de alta tensión que alimenta de energía eléctrica a la ciudad de Tumbes, frente al centro poblado de Cerro Blanco.

Ver en Anexo los Mapas 13 al 15.

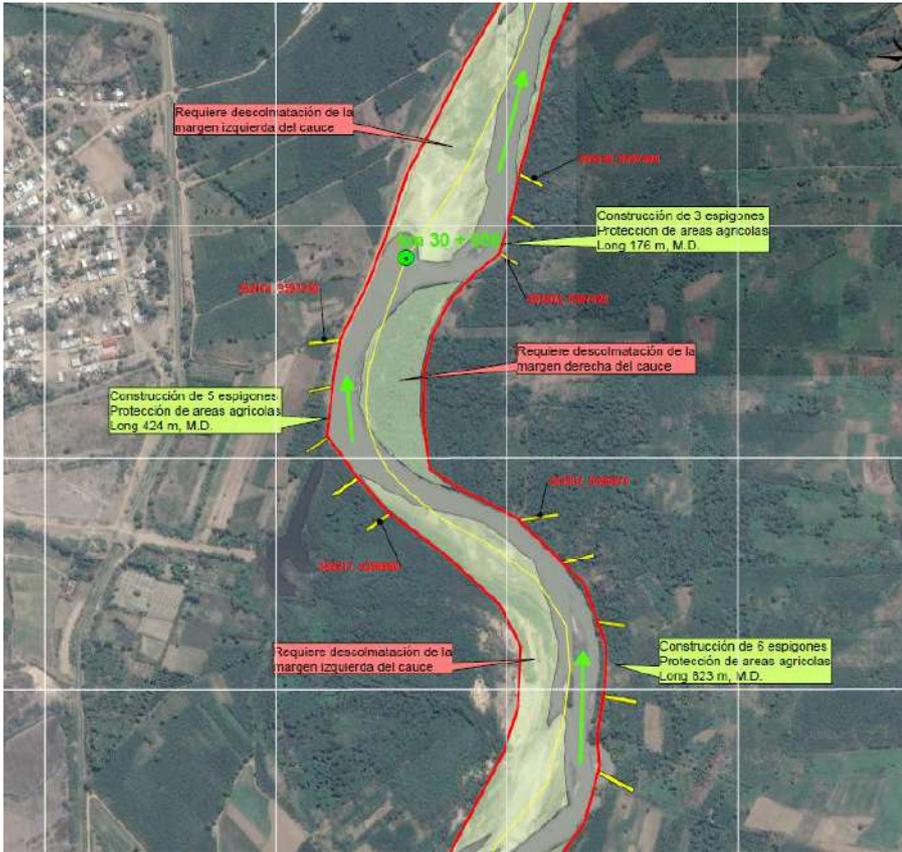


Figura 60 Se aprecia el desarrollo del río Tumbes y la propuesta de descolmatación y protección de riberas.

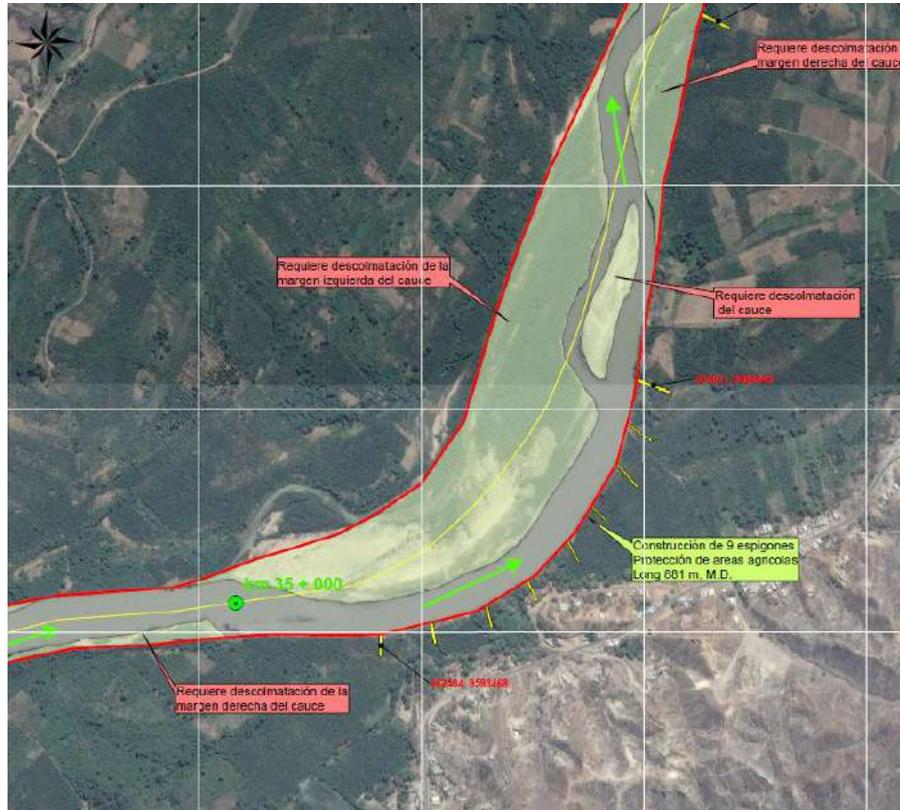


Figura 61 Se aprecia y la propuesta de descolmatación y protección de riberas

### Sector Francos: 35-40 Km

En este tramo el ancho natural del cauce varía entre 60 m y 215 m y presenta una pendiente promedio de 0.7%.

En este Tramo se encuentra el Puente Francos y el Gobierno Regional de Tumbes ha realiado obras de protección aguas arriba y aguas abajo en la margen derecha del Puente, sin embargo a 850 metros y aguas arriba del puente se encuentra una gran acumulación de material de acarreo, el cual orienta el flujo hacia el estribo en la margen izquierda, donde se localizan una batería de espigones de gaviones.

Se recomienda lo siguiente en orden de importancia:

- Limpieza y descolmatación en el cauce, inclusive del material acumulado en el puente Francos.
- Protección de áreas agrícolas con batería de espigones de gaviones, u otro material adaptado a zona o acorde al aspecto ambiental.
- Reforestación de las fajas marginales en ambas márgenes.

Ver en Anexo los Mapas 16 y 17.

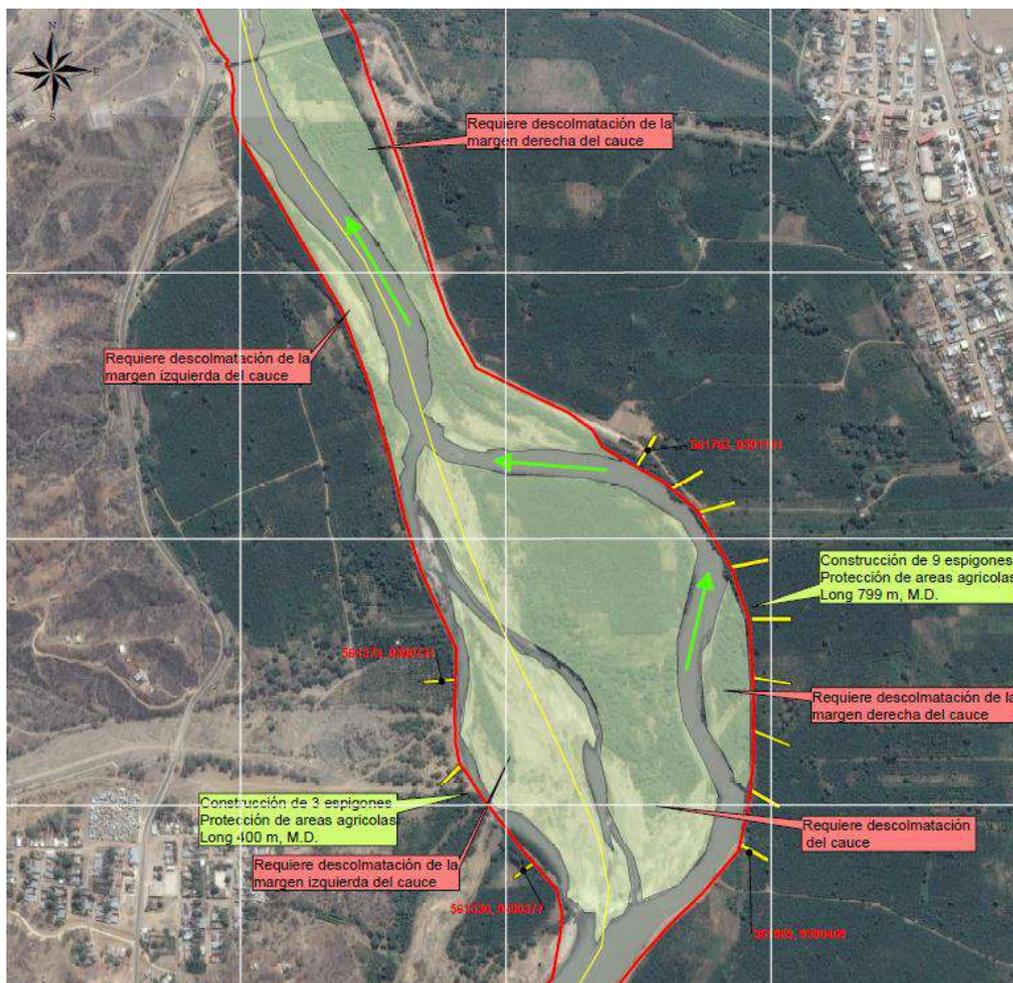


Figura 62 Se aprecia gran olmatación aguas arriba del Puente Francos y la propuesta de proteger las áreas agrícolas.

### Sector Ruston La Inverna: 40-45 Km

En este tramo el ancho natural del río varia entre los 115 m a 423 m y se localizan tres estaciones de bombeo: Arena La Palma, Becerra Belen y Ruston La Inverna, la primera estación requiere de protección, por lo que se recomienda lo siguiente en orden de importancia:

- Limpieza y descolmatación del cauce tanto en la margen derecha como en la margen izquierda del cauce.
- Mejoramiento del dique existente en la margen derecha.
- Protección de áreas agrícolas con batería de espigones de gaviones, u otro material adaptado a zona o acorde al aspecto ambiental.
- Reforestación de las fajas marginales en ambas márgenes.

Ver en Anexo los Mapas 18 al 20.

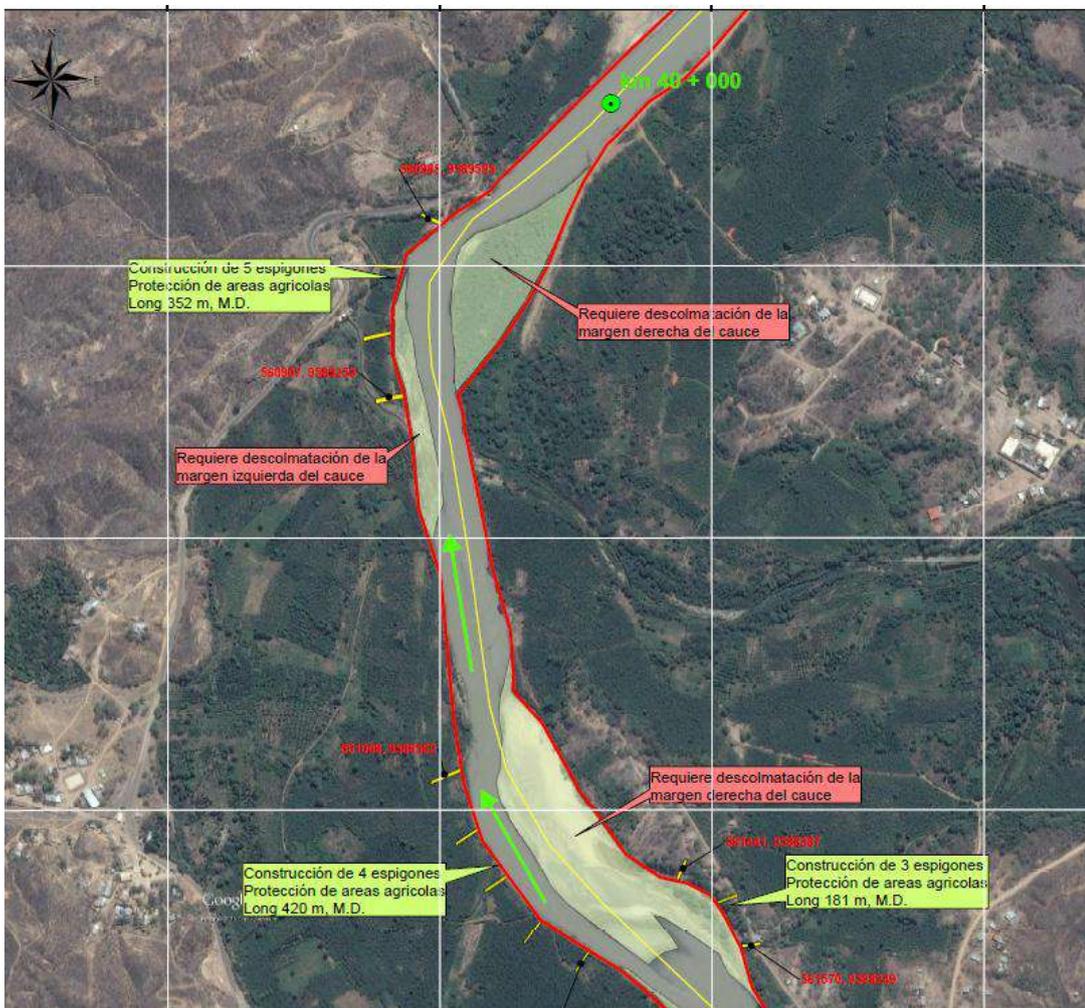


Figura 63 Se aprecia la propuesta de mejorar el dique existente en la margen derecha

### Sector Higuerón: 45-48.3 Km

Corresponde al tramo final del estudio, el ancho natural del cauce varía de 117 metros a 230 m y presenta una pendiente promedio de 1.5%, por lo que se recomienda lo siguiente en orden de importancia:

- Limpieza y descolmatación del cauce tanto en la margen derecha como en la margen izquierda del cauce.
- Reforestación de las fajas marginales en ambas márgenes

Ver en Anexo el Mapa 21.

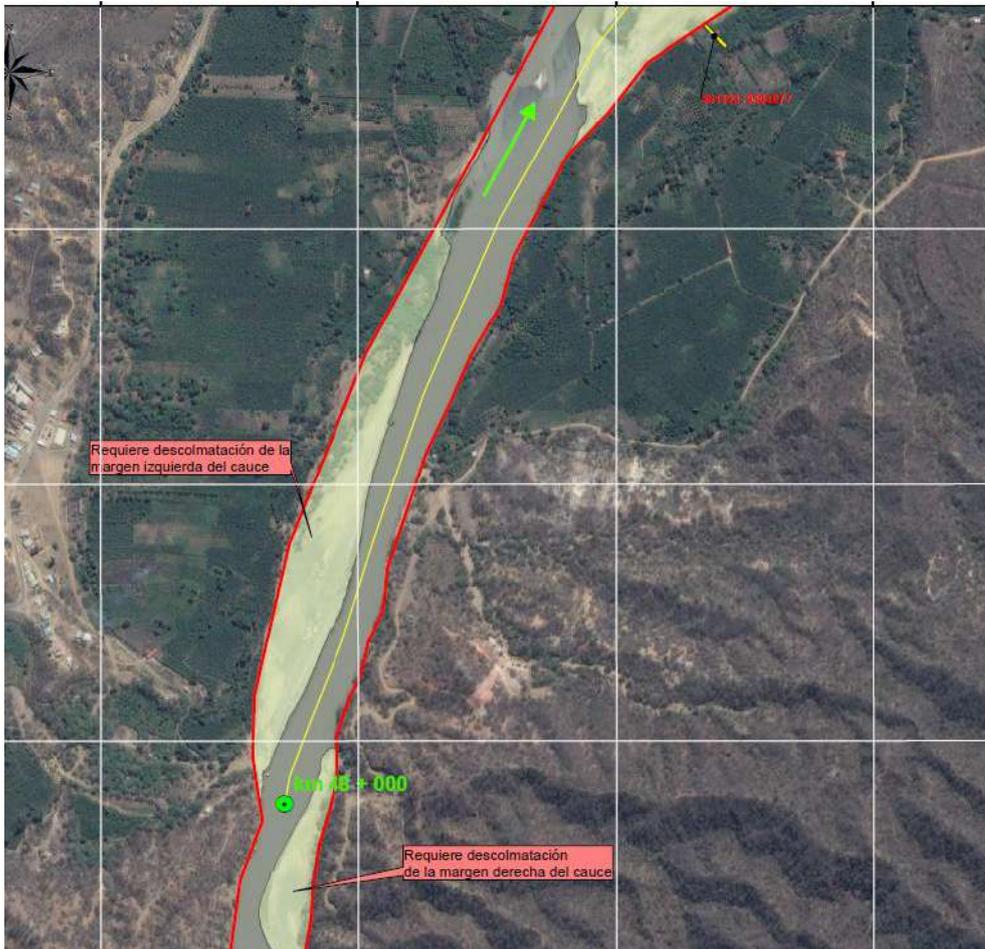


Figura 64 Se aprecia la propuesta de descolmatación

## **B. Medidas no estructurales**

Podemos citar:

- Resoluciones Administrativas, emitidas por la Autoridad Nacional del Agua; donde se indiquen los parámetros más importantes del río como ancho estable del río, caudales máximos de diseño y pendiente, que deben ser tomados en cuenta en los proyectos a ejecutar.
- Programa de capacitación y sensibilización, sobre Alerta Temprana, Gestión de Riesgos ante inundaciones, simulacros, etc. Este programa debe ser promovido por el Gobierno Regional, Gobierno Local, Sectores y entidades privadas.
- Ordenamiento territorial de la faja marginal, liderado por las municipalidades, respetando la normatividad sobre delimitación de fajas marginales.

## CAPITULO 10: IMPACTOS DEL ESTUDIO

### 10.1 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Este capítulo ha sido elaborado en virtud a la necesidad de identificar y describir los impactos ambientales potenciales que pueden ser generados por las medidas estratégicas planteadas en el presente estudio, así como establecer las medidas ambientales adecuadas que permitan mitigar o eliminar los efectos negativos y fortalecer los positivos; desarrolladas a una escala regional.

### 10.2 METODOLOGÍA DE LA IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE IMPACTO

La secuencia metodológica del Estudio Ambiental, fue estructurada en tres etapas:

#### **Etapa preliminar de gabinete**

Constituye la primera etapa del estudio de Impacto Ambiental y comprendió las actividades de recopilación y análisis preliminar de información temática sobre el tema y área de estudio, así como preparación de la etapa de campo que permita la obtención de información complementaria que ayude a la evaluación ambiental del proyecto. También se preparó el mapa base preliminar del área de influencia del proyecto.

#### **Etapa de Campo**

Constituye la segunda etapa del estudio ambiental y consiste en la inspección in-situ del área del proyecto, así como en la recopilación de información complementaria sobre los diversos tópicos que comprende el estudio ambiental: aspectos sociales, económicos, físicos y biológicos de área de influencia del proyecto.

#### **Etapa de Gabinete**

En esta tercera y última etapa del Estudio Ambiental, se realizó el procesamiento de la información obtenida en las etapas anteriores, lo que permitió realizar el análisis ambiental correspondiente.

### 10.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE ACTIVIDADES DE MEDIDAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES

#### 10.3.1 Actividades de Medidas Estructurales

Las medidas de tipo estructural, generaran distintas actividades que a continuación se resumen en:

##### *Etapa: Pre Construcción*

- Instalación y funcionamiento del campamento

##### *Etapa: Construcción*

- Desbroce y limpieza
- Movimiento de tierras
- Conformación de la estructura
- Manejo de aguas superficiales durante la obra
- Manejo y disposición de escombros
- Habilitación y transporte de materiales.

*Etapa: Post Construcción*

- Restauración de áreas intervenidas
- Obras complementarias y señalización
- Desmantelamiento de instalaciones y limpieza del área

### **10.3.2 Actividades de Medidas No Estructurales**

Las medidas no estructurales se resumen en:

- Resoluciones administrativas, emitidas por la Autoridad Local de Agua (ALA); donde se especifiquen respetar el ancho estable del río, caudales máximos de diseño, entre otros parámetros hidráulicos.
- Programa de capacitación y sensibilización, sobre Alerta Temprana, Gestión de Riesgos ante inundaciones, simulacros, etc.
- Ordenamiento territorial de la faja marginal, liderado por las municipalidades, respetando la normatividad sobre delimitación de fajas marginales.

Las acciones de las medidas no estructurales, van encaminadas a impedir, reducir, minimizar o incluso anular los daños generados por las inundaciones.

## **10.4 IMPACTOS AMBIENTALES DEL ESTUDIO**

### **10.4.1 Componentes del Ambiente potencialmente afectables.**

A continuación se lista los principales componentes ambientales potencialmente afectables por el desarrollo de las actividades del proyecto.

Estas actividades se presentan ordenadas según subsistema ambiental.

**Cuadro 27 :**

**Componente del ambiente potencialmente afectables**

SUB -SISTEMA AMBIENTAL	COMPONENTES	EVALUACIÓN
MEDIO FÍSICO	SUELO	EROSIÓN HÍDRICA
		SALINIZACIÓN
		INUNDACIÓN
		ASENTAMIENTO/COMPACTACIÓN
	AGUA	SUPERFICIALES
		SUBTERRANEAS(CALIDAD)
AIRE	ALTERACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE	
	GENERACIÓN DE RUIDOS	
MEDIO BIOLÓGICO	FLORA	VEGETALES TERRESTRES
		BOFEDALES
	FAUNA	AVES
		FAUNA TERRESTRE
		FAUNA ACUÁTICA
MEDIO SOCIO - ECONÓMICO	MEDIO SOCIO - ECONÓMICO	ECONOMIA REGIONAL
		USO DE SUELO
		ZONAS ARQUEOLOGICAS
		MANO DE OBRA
		SALUD PUBLICA
		PAISAJE

**10.4.2 Identificación de Impactos Ambientales**

Luego de haber realizado la descripción de las características ambientales pre operacionales y las del Proyecto, se procede a la identificación de los posibles impactos ambientales, cuyas ocurrencias tendría lugar por la ejecución del Proyecto en mención. Este es un proceso esencialmente predictivo, vale decir, a priori; para ello se confecciona la matriz denominada "Matriz de Leopold", en ella se valorizará preliminarmente dichos impactos haciendo uso de escalas jerárquicas, que establece cinco niveles, tanto para IMPORTANCIA y MAGNITUD, considerando positivos y negativos.

Así mismo, para lograr una mejor visualización de los impactos en la matriz se le asignará colores, siendo el azul y sus tonalidades, para los positivos; y el rojo y sus tonalidades para los negativos.

**Cuadro 28**

Escalas Jerarquicas para la mportancia y Magnitud

IMPORTANCIA	VALOR
Sin Importancia	1
Poco Importante	2
Medianamente Importante	3
Importante	4
Muy Importante	5

MAGNITUD	VALOR
Muy Baja Magnitud	1
Baja Magnitud	2
Mediana Magnitud	3
Alta Magnitud	4
Muy Alta Magnitud	5

### 10.4.3 Evaluación de Impactos Ambientales Potenciales

Una vez identificado los impactos en la fase anterior, se procederá a su evaluación respectiva empleando los criterios que se establecen como: Magnitud e Importancia. Para ello se confeccionará la matriz de LEOPOLD.

Los impactos ambientales potenciales de mayor significancia son los positivos y se producirán, principalmente, en la etapa de operación de la defensa ribereña, viéndose reflejado en el aspecto económico y social; en el primero, permitirán reducir los riesgos de inundaciones, que generarían pérdidas económicas y de vidas humanas. En el aspecto social, el proyecto incidirá indirectamente en la mejora de las condiciones agropecuarias, proveyendo a la zona del proyecto estabilidad y cumplimiento de su programación de cultivo.

En cuanto a los impactos potencialmente negativos se concluye que, no obstante ser desde alta hasta baja intensidad, todos son susceptibles de ser manejados; es decir, son mitigables como los que producirían sobre la salud del persona obra, sobre la flora y fauna (terrestre y acuática) o en el área destinada a la obtención de materiales de préstamo (cantera) y vertimiento de materiales residuales (depósito de material excedente) y en los emplazamientos del Campamento y Patio de Maquinarias.

Para identificar los probables impactos ambientales que se generen en la construcción, operación y cierre se ha elaborado la Matriz de interacciones de Leopold, determinándose que para la construcción, operación y cierre se tendrá los siguientes impactos:

El subcomponente Abiótico, Aire y Agua presenta los mayores valores negativos de 79 y el sub componente Social presenta el mayor impacto positivo con un valor de 65.

Los impactos negativos en la etapa de construcción del proyecto tienen un valor que asciende a 132.

Durante la etapa de construcción y como resultado final de todas las interacciones, impactos positivos tiene un valor de 143 vs los impactos negativos, se tiene un valor negativo de 132, lo que determina que el proyecto es ambientalmente viable.

A continuación se describen los impactos que se presentarán en las etapas de construcción, operación y cierre:

## **MEDIO FISICO**

### **a.- Suelo y Geomorfología**

#### **Etapa de construcción:**

En la fase de construcción del proyecto se presentará erosión en el movimiento de tierras, la construcción de los caminos de acceso, la construcción de la obra en sí y en la explotación de canteras; el impacto será negativo, directo, irreversible e inevitable, pero de magnitud puntual y de importancia baja a media, pero en esta fase este impacto será temporal.

Alteración de la geomorfología en las áreas de préstamo de materiales y en los vertederos que sería ocasionada por la extracción de materiales para la obra y vertimiento de los materiales residuales respectivamente. Así mismo, en las áreas de préstamo de materiales es posible se produzca una alteración de la estabilidad del suelo en caso que los cortes y pendientes sean inadecuados.

Asentamiento y compactación del suelo debido al funcionamiento del campamento y patio de maquinarias.

En términos generales, todos los impactos descritos serían negativos, de influencia local, de magnitud, baja a media, con gran posibilidad de aplicación de medidas preventivas y/o correctivas, y de significancia moderada.

El relieve es un factor que será afectado, por acciones de la obra, se modificará sea el suelo urbano, como el cauce del río (suelo rural); este componente tiene un impacto de magnitud que puede oscilar entre baja a media, dependiendo del tipo y cantidad de suelo afectado, igualmente presenta una importancia entre baja y media, porque no se afectarán grandes áreas. Cabe subrayar, que a pesar de ser un impacto bajo, éste será permanente sobre todo en las áreas de emplazamiento de caminos de acceso, los mismos diques enrocados, espigones de roca y las zonas de canteras. Por la misma necesidad de construcción de las obras, este impacto es inevitable y mediante medidas de mitigación puede ser minimizado.

El suelo será ocupado por las diferentes obras, ya sea por la construcción de nuevas vías de acceso (sobre todo en el área rural), el movimiento de tierras, la construcción misma, los campamentos, etc.; este impacto es puntual y de importancia media; en muchos casos será irreversible y en otros se tratará de un impacto temporal como el caso de campamentos, pero en todos los casos será inevitable.

El sistema vial se verá afectado por la construcción en sí de las obras, por el transporte de materiales, por la acumulación de materiales; en muchos casos se interrumpirá el tránsito vehicular y peatonal en las cercanías del lugar donde se construirán las obras. El impacto sobre este factor es muy localizado, reversible, de importancia media y fácilmente mitigable.

La construcción de las obras afectará el sistema de riego, ya que algunos canales y tomas de agua quedarán temporalmente fuera de servicio, por lo cual se ha previsto las medidas de mitigación necesarias. Estos impactos serán negativos, directos, de magnitud puntual pero reversible.

En el área rural, parte del suelo cambiará de uso y es el referido al suelo que será ocupado para la construcción del sistema de control de inundaciones. El impacto será negativo, de magnitud baja y de importancia media, localizado e irreversible, pero sobre todo inevitable.

El hecho de disponer de un sistema de protección contra inundaciones promoverá y ocasionará el cambio de uso del suelo, en todas aquellas áreas que en la actualidad son inundables, con niveles de cobertura vegetal muy escasa; estas áreas serán utilizadas para llevar a cabo cultivos intensivos así como para recuperación de flora silvestre y desde este punto de vista el impacto será permanente y muy importante porque la recuperación de la flora, económica o silvestre genera otros beneficios ambientales indirectos.

El impacto de las obras será negativo sobre este factor, acciones como el movimiento de tierras, la construcción en sí, el transporte de materiales, explotación de canteras, campamentos, la construcción de caminos de acceso y botaderos, impactarán negativamente sobre el paisaje. El impacto será de magnitud baja a media y de importancia baja a media, directa, inmediata, inevitable por el proceso mismo de construcción de las obras, pero temporal y por tanto reversible.

#### **Etapa operación.**

Disminución de riesgos de erosión de ribera en el área de influencia del encauzamiento, debido a la presencia del dique, a lo largo del sector del proyecto.

Durante la fase de operación, ya no existirá erosión de los suelos agrícolas puesto que no habrá inundaciones, y en el cauce se protegerán con los diques enrocados y espigones de roca lo cual evitará la erosión de los taludes.

Alteración de la calidad del suelo por los desechos generados durante el funcionamiento del campamento y posible vertido de aceite, grasa y combustible en el patio de máquinas.

En la etapa de Operación del proyecto, el sistema vial (Avenidas y calles), es otro factor que será beneficiado, teniendo en cuenta que la operación del sistema podría evitar la inundación y colmatación de calles y avenidas en la ciudad. Este impacto será permanente.

Durante la Operación del sistema de control de inundaciones, todo el sistema de riego del Valle de Tumbes quedará protegido, siendo esto un impacto de magnitud extensa y de muy alta importancia porque se asegura el abastecimiento de agua a los cultivos. Este impacto será directo y permanente.

#### **Etapa de cierre**

Riesgo de erosión de suelos en los vertederos debido a la inadecuada selección del emplazamiento de los mismos; es decir ocurrirá, si estos son ubicados en las riberas del río. La erosión de los suelos produciría un incremento de sedimentos, aguas abajo, afectando principalmente, a la fauna. Este impacto de magnitud baja, permanente, con alta posibilidad de aplicación de medidas preventivas y/o correctivas y de significancia baja.

## **b.- En el agua**

### **Etapa de construcción.**

De forma general, entre las acciones del proyecto que ocasionaría impactos sobre el recurso hídrico superficial y subterráneo, se tiene: Los movimientos de tierra en las defensas ribereñas, encauzamiento del río, funcionamiento de campamento y patio de maquinarias.

La calidad de las aguas podría verse afectado por el arrastre de sólidos (disueltos y en suspensión) por la escorrentía, a partir del movimiento de tierra y acumulación de materiales.

De forma puntual podrían producirse vertimientos accidentales de grasas, aceites y combustible, lo cual puede afectar a la calidad de las aguas subterráneas.

Estos impactos serían negativos, de magnitud media con alta posibilidad de aplicación de medidas preventivas y de moderada significancia.

En la fase de construcción del proyecto, el curso del agua será desviado en forma temporal con la finalidad que el agua no dificulte la normal ejecución del proyecto.

### **Etapa de Operación**

Durante la fase de operación, ya no existirá el desvío del río puesto que no habrá actividades de construcción.

### **Etapa de cierre**

Riesgo de disposición inadecuado del material de desmonte en el área del depósito de material excedente, si estos son emplazados el lugar de destino.

Este impacto sería negativo, de incidencia local, magnitud media, con posibilidades de aplicación de medidas de mitigación y de significancia moderada.

## **c.- Ruido**

### **Atapa de construcción**

Incremento de los niveles de ruido, impacto que se produciría, principalmente, durante las acciones de movilización de maquinaria, desmovilización de maquinaria, transporte de material, excavación y extracción de materiales de cantera y funcionamiento de patio de maquinara: Este impacto sería negativo, de incidencia zonal, moderada duración, con posibilidad de aplicación de medidas de mitigación y de moderada significancia.

## **d.- Aire.**

### **Etapa de construcción**

En esta etapa se producirá una alteración de la calidad del aire por la presencia de material particulado que sería generado por el movimiento de tierras en las áreas de extracción y zarandeo de material de cantera y por el transporte del mismo y construcción de vías de acceso; además del vertimiento de materiales residuales en el depósito de material excedente. Este impacto sería negativo, de influencia zonal, magnitud media, de modera duración, con alta posibilidad de aplicación de medidas preventivas y/o correctivas y de significancia moderada.

El impacto de las acciones señaladas anteriormente, tiene una magnitud parcial y una importancia media; es decir, que la emisión de polvo será en las áreas y/o frentes de trabajo y con mayor importancia en el área urbana, debiendo señalar que este impacto es negativo, directo, temporal y reversible.

Deberán adoptarse las medidas de mitigación necesarias para minimizar el efecto, sobre todo en las zonas adyacentes al proyecto, ya que se trata de un impacto inevitable.

### **Etapa de operación**

Generación de malos olores, impacto que se produciría por la descomposición de los desechos sólidos y la inadecuada disposición de los mismos constituyendo una alteración negativa, de influencia local, magnitud media con posibilidad de aplicación de medidas preventivas y/o correctoras y de significancia moderada.

## **MEDIO BIOLÓGICO**

### **a.- VEGETACIÓN**

#### **Etapa de construcción**

En general, las afecciones a la vegetación por la construcción de las obras de infraestructura, estarían asociadas a los espacios a ser ocupados por el trazo propuesto y por las instalaciones auxiliares (campamentos, patio de maquinarias, cantera y depósito de material excedente). En el presente caso, los espigones y los diques, no afectaría casi área significativa de vegetación. Respecto a las áreas a ser ocupadas por el campamento y patio de maquinarias, se descarta la posibilidad de afectación a la vegetación, sin embargo se debe considerar que exista zonas agrícolas, que necesariamente en el sector del proyecto las que son áreas intangibles durante la construcción. Asimismo, se descarta la posibilidad de afectación a la vegetación en las canteras de extracción de materiales de préstamo y depósito de material excedente, en virtud de que estas áreas están ubicadas en terrenos de marcada aridez, que es característica del paisaje.

Las acciones del proyecto que si podrían ocasionar perjuicios a la vegetación serán: el movimiento de tierras y el transporte de material de préstamo y residual, En este sentido, los impactos sobre la vegetación en esta zona se traducen en la incidencia sobre cultivos, pues como se ha descrito inicialmente, la mayor parte de este sector de la cuenca, está ocupada por explotaciones agrícolas, conducidas bajo el sistema, de riego permanente y por algunas plantaciones forestales.

En conclusión, el impacto generado por la construcción de las defensas ribereñas sería negativo, de incidencia puntual, de magnitud media, permanente, no mitigable y de baja significancia. En cuanto al impacto producido por el polvo generado por el movimiento de tierras y transporte de materiales de cantera y residual, puede considerarse como moderado ya que por lo general, las emisiones serán dispersas con posibilidad de aplicación de medidas preventivas y/o correctivas y de significancia moderada

El hecho de construir estructuras de encauzamiento, deteriorara la cobertura vegetal de la zona, sin embargo después se recuperara progresivamente la cobertura vegetal; a través del tiempo se transformarán en matorrales y franjas de bosques. Desde este punto de vista, el impacto es positivo y permanente, que ofrecerá beneficios ambientales complementarios.

#### **Etapa de operación**

El deterioro de la cobertura vegetal mediante la construcción de obras para el control de inundaciones, afectara al hábitat de la zona, sin embargo posteriormente a la construcción favorecerá la disponibilidad de hábitat para la flora silvestre, significando un impacto positivo importante y permanente. La recuperación del hábitat para la flora se prevé a mediano plazo.

## **FAUNA TERRESTRE**

### **Etapa de construcción**

En general, el entorno del áreas a ser ocupada por el puente es un espacio bastante intervenido por acciones antropogénicas. Se debe indicar que en el caso de la fauna terrestre, principalmente, las aves, al parecer, se han acostumbrado a convivir con la presencia humana; por lo tanto, las posibles afectaciones por el desarrollo de las obras durante la fase de construcción del proyecto, pueden considerarse como poco significativas.

El hábitat de la fauna silvestre, será afectado como resultado de los ruidos, presencia de maquinaria y trabajadores en el área rural. Asimismo ésta se encuentra relacionada con la cobertura vegetal la cual será favorecida después de la construcción de las obras y se dará durante la operación del sistema; en consecuencia el “hábitat” de la fauna será recuperado, siendo esto un impacto positivo, que también será permanente.

Se afectará la interrelación trófica, sin embargo con las defensas ribereñas el sistema de operación será mejorado y en muchos casos recuperado, por tanto el impacto es positivo, de magnitud baja por estar circunscrito al área inundable, localizado y permanente.

### **Etapa de operación**

Durante esta fase se producirá los beneficios del proyecto y favorecerá la recuperación de la fauna de la zona.

## **FAUNA ACUÁTICA**

### **Etapa de construcción**

Durante esta fase, la posibilidad de ocurrencias de impactos sobre la fauna acuática, aguas abajo del área de las obras, estaría asociado al incremento de sedimentos, por los movimientos de tierra en el cauce del río Santa. Sin embargo, este impacto sería amortiguado, por la vegetación lateral que ha crecido y que actuaría como barrera de retención de los sedimentos generados por las obras, reduciendo, por lo tanto, la magnitud del impacto.

## **SOCIO-ECONÓMICO**

No se prevén conflictos con terceros por cuanto los propietarios de los terrenos aledaños no deben ser impactados directamente por la ejecución de las obras; sin embargo en caso de existiera alguna dificultad, el Gobierno Regional de Tumbes en coordinación con la Junta de Usuarios de Santa, está comprometida en solucionar cualquier problema que se presenta con los propietarios de los terrenos que puedan ser afectados por el transporte de materiales u otro, durante la ejecución de las obras del proyecto.

### **Etapa de construcción**

Los principales impactos que la construcción de las defensas ribereñas generará en el medio socioeconómico son los siguientes:

Alteración temporal de las visitas panorámicas del área del proyecto por las acciones de desbroce y limpieza.

Alteración de los estilos de vida de la población local por la presencia de personas foráneas. Este impacto, en realidad sería poco significativo, debido que el personal

foráneo necesario para la obra (empleado calificado) no sería mayor de 20 personas, habiéndose considerado en éste solo el personal calificado.

Otro de los impactos potenciales, serían las posibles afectaciones a la salud del personal de obra por la proliferación de vectores en los desechos sólidos, generados durante el funcionamiento del campamento. Así mismo, dicho personal se vería afectado por el polvo generado principalmente en las labores de extracción y zarandeo de materiales de cantera y disposición de materiales residuales, en el caso de que no estén provistos de los respectivos equipos de protección.

La generación directa de empleo, es decir todos los puestos de trabajo que la obra demanda en la población de la zona de intervención por las obras de infraestructura, estarían conformados por las categorías inferiores y no especializadas de la escala laboral, vale decir peones y ayudantes de la obra. Además, por la magnitud del proyecto, el requerimiento de mano de obra local sería bajo y variado, de acuerdo al desarrollo de las actividades del mismo, oscilando entre 20 a 25 obreros. Sin embargo, la incidencia sobre el empleo local sería beneficiosa, aunque temporal, de magnitud media y moderada significancia.

Tanto la construcción de la obra en sí, como el movimiento de tierras generarán empleo temporal, por tanto es un impacto positivo, de magnitud puntual e importancia media por la cantidad de mano de obra a requerir.

La construcción de la obra, como el uso de maquinaria pesada y equipos generará un impacto positivo sobre la producción de bienes y servicios, puesto que se generarán necesidades de utilización de insumos que deben ser adquiridos en la ciudad; la magnitud de este impacto será puntual pero de mediana importancia pues generará algún movimiento en la economía de la ciudad.

Al contar con un sistema de control de inundaciones que proteja a la ciudad y el valle, generará un posible flujo de inversiones en el sector agrícola, en el sector agroindustrial y probablemente en el sector construcción; este impacto positivo, de importancia media puede tener un efecto multiplicador en la economía del valle.

### **Etapa de operación**

Durante la etapa de funcionamiento de las defensas ribereñas se producirían los siguientes impactos ambientales:

Protección de las zonas agrícolas, lo cual aseguran el crecimiento económico de los agricultores de la zona, evitando pérdidas por inundaciones.

El encauzamiento no solo previene las zonas directas de inundación, teniendo en cuenta que protegerá las zonas bajas e infraestructura de riego y de comunicación.

En esta etapa se generará la demanda de bienes y servicios y por tanto representa un impacto positivo de importancia media; este impacto será directo y permanente.

Las acciones de mantenimiento, también generarán empleo temporal, el cual es importante para la economía de la población local.

### **Etapa de cierre**

Alteración de las vistas panorámicas por la presencia de encauzamiento y diques no será significativa debido a que en términos paisajístico no se producirán cambios importantes, ya que en estas defensas ribereñas mejorará a los efectos de las de la erosión que la gente al observar, no apreciara la diferencia parte del ambiente

paisajístico del lugar además que se tiene previsto el embellecimiento de la zona con incorporación el concepto de reducción de áreas por efectos de la erosión de la zona.

El abandono de las áreas ocupadas temporalmente por las instalaciones auxiliares de la obra como son los campamentos y patio de maquinas y las áreas de préstamo de materiales y vertederos, sin la aplicación de medidas de restauración, podría significar alteración de la calidad intrínseca del paisaje local.

Es importante hacer notar que la posibilidad de formación de charcos (aguas estancadas) en los hoyos de canteras abandonadas que favorezcan la proliferación de vectores de enfermedades que puedan poner en riesgo la salud de la población local, queda descartado, debido a que, como se ha mencionado, la zona donde están ubicadas estas áreas es eminentemente árida, y las horas de sol facilitan la evaporación de pequeños charcos.

## **10.5 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

El objetivo básico del Plan de Manejo Ambiental es establecer detalladamente las estrategias de mitigación, rehabilitación, vigilancia y control para cada etapa de implementación del proyecto (construcción y operación durante su vida útil). Éste incluye medidas, programas, especificaciones y métodos constructivos adecuados, así como programas como el de educación sanitaria y ambiental para involucrar a la población directa e indirectamente afectada en la promoción y correcta utilización del proyecto.

Se considera como instrumentos de la estrategia a los programas que permita el cumplimiento de los objetivos del PMA, que permita contrarrestar las actividades de construcción, operación y cierre.

- ✓ Programa de Educación y Capacitación Ambiental.
- ✓ Programa de Acción Preventivo y/o Correctivo.
- ✓ Programa de Seguimiento y/o Vigilancia.
- ✓ Programa de Compensación Ambiental.
- ✓ Programa de Contingencias.
- ✓ Programa de Revegetación y Reforestación.
- ✓ Estimación de Inversiones para la Implementación del Plan de Manejo Ambiental.

### **10.5.1 Programa de Educación y Capacitación Ambiental.**

Este programa contiene los lineamientos generales de educación y capacitación ambiental cuyo objetivo es sensibilizar y concientizar principalmente al personal de obra, a los técnicos y profesionales, todo ellos vinculados con el proyecto, sobre la importancia que tiene la conservación y protección ambiental del entorno del proyecto, para lo cual será necesario el empleo de adecuadas técnicas o tecnologías que guardan armonía con el medio ambiente.

Considerando que el encauzamiento y protección de diques puede generar alteraciones en el medio, se prevé la necesidad de educar y capacitar al personal de la obra; así como población local para el mutuo cuidado del ambiente. Al respecto se debe considerar las siguientes actividades.

### **Al Personal de Obra**

La empresa contratista deberá organizar charlas de educación ambiental dirigidas a los trabajadores; de manera, que éstos tomen conciencia de la importancia que tiene la preservación del medio y la conservación de recursos naturales de la zona.

Las charlas tratarán sobre normas elementales de higiene para el cuidado de la salud, con el conocimiento que en la zona se presenta enfermedades respiratorias y digestivas, así como charlas sobre normas de comportamiento, para evitar atentar contra las buenas costumbres de los pobladores locales.

### **A la población local**

La Junta de usuarios, en coordinación con el Gobierno Regional de Tumbes organizará charlas educativas para los pobladores involucrados en el área de influencia del encauzamiento y construcción de diques, indicándoles que no realicen actividades de desbroce cerca del camino y deforestación en laderas con pendientes considerables en zonas inestables que puedan afectar la zona, debido a los deslizamientos en periodo de fuertes precipitaciones.

El Gobierno Regional de Tumbes en coordinación con la Administración Local de Agua procederá a la organización de charlas educativas para los pobladores de zona del proyecto, para el cuidado y mantenimiento de la estructura, prohibiéndose arrojar desmonte y residuos sobre la zona de intervención (área de influencia directa). Promocionar la participación de las organizaciones representativas locales de los sectores comprometidos, para establecer lineamientos de desarrollo sostenible y de conservación ambiental.

**Figura N° 08:  
Charlas de seguridad**



#### **10.5.2 Programa de Acción Preventivo y/o Correctivo.**

En el presente apartado se abordara las defensas, protección y regeneración del entorno que seria afectado por la construcción de las defensas ribereñas, teniendo las precauciones o medidas a tomar para evitar daños innecesarios, derivados de la falta de cuidado o de una planificación deficiente de las operaciones a realizar durante las fases de ejecución del proyecto.

##### **a.- Control y Prevención de la producción de polvo**

Como se ha señalado, durante las fases de construcción, operación y cierre, principalmente en la primera de ellas, se generaran emisiones contaminantes en la propia obra y en los lugares destinados a préstamo y depósito de material excedente de materiales, asi como en el transporte de los mismos.

Esta contaminación, derivada fundamentalmente de partículas minerales (polvo) procedentes del movimiento de tierras (excavación, zarandeo, carga, transporte, descarga, exposición de tierra desnuda al efecto del viento) y hollín procedente de la combustión en motores, derivado del funcionamiento de la maquinaria y tránsito de volquetes durante la fase de ejecución de las obras.

Las medidas destinadas a evitar o disminuir el aumento de la concentración de polvo en el aire durante la fase de ejecución de las obras, son las siguientes:

Riego con agua en todas las superficies de actuación (canteras, depósito de material excedente, acceso y en la propia obra) de forma que estas áreas mantengan el grado de humedad necesario para evitar, en lo posible, la producción de polvo. Dichos riegos se realizarán a través de un camión cisterna, con periodicidad diaria o intermedia.

Asimismo, el contratista deberá suministrar al personal de obra el correspondiente equipo de protección personal (principalmente mascarillas)

El transporte de materiales de la cantera a la obra y de ésta al depósito de material excedente (materiales excedentes o sobrantes), deberá realizarse con la precaución de humedecer dichos materiales y cubrirlos con un toldo húmedo.

**Figura Nº 09 :  
Riego para evitar la producción de polvo**



#### **b.- Control y Prevención de la calidad del agua.**

##### **Control de vertimientos**

Las medidas preventivas más importantes a adoptarse serán las siguientes:

No verter materiales en la ribera ni en el cauce del río.

Realizar un control estricto de los movimientos de tierras en el cauce de quebrada. Tales movimientos deberán ejecutarse, como es lógico preferentemente durante los meses de estiaje.

Evitar rodar innecesariamente con la maquinaria por el cauce de la quebrada.

Realizar un control estricto de las operaciones de mantenimiento (cambio de aceite), lavado de maquinaria y recarga de combustible, impidiendo siempre que se realice en el cauce del río y las áreas más próximas; así mismo quedará estrictamente prohibido cualquier tipo de vertido, líquido o sólido. El mantenimiento de la maquinaria y la recarga de combustible, se realizará solamente en el área seleccionada y asignada para tal fin, denominado patio de máquinas.

### **Control de sedimentos en el río**

Para reducir los fenómenos de turbidez, que se produce por el arrastre de partículas, procedentes del movimiento de tierras en el cauce del río, una de las partículas que suelen recomendarse, es la instalación de barreras de retención de sedimentos, que puedan formar pequeñas balsa que, por decantación, permitan retener las partículas arrastradas por el agua.

Es importante señalar que no será necesario instalar dichas barreras, puesto que actualmente existen barrajes, que fuera construido para facilitar la captación de agua en los canales de regadío aguas abajo. Este barraje cumplirá la función antes indicada.

### **c.- Mitigación de impactos en las áreas de préstamo (canteras) y depósito de material excedente.**

Tras el balance de tierras que se obtiene de los cálculos efectuados en los estudios de ingeniería, se desprende la necesidad de localizar zonas para el depósito de material excedente, el mismo que debe ser coordinado con el Gobierno Local, teniendo como prioridad agotar las posibilidades de reemplazo del material en la obra y obras adyacentes.

#### **Canteras**

Como se menciona, la cantera seleccionada de acuerdo a los Estudios de Suelos serán las más cercanas en el distrito así como el uso del lecho del río.

Las excavaciones en la cantera se deberán realizar de tal manera que no se produzca deslizamientos inesperados.

El contratista está en la obligación de suministrar a los trabajadores todos los elementos de protección personal necesarios, de acuerdo a las actividades que realicen y tener a su disposición equipos de primeros auxilios.

Las medidas de mitigación aplicables en el transporte de materiales de cantera y de residuales hacia el depósito de material excedente, han sido planteadas en el numeral(a) del presente acápite.

Una vez terminados los rellenos y/o conformación de terraplenes de la construcción de la defensa ribereña, se iniciara el proceso de reacondicionamiento o restauración de la cantera; que incluye la readecuación de la superficie, de acuerdo al relieve original del entorno.

Es importante señalar que debido a las características del área de la cantera, que como se ha indicado, está ubicado en una zona árida, no se aplicara medidas vegetativas en la restauración de la misma.

#### **En el depósito de material excedente**

Como depósito de material excedente, se utilizará el espacio destinado por el Gobierno Regional previa coordinación con la supervisión de la obra.

Se debe evitar la evacuación del material excedente del proceso constructivo en zonas inestables o áreas de importancia ambiental o en los terrenos agrícolas.

Asimismo, no se podrá depositar material excedente en el cauce de la quebrada o lugar inapropiado para su ubicación, ni se permitirá depositar materiales a media ladera, ni en zonas de fallas geológicas, o en sitios donde la capacidad de soporte de los suelos no permita su colocación.

Una vez colocados los desechos en el depósito de material excedente, deberán ser compactado, por lo menos con cuatro (pasadas) de tractor orugas, sobre de capas de un espesor adecuado.

En la restauración del depósito de material excedente no se aplicará medidas vegetativas, debido a que se encuentra ubicado en una zona árida y se le destinara al uso mencionado.

#### **d.- Mitigación de impactos en el campamento y patio de maquinarias.**

Para la instalación del campamento y patio de maquinarias se ha seleccionado un terreno ubicado en la margen derecha del río Santa.

En el funcionamiento de las instalaciones mencionadas, es probable que se produzca impactos ambientales negativos, por lo que será conveniente asegurar el cumplimiento de diversas normas de construcción, sanitarias y ambientales, para evitar o disminuir el impacto. Así se tiene:

#### **En el Campamento**

##### ***Normas de Construcción***

Aunque el área a ser ocupada por el campamento es pequeña, se evitará en lo posible la remisión de la cobertura vegetal en los alrededores de los terrenos indicados; asimismo, se debe conservar la topografía natural del terreno a fin de no realizar movimiento de tierra excesiva.

En lo posible el campamento será construido con material prefabricado.

Por ningún motivo se debe interferir con el uso del agua de las poblaciones próximas, sobre todo de aquellas fuentes de captación susceptibles de agotarse o contaminarse.

##### ***Normas Sanitarias***

El campamento deberá estar provisto de los servicios básicos de saneamiento. Para disposición de excretas, se deberá construir un silo artesanal, en un lugar seleccionado que no afecte a los cuerpos de agua. Al final de la construcción de la defensa ribereña, el silo será convenientemente sellado.

El campamento deberá contar con equipos de extinción de incendios y material de primeros auxilios médicos, a fin de atender urgencias de salud del personal de obra.

El agua para el consumo humano deberá ser potabilizada, para lo cual aun disponiendo de los servicios de agua y desagüe de los gobiernos locales cercanos opcionalmente se podrían utilizar técnicas de tratamiento como la cloración mediante pastillas.

Los desechos sólidos (basura) generados en el campamento, serán almacenados convenientemente en recipientes apropiados, para su disposición al relleno municipal de la ciudad.

##### ***Normas Ambientales***

El contratista deberá organizar charlas a fin de hacer conocer a la población laboral empleada, la obligación de conservar los recursos naturales adyacentes a zonas de los trabajos.

El contratista en lo fundamental centrará su manejo ambiental en la no contaminación de las aguas de la quebrada, por residuos líquidos y sólidos, entre ellos, aguas servidas, grasa, aceites y combustibles, residuos de cemento, concreto, materiales excedentes, etc.

El campamento no debe localizarse en zonas cercanas a corrientes de agua, por lo cual su localización deberá realizarse a una distancia prudencial de la corriente y en lo posible en contrapendiente para evitar contingencias relativas a escurrimiento de residuos líquidos que puedan contaminar a la fauna ictica y la calidad del agua. Esto no debe ocurrir ya que preliminarmente se dispone de un terreno que hasta el momento es el elegido.

Los silos deberán ser excavados con herramientas manuales, y su construcción debe incluir la impermeabilización de las paredes laterales y fondo de los mismos, Esto ocurrirá en el caso de que no se utilicen los servicios de la ciudad.

Finalizados los trabajos de construcción, las instalaciones del campamento serán desmanteladas y dispuestas adecuadamente en un depósito de material excedente. El desmontaje del campamento, incluye también la demolición de los pisos de concreto (de hacerse construido) y el transporte para su eliminación en un depósito de material excedente.

Los materiales reciclables podrán ser entregados a las autoridades locales de la zona, entre otras, en calidad de donación para ser utilizadas en otros fines.

### ***Normas para el personal***

Se prohíbe que el personal de obra, realice actividades de tala no autorizada de vegetación, caza y comercio ilegal con dinamita o barbasco.

La población laboral empleada, aunque pequeña, no podrá posesionarse de los terrenos aledaños a las áreas de trabajo

Se prohíbe también el consumo de bebidas alcohólicas en el campamento o en el proyecto.

### **En el Patio de Maquinarias**

Deberán instalarse puntos de retención de grasas y aceites y se deberán retener en recipientes herméticos y disponerse en sitios adecuados de almacenamiento con miras a posterior eliminación en un depósito de material excedente adecuado.

El abastecimiento de combustible, el mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos, incluyendo el lavado de los vehículos se llevarán a cabo únicamente en la zona rehabilitada para tal efecto. Y se efectuaran de forma tal que se evite el derrame de hidrocarburo, u otras sustancias que puedan afectar la calidad del suelo y del agua.

### **e.- Plan Social con los propietarios de los terrenos aledaños.**

El procedimiento a seguir para establecer relaciones adecuadas con los propietarios de los terrenos aledaños será el siguiente:

Entrevistas personales entre el consultor y equipo técnico, con los propietarios de los terrenos.

Entrevista por parte del personal que labora en el Gobierno Regional de Tumbes, específicamente del área de promoción social, con los propietarios de los terrenos cercanos.

Entrevista del Contratista, con los propietarios cercanos al proyecto.

Charlas de capacitación e instrucción por parte del Consultor, Gobierno Regional de Tumbes y Contratista, haciendo conocer de los beneficios socioeconómicos que traerá consigo la construcción de la defensa ribereña durante y después de la construcción.

Hacer participar a los a los propietarios de los terrenos aledaños, durante la ejecución de la obra y posteriormente en el mantenimiento ordinario de éste.

Desarrollar el espíritu de superación y desarrollo de los pobladores propietarios de los terrenos y demás población beneficiaria a fin de establecer buenas relaciones con los propietarios de los terrenos aledaños.

Desarrollar un Plan de Manejo social que involucre a los propietarios de los terrenos aledaños y que identifique a los beneficios socioeconómicos que traerá consigo la construcción de la defensa ribereña.

Se ha podido verificar que los propietarios de los terrenos están de acuerdo con la construcción de las defensas ribereñas, así mismo el Gobierno Regional de Tumbes.

### 10.5.3 Programa de Seguimiento o de Vigilancia.

El Programa de Seguimiento y/o Vigilancia Ambiental (PVA) constituye un documento técnico de control ambiental, en el que se concretan los parámetros, para llevar a cabo, el seguimiento de la calidad de los diferentes factores ambientales afectados, así como, de los sistemas de control y medidas de estos parámetros.

El PVA permitirá garantizar el cumplimiento de las indicaciones y medidas, preventivas y correctivas, contenidas en el estudio de impacto ambiental, a fin de lograr la conservación y uso sostenible de los recursos naturales y el medioambiente durante la construcción y operación de la defensa ribereña. Para ello deberá cumplir los siguientes objetivos:

- ✓ Señalar los impactos detectados en el PVAP y comprobar que las medidas preventivas o correctivas propuesta se han realizado y son eficaces.
- ✓ Detectar los impactos no previstos en el PVAP, y proponer las medidas correctoras adecuadas y velar por su ejecución y eficacia.
- ✓ Añadir información útil para mejorar el conocimiento de las repercusiones ambientales de proyectos de construcción de las defensas ribereñas en zonas con características similares.

### 10.5.4 Programa de Manejo de Residuos

El objetivo básico del Plan de Manejo Ambiental es establecer detalladamente las estrategias de manejo y medidas que mitigaran los efectos negativos que afecten el medio ambiente como resultado de la ejecución del Proyecto, siendo responsabilidad del Contratista su aplicación.

#### Residuos Sólidos

Los residuos orgánicos incluyen materiales putrescibles del comedor durante la fase construcción del Proyecto.

Los residuos sólidos incluyen residuos de construcción, demolición y embalajes, como concreto, acero estructural, madera, cartones, bolsas de cemento, plásticos, alambre, despuntes de fierro, tarros y latas vacías de pinturas, adhesivos, y otros similares. También incluyen Los materiales putrescibles del comedor durante la fase construcción del Proyecto.

Los residuos domésticos orgánicos serán dispuestos en bolsas de polietileno y los no peligrosos serán diferenciados según el tipo de material con potencial de reciclaje. El material no reciclable será enviado directamente al relleno sanitario de la Municipalidad.

Los residuos domésticos no orgánicos no peligrosos se evaluará la que tengan potencial de reciclado o reuso y serán transportados al lugar que corresponda por orden del Contratista. Aquellos materiales del tipo domésticos no peligrosos que no sea posible reusar o reciclar, serán dispuestos al relleno sanitario del Gobierno Local.

**Figura Nº 10 :  
Recipientes de residuos solidos**



### Residuos Peligrosos

Los residuos peligrosos son materiales residuales que no serán utilizados nuevamente en el sitio y que son considerados inflamables, corrosivos y/o tóxicos. En la medida de lo posible, se intentará limitar la generación de estos residuos.

Los residuos peligrosos, que se prevé generará el Proyecto serán: Solventes - Aceites de usados y Filtros de aceite - combustible.

Los residuos peligrosos serán manejados de forma independiente de los residuos no peligrosos, para ello, existirá una zona de almacenamiento de residuos peligrosos, el cual tendrá piso impermeable y se almacenara en cilindros que estarán herméticamente cerrados y con una señal que indique que es peligroso.

**Figura Nº 11 :  
Recipientes de residuos solidos**



### Residuos Líquidos

Los residuos que se generen durante la construcción del Proyecto por parte de los trabajadores serian el agua de lavado personal y otros residuos generados por su aseo.

Los residuos generados en el Proyecto serán dispuestos en un punto de descarga hacia el colector principal de la ciudad y contará con las autorizaciones respectivas. La cantidad de residuos a generarse es variable y está en función directa al personal que trabajará en el proyecto.

### **10.5.5 Programa de Compensación Ambiental.**

No se ha previsto compensación alguna por la construcción de la defensa ribereña, por lo que no será necesario desarrollar programa alguno con relación a compensación por afectación a terceros. Teniendo en cuenta que las actividades se realizarán en la zona del río.

### **10.5.6 Programa de Contingencias.**

El Programa de Contingencias tiene como propósito establecer las acciones necesarias, a fin de prevenir y controlar eventualidades naturales y accidentes laborales que pudieran ocurrir en el área de influencia del proyecto, principalmente durante el proceso constructivo. De modo tal, que permita contrarrestar los efectos generados por la ocurrencia de emergencias, producida por alguna falla de las instalaciones de seguridad o errores involuntarios en la operación y mantenimiento de los equipos.

Al respecto, el Programa de Contingencias contiene las acciones que deben implementarse, así coocurriesen contingencias que no puedan ser controladas con simples medidas de mitigación, como son:

- ✓ Precipitaciones pluviales anormales que provocan inundaciones perjudiciales tales como las suscitadas durante el Fenómeno el Niño y que los sectores El Sauce y Huaquillas sufran daños en el área agrícola.
- ✓ Accidentes de operarios
- ✓ Daños a terceros.

Para ello se deberá contar con las siguientes medidas:

Se deberá comunicar previamente a los centros de Salud de las localidades más cercanas (Tumbes) el inicio de las obras de construcción de las defensas ribereñas para que éstos estén preparados frente a cualquier accidente que pudiera ocurrir.

El responsable de llevar a cabo el Programa de Contingencias deberá instalar un sistema de alerta y mensajes, y auxiliar a la población que pueda ser afectada con medicinas, alimentos u otros.

#### **a.- Ámbito del Programa**

El Programa de Contingencias debe proteger a todo el ámbito de influencia directa del proyecto.

#### **b.- Unidad de Contingencia**

La unidad de contingencia deberá contar con lo siguiente:

- Personal capacitado en primeros auxilios
- Unidades móviles de desplazamiento rápido
- Equipo de telecomunicaciones
- Equipos auxiliares paramédicos
- Equipos contra incendios
- Unidades para movimiento de tierras.

#### **c.- Implementación del Programa de Contingencias**

La unidad de contingencias deberá instalarse desde el inicio de las actividades de construcción de la defensa ribereña, cumpliendo con lo siguiente:

### **Capacitación de Personal**

Todo personal que trabaje en la obra, deberá ser y estar capacitado para afrontar cualquier caso de riesgo identificado. En cada grupo de trabajo, se designará a un encargado del programa de contingencias, quien estará a cargo de las labores iniciales de rescate o auxilio e informará a la central del tipo y magnitud del desastre.

Se preparará al personal para afrontar posibles eventualidades, teniendo de esta manera un papel importante los usuarios, organizados en comités de vigilancia y supervisados por el ALA de Tumbes; así como la participación del **Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)**, el que será responsable de implementar este plan en caso de ocurrir tales daños.

### **Unidades móviles de desplazamiento**

El contratista designará entre sus unidades uno o dos vehículos que integrarán el equipo de contingencias, los mismos que además de cumplir sus actividades normales, estarán en condiciones de acudir inmediatamente al llamado de auxilio del personal y/o de los equipos de trabajo.

Estos vehículos deberán estar inscritos como tales, debiendo estar en condiciones adecuadas de funcionamiento: En el caso, de que alguna unidad móvil sufriera algún desperfecto, deberá ser reemplazado por otro vehículo en buen estado.

El sistema de comunicación de auxilios debe ser un sistema de alerta en tiempo real; es decir, los grupos de trabajo deben contar con unidades móviles de comunicación, que estarán comunicadas con la unidad central de contingencias y esta a su vez, con las unidades de auxilio.

### **Equipos de auxilios paramédicos**

Estos equipos, deberán contar con personal preparado en brindar atención de primeros auxilios, camillas, balones de oxígeno y medicinas.

### **Equipos contra incendios**

Los equipos móviles estarán compuestos por extintores de polvo químico. Estos estarán implementados en todas las unidades móviles del proyecto, además las instalaciones auxiliares (campamento y patio de maquinarias) deberán contar con extintores y cajas de arenas.

## **10.5.7 Programa de Revegetación y Reforestación**

Se repondrán las áreas verdes dañadas con la misma vegetación con la que contaba de forma tal, no afecte el hábitat de la zona.

Toda remediación se realizará durante y antes que la empresa abandone la obra, de forma tal que no se genere pasivos ambientales.

## **10.5.8 Inversiones para la Implementación del Plan de Manejo Ambiental.**

Luego de haber propuesto las medidas preventivas y/o correctivas a fin de evitar y/o reducir los efectos adversos sobre el medio ambiental, así como los efectos de retorno, se procede a determinar la inversión necesaria que permita cumplir tal propósito.

De cualquier forma, la puesta en práctica de las medidas propuestas implicará algún costo adicional, éste será cubierto por el contratista, siendo reembolsable en el momento de la liquidación de obra, previa justificación del caso.

A continuación en los Cuadros N° 08, 09, 10 y 11 se señalan los costos aproximados que se requiere para el manejo del Plan de Manejo Ambiental que asciende en S/. 368.303.38 nuevos soles.

**Cuadro N° 08  
Acciones Preventivas y/o Correctivos.**

Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Parcial S/.
ACONDICIONAMIENTO DE DEPOSITOS DE MATERIAL EXCEDENTE	m2	10,000.00	5	50,000.00
RESTAURACION DE AREA AFECTADA POR CAMPAMENTO, PATIO DE MAQUINAS Y PLANTAS PROCESADORAS	m2	3,000.00	5	15,000.00
RESTAURACION DE LOS TERRENOS DE CANTERAS	m2	25,000.00	2.5	62,500.00
REVEGETACIÓN DEL TERRENO AFECTADO	HA	4	900	3,600.00
<b>Total</b>			<b>S/.</b>	<b>131.100.00</b>

**Cuadro N° 09  
Seguimiento y Vigilancia.**

Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Parcial S/.
SEGUIMIENTO Y VIGILANCIA	Global	1	70,000	70,000
<b>Total</b>			<b>S/.</b>	<b>70,000</b>

**Cuadro N° 10  
Manejo de residuos**

Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Parcial S/.
MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS	GLB	1	40,000	40,000
MANEJO DE RESIDUOS LIQUIDOS	GLB	1	35,000	35,000
MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS	GLB	1	30,000	30,000
<b>Total</b>			<b>S/.</b>	<b>105,000</b>

**Cuadro N° 11  
Programa de Contingencia**

<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Parcial S/.</b>
ACCIONES DE PREVENIR Y CONTROLAR EVENTUALIDADES NATURALES Y ACCIONES LABORALES	GLB	1	62,203.38	62,203.38
<b>Total</b>			<b>S/.</b>	<b>62,203.38</b>

## 10.6 RESULTADOS

- ✓ De acuerdo a los resultados de la Matriz de Interacciones de Leopold, en la etapa de construcción, se determinó que los impactos positivos (31.4 %) son mayores a los impactos negativos (29.2 %) y los impactos nulos son mayores (39.5%), lo que significa que la mayoría de actividades no afectarán a los componentes del medio ambiente.
- ✓ Los factores sociales, principalmente la economía regional y la mano de obra, inciden favorablemente en la fase de construcción, con un valor total de 96
- ✓ La nueva infraestructura antropogénica que son los diques y espigones se irán adaptando a la zona, hasta lograr su estabilidad con la dirección técnica adecuada.
- ✓ Los factores con mayor magnitud de impacto positivo son: generación de empleo y áreas de valor económico.

## CAPITULO 11: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 11.1 Conclusiones

- A nivel regional, la Cuenca del río Tumbes se emplaza sobre las unidades geomorfológicas: Delta, Terrazas Bajas, Valle Inundable, Lomadas, Colinas Bajas y Quebradas, cuya morfogénesis se encuentra vinculada con el tectonismo y los agentes denudativos.
- En el área de estudio, predominan los depósitos superficiales, rocas sedimentarias, intrusivas y metamórficas; comprendidas desde el Paleoceno al Cuaternario reciente.
- Estructuralmente en la Cuenca del río Tumbes se distinguen dos provincias estructurales caracterizadas por: Fallamientos en Bloques con rumbos SO a NE (Máncora-Bocapán) y Fallamiento Normal con anticlinales de desplazamiento (Tumbes – Zarumilla).
- Según la Norma Técnica Peruana de Construcciones, la cuenca se localiza en una zona de actividad sísmica alta Zona III, pudiendo producirse sismos de magnitudes en el orden de VII grados en la escala de Mercalli Modificado.
- En base al Catastro Minero (INGEMMET), en la Cuenca del río Tumbes (área de estudio), existen 36 derechos mineros otorgados que ocupan 6,300 hectáreas, de los cuales 10 corresponden a Derechos Mineros en Trámite y 26 a Derechos Mineros Titulados. El tipo de sustancia en exploración y/o explotación corresponde a sustancias metálicas y no metálicas.
- En el área de estudio, se han registrado un total de 96 ocurrencias de peligros, siendo el distrito de San Jacinto el más afectado por: inundación fluvial, flujos (flujos de lodos, detritos y huaycos), erosión fluvial y erosión de laderas.
- Los peligros geológicos del tipo inundación y erosión fluvial se consideran de mayor interés para el proyecto, por producirse en zonas aledañas al cauce del río.
- Los sectores evaluados con peligros geológicos, en su mayoría están localizados sobre terrazas bajas y zonas de valle inundable constituidos por depósitos cuaternarios; afectados principalmente por inundación y erosión fluvial al producirse precipitaciones excepcionales durante el Fenómeno de El Niño.

Las investigaciones geotécnicas tuvieron lugar en los sectores de: Huaquillas, Estación Romero, la Noria, Cerro Blanco, Malval Urcos, Puente Franco, El Oidor, Prado Bajo, Rica Playa, El Sauce.

En base a los resultados de laboratorio de mecánica de suelos, los sectores investigados se caracterizan por presentar materiales granulares de clasificación SUCS: SM-SC, SP, SW-SM y CL; el nivel freático se encuentra entre las profundidades de 0.40 – 1.80 metros.

- La capacidad portante ha sido calculada por el método de Terzaghi, encontrándose en los sectores investigados valores de capacidad admisible de 0.66 Kg/cm<sup>2</sup> a 0.89 Kg/cm<sup>2</sup> considerando profundidades de desplante de 1.0 metro. El siguiente cuadro presenta la Capacidad Portante calculada:

<i>EXPLO</i>	<i>Df</i> (MTS)	<i>B</i> <i>m</i>	$\gamma$ kg/cm <sup>3</sup>	<i>C</i> kg/cm <sup>2</sup>	$\emptyset$	<i>Qu</i> kg/cm <sup>2</sup>	<i>Qd</i> kg/cm <sup>2</sup>
C - 1	1.00	1.00	1.86	0.30	13.02	2.49	0.83
C - 2	1.00	1.00	1.90	0.06	31.24	2.65	0.88
C - 3	1.00	1.00	1.79	0.01	32.52	2.04	0.68
C - 4	1.00	1.00	1.75	0.01	32.41	1.99	0.66
C - 5	1.00	1.00	1.85	0.30	13.78	2.56	0.85
C - 6	1.00	1.30	1.89	0.02	32.02	2.67	0.89
C - 7	1.00	1.50	1.77	0.30	8.02	2.17	0.72
C - 8	1.00	1.00	1.89	0.11	26.02	2.41	0.80
C - 9	1.00	1.00	2.01	0.00	36.02	2.84	0.85
C - 10	1.00	1.00	1.87	0.28	13.68	2.42	0.81

- Las áreas para la explotación de enrocados son muy escasas debido a que los pocos afloramientos de rocas intrusivas se encuentran en zonas de reserva natural protegida. Sin embargo, se ha realizado la evaluación y prospección de dos canteras denominadas: Las Animas (Cantera de Enrocado) y Vaquería II (Cantera de Agregados), las mismas que presentan condiciones favorables de ser empleados como enrocados.

#### UBICACIÓN DE CANTERAS DE ENROCADO

CANTERA	SECTOR	ESTE	NORTE	TIPO DE ROCA	ACCESO
Cantera Las Animas	San Jacinto	552,632	9,583,997	Roca sedimentaria	Existe Trocha
Cantera Vaquería II	Corrales	558,907	9,590,695	Grava Arcillosa	Existe Trocha

Fuente: Propia.

- En el trayecto del ámbito de estudio, el flujo de agua recorre mayormente zonas rurales con la presencia de infraestructura de riego, vial, campos de cultivos y centros poblados.
- En el cuadro adjunto se muestra los caudales máximos obtenidos en el río Tumbes para varios periodos de retorno, mediante diferentes funciones probabilísticas.
- El caudal de diseño para el dimensionamiento de las estructuras para la fijación de las riberas se recomienda el caudal para un periodo de retorno de 10 años y para la delimitación de la faja marginal se recomienda que se tome el caudal para un periodo de retorno de 50 años como mínimo; sin embargo debe considerarse caudales de 100 años, para delimitar la faja marginal en zonas urbanas y para verificar los diseños de cruce como puentes, tomando en cuenta los caudales presentados en el siguiente cuadro:

Período de Retorno (T)	Q <sub>inst</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Area (Km <sup>2</sup> ),
2.0	966.4	5,502.75
5.0	1733.56	
10.0	2347.15	
25.0	3236.57	
50.0	3980.09	
75.0	4446.23	
100.0	4791.69	

- La Red Geodésica está conformado por Puntos Geodésicos de Orden “C” proporcionados por COFOPRI, éstos servirán de soporte georreferencial para los levantamientos cartográficos y topográficos para la elaboración de estudios de preinversión e inversión, así como replanteo en la construcción de obras hidráulicas, defensa ribereñas y control de avenidas dentro de la faja marginal.
- El volumen aproximado a extraerse en los diferentes puntos identificados a lo largo del río Tumbes es de 206,600 m<sup>3</sup>, según cuadro adjunto:

N°	Sectores	Area m <sup>2</sup>	Altura m	Volumen disponible m <sup>3</sup>
1	El Higueron	15,000.00	1.50	13,500.00
2	Casa Blanqueada	20,000.00	1.30	15,600.00
3	El Peligro	50,000.00	1.10	33,000.00
4	La Arena - La Palma	70,000.00	1.10	77,000.00
5	San Jacinto	15,000.00	1.10	9,900.00
6	Las Brujas	30,000.00	1.20	21,600.00
7	Pampas de Hospital	60,000.00	1.00	36,000.00
				<b>206,600.00</b>

- Los parámetros hidráulicos han sido calculados teniendo en cuenta las características de la cuenca y los caudales máximos instantáneos, por lo que, se recomienda se tome en cuenta en los estudios y proyectos que se ejecuten en el río Tumbes.
- Las acciones o medidas estratégicas deben priorizarse de la siguiente manera.
  - ✓ Limpieza, descolmatación del cauce, en función al ancho estable propuesto.
  - ✓ Programas de sensibilización, capacitaciones y alerta temprana.
  - ✓ Delimitación y monumentación de la faja marginal y reforestación. Esta acción debe ser coordinado con la Autoridad Nacional del Agua.
  - ✓ Estabilización de los taludes para reducir el riesgo por efectos de la erosión de taludes; principalmente con vegetación.
  - ✓ Construcción de obras de defensas ribereñas.

- Los mayores impactos negativos ocurrirán en el medio físico, categorizado como impacto negativo leve, cuyos efectos son controlables o revertidos. Los impactos negativos generados por las medidas estructurales son temporales y de menor magnitud que las existentes, en las zonas críticas.
- Los principales poblados que serán beneficiados por las obras proyectadas son: Tumbes, Corrales, San Jacinto, San Juan de la Virgen y Pampas de Hospital.
- De acuerdo a los resultados de la Matriz de Interacciones de Leopold, en la etapa de construcción, se determinó que los impactos positivos (31.4 %) son mayores a los impactos negativos (29.2 %) y los impactos nulos son mayores (39.5%), lo que significa que la mayoría de actividades no afectarán a los componentes del medio ambiente.
- Al contar con un estudio de tratamiento integral de cauces, elaborado sobre el concepto hidráulico, conservación del medio ambiente y la participación de diferentes actores; traerá consigo que los Gobiernos Regionales y Locales, cuenten con una herramienta de gestión participativa al momento de priorizar proyectos de defensa ribereña.

## 11.2 Recomendaciones

- Para la elaboración de Proyectos de Inversión Pública sobre encauzamiento de ríos y defensas ribereñas, se recomienda realizar un Programa de Investigaciones *Geotécnicas* que consideren ensayos físicos, químicos y mecánicos de los materiales evaluados, *que confirmen las características geotécnicas de los materiales de cimentación* donde se proyectaran las estructuras de defensa ribereña, considerando que existen variaciones tanto en sentido vertical como horizontal.
- Asimismo, se recomiendan investigaciones geotécnicas de las canteras identificadas a fin de confirmar y/o ubicar nuevas áreas favorables a ser utilizadas como materiales de enrocado.
- Se recomienda adoptar en los diseños Sismo-Resistentes, el siguiente parámetro sísmico: Factor de Zona = 0.40 Factor (g).
- El caudal de diseño para el dimensionamiento de las estructuras para la fijación de las riberas se recomienda el caudal para un periodo de retorno de 10 años y para la delimitación de la faja marginal se recomienda que se tome el caudal para un periodo de retorno de 50 años como mínimo; sin embargo debe considerarse caudales de 100 años, para delimitar la faja marginal en zonas urbanas y para verificar los diseños de cruce como puentes, tomando en cuenta los caudales presentados en el siguiente cuadro:

Período de Retorno (T)	Q <sub>inst</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Area (Km <sup>2</sup> ),
2.0	966.4	5,502.75
5.0	1733.56	
10.0	2347.15	
25.0	3236.57	
50.0	3980.09	
75.0	4446.23	
100.0	4791.69	

- Para la ejecución de estas estructuras, se recomienda realizar los estudios de pre-inversión (perfil y factibilidad), considerando los principios y criterios detallados en este Estudio.
- Se recomienda realizar la limpieza del cauce del río Tumbes, principalmente los meandros formados en el eje del cauce del río, a fin de prevenir la continua erosión de riberas en ambos márgenes del río, asimismo realizar el mantenimiento de las defensas ribereñas en los sectores críticos evaluados.
- Considerar la ejecución de programas para la construcción responsable y el ordenamiento territorial, tales como:
  - Resoluciones Administrativas, emitidas por la Autoridad Administrativa de Agua; haciendo de conocer a las instituciones involucradas en la gestión de los recursos hídricos, sobre los parámetros hidráulicos del río Tumbes, donde se especifique respetar el ancho estable del río, caudales máximos de diseño, entre otros parámetros o variables, y detallados en este Estudio que sirva para realizar los estudios de pre-inversión (perfil y factibilidad).
  - Programas de capacitación y sensibilización, sobre Alerta Temprana, Gestión de Riesgos ante inundaciones, simulacros, etc., promovidos por el Gobierno Regional, Gobierno Local, Sectores y entidades privadas.

Los Programas de Sensibilización se deben realizar de manera participativa involucrando a los diferentes actores locales, regionales y principalmente la población involucrada en la Cuenca Tumbes; y estar planificados mediante Talleres de sensibilización a nivel de la cuenca media y baja, con el propósito de que la población manifieste y conozca los diferentes aspectos conceptuales vertidos y se involucren de una manera activa en la prevención de riesgos ante inundación y erosión.

- Se recomienda que los gobiernos locales y regionales prioricen las actividades planteadas en el estudio para garantizar principalmente la seguridad de la población asentada en las riberas del río Tumbes.
- Se recomienda que las medidas estructurales planteadas en el presente estudio deberán de someterse, en forma individual, al procedimiento de Evaluación Ambiental Preliminar de acuerdo a Ley N° 27446, Ley del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), modificada por Decreto Legislativo N° 1013 y su Reglamento, aprobado por DS N° 019-2009-MINAM del 24.09-09.
- El Gobierno Regional de Tumbes, solicite al Ministerio de Cultura el Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos-CIRA, en las canteras y construcción de accesos, a fin de garantizar que ninguna actividad del proyecto afecte algún resto arqueológico que pudiera presentarse.
- Se recomienda realizar el mantenimiento de la Reforestación que se realizara en la ejecución del proyecto, y así mismo continuar con estos los trabajos como primeros sistemas de protección en las márgenes del Río Tumbes. Esta actividad se debe realizar en forma coordinada entre la Administración Local del Agua Tumbes y la Juntas de Usuarios Tumbes.

- Es necesario sensibilizar al personal de obra y población en general sobre el valor ambiental que tiene el entorno. Esta tarea pondrá énfasis en el empleo de técnicas de trabajo que causen el menor daño y tiendan a la mínima contaminación del medio ambiente natural.
- Durante la etapa de construcción del proyecto se deben considerar las medidas ambientales previstas en el Programa de Implementación de Medidas de Mitigación y Rehabilitación, Programa de Monitoreo Ambiental, Programa de Contingencias y Programa de Cierre.
- Es recomendable que en las actividades de excavación en el cauce del río Tumbes, se eviten, en lo posible, el movimiento de tierras excesivo o sobrexexcavaciones, a fin de reducir, al mínimo, los impactos negativos de probable ocurrencia.



**PERÚ**

**Ministerio  
de Agricultura**

**Autoridad Nacional  
del Agua**



**DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES**

## **TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RIO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACION Y EROSION FLUVIAL**



**VOLUMEN II: ANEXOS**

**Lima, Diciembre 2014**

## **RELACION DE PUNTOS CRITICOS**

### FORMATO 1. INVENTARIO DE PUNTOS CRITICOS DE INUNDACION Y EROSION

Departamento: Tumbes Provincia: Tumbes Distrito: Tumbes, Corrales, San Jacinto, Pampas de Hospital, San Juan de la Virgen Río: Tumbes									
Código	Coordenadas en UTM		Sector o lugar	Amenaza	Efectos previsibles	Elementos expuestos	Antecedentes	Recomendaciones	Foto
	Longitud (X)	Latitud (Y)							
1	564 013	9 614 753	Desembocadura	Erosión	Erosión de terrenos de cultivo	Areas de cultivo de platano	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Descolmatación del cauce	
2	559 866	9 610 113	El Progreso	Erosión	Erosión de terrenos de cultivo	Areas de cultivo de platano	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	construcción de dique longitudinal 1.2 Km	
3	559 970	9 609 894	Sector Progreso	Inundación y Erosión	Inundación de Cultivos	Inundación de Cultivos de arroz y platano	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Obra ejecutada: Proyecto Puyango Tumbes	
					Destrucción de viviendas	Destrucción de viviendas Barrio San José y Salamanca			
4	559 574	9 608 802	Sector Huaquillas	Inundación y Erosión	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de arroz y platano	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Obra en ejecución por el Gob. Reg. Tumbes	
5	558 790	9 608 804	Dique Huaquillas	Inundación, erosión	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de arroz	Inundaciones año 1982, 1997 y 2014	construcción de dique longitudinal 1.02 Km - MD	
6	558 133	9 608 226	El Palmar	Inundación	Inundación de cultivos, caminos, canales	Areas de cultivo de arroz	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	construcción de dique longitudinal 1.0 Km - M.I.	
						canales y caminos internos			
7	558380	9608044	Huaquillas	Inundación, erosión	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de platano y arroz	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Construcción de dique longitudinal de 1.5 Km M.D.	
8	558462	9607888	Huaquillas	Inundación, erosión	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de platano y arroz	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012		
9	558540	9607701	Huaquillas	Inundación, erosión	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de platano y arroz	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012		
10	558578	9607562	Huaquillas	Inundación, erosión	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de platano y arroz	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012		

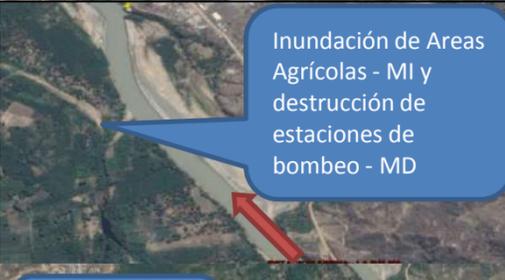
## FORMATO 1. INVENTARIO DE PUNTOS CRITICOS DE INUNDACION Y EROSION

Departamento: Tumbes Provincia: Tumbes Distrito: Tumbes, Corrales, San Jacinto, Pampas de Hospital, San Juan de la Virgen Río: Tumbes									
Código	Coordenadas en UTM		Sector o lugar	Amenaza	Efectos previsibles	Elementos expuestos	Antecedentes	Recomendaciones	Foto
	Longitud (X)	Latitud (Y)							
11	558 544	9 607 138	Sector El Sauce	Inundación y Erosión	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de arroz y platano	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Gob. Reg. Tumbes ha solicitado al ALA Tumbes opinión para realizar estudios	
12	558 561	9 606 981	El Sauce-La Variante	Inundación, erosión	Erosión e Inundación de areas de cultivo	Areas de cultivo de platano y arroz	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Construcción de dique longitudinal 0.75 Km M.I.	
13	558913	9607286	Huaquillas (Punto de ruptura)	Inundación	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de platano y arroz	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012		
14	558887	9606939	Huaquillas (Punto de ruptura)	Inundación	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de platano y arroz	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012		
15	558957	9606742	Huaquillas (Punto de ruptura)	Inundación	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de platano y arroz	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012		
16	559138	9606436	Huaquillas (Punto de ruptura)	Inundación	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de platano y arroz	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012		
17	558 742	9 603 136	Sector La Noria	Inundación y Erosión	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de arroz y platano	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Construcción de 13 espigones MI	
18	561 486	9 600 311	Caserío Malval Sector José María	Inundación y Erosión	Inundación de Cultivos	Inundación de Cultivos de arroz y platano	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Construcción de bateria de espigones MI - MD	
19	562 858	9 598 524	Estación Las Brujas	Inundación, erosión y colapso de estaciones de bombeo	Inundación y erosión de Cultivos	Areas de cultivo de arroz	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	PIP en proceso de formulación: Proyecto Puyango Tumbes	
					Destrucción de Estaciones de Bombeo	Estación de Bombeo			

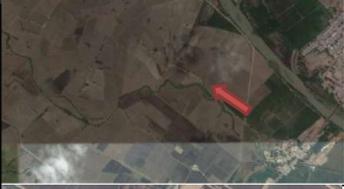
### FORMATO 1. INVENTARIO DE PUNTOS CRITICOS DE INUNDACION Y EROSION

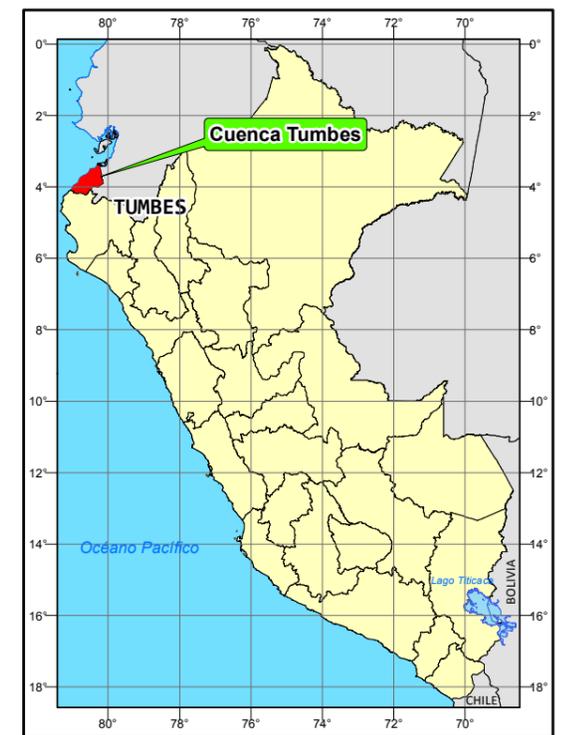
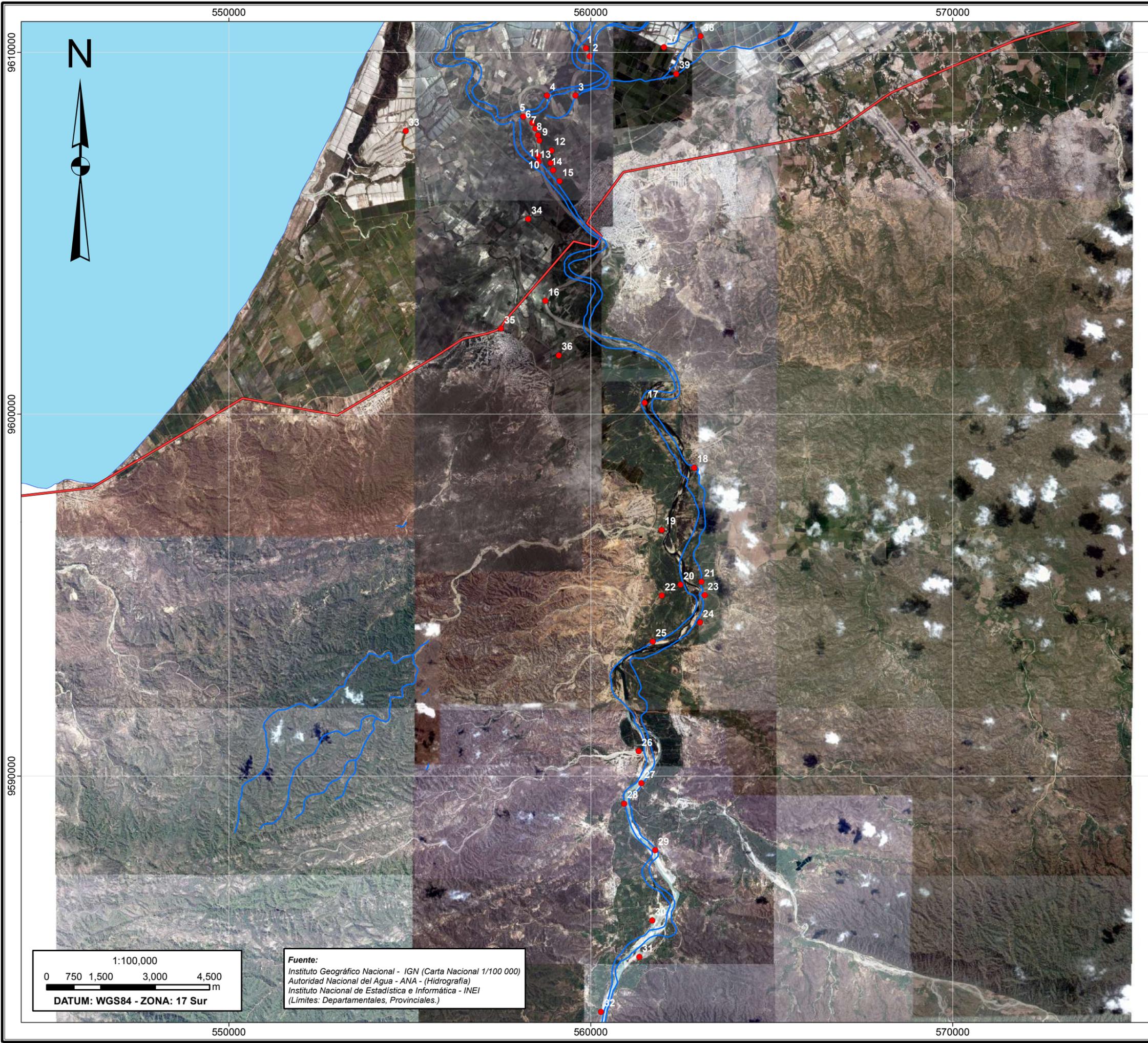
Departamento: Tumbes Provincia: Tumbes Distrito: Tumbes, Corrales, San Jacinto, Pampas de Hospital, San Juan de la Virgen Río: Tumbes									
Código	Coordenadas en UTM		Sector o lugar	Amenaza	Efectos previsibles	Elementos expuestos	Antecedentes	Recomendaciones	Foto
	Longitud (X)	Latitud (Y)							
20	561 958	9 596 804	Sector La Jardina	Inundación, erosión	Erosión e Inundación de áreas de cultivo	Areas de cultivo de platano	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Construcción de bateria de espigones MI - MD	
21	562 476	9 595 288	Sector Plateros	Inundación y Erosión	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de platano	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Construcción de bateria de espigones MI - MD	
22	563 051	9 595 365	Sector Cerro Blanco y Tacural	Inundación, erosión	Inundación de Cultivos Destrucción de Estaciones de Bombeo	Areas de cultivo de platano y pan lilevar Estación de Bombeo Brujas Altas y Brujas Baja	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	PIP en proceso de viabilidad: Proyecto Puyango Tumbes	
23	562 938	9 594 852	Sector Santa Rosa	Inundación, erosión	Erosión e Inundación de áreas de cultivo	Areas de cultivo de platano y pan llevar	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Construcción de bateria de espigones MI - MD	
24	563 147	9 595 004	Caserío Santa María	Inundación, erosión	Erosión e Inundación de áreas de cultivo	Areas de cultivo de platano	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	PIP en proceso de formulación: Proyecto Puyango Tumbes	
25	563 014	9 594 244	Sector Cabeza de Lagarto	Inundación, erosión	Erosión e Inundación de áreas de cultivo	Areas de cultivo de platano y pan Llevar	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Limpieza y descolmatación del cauce del río Tumbes. Una altura de excavación de 1.50 aprox.	
26	561 706	9 593 719	Sector Santa Rosa	Inundación, erosión	Erosión e Inundación de áreas de cultivo	Areas de cultivo de platano y pan Llevar	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Construcción de bateria de espigones MI - MD	
27	561 319	9 590 684	Caserío Vaquería	Inundación, erosión	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de platano y cacao	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Construcción de bateria de espigones MI - MD	

## FORMATO 1. INVENTARIO DE PUNTOS CRITICOS DE INUNDACION Y EROSION

Departamento: Tumbes Provincia: Tumbes Distrito: Tumbes, Corrales, San Jacinto, Pampas de Hospital, San Juan de la Virgen Río: Tumbes									
Código	Coordenadas en UTM		Sector o lugar	Amenaza	Efectos previsibles	Elementos expuestos	Antecedentes	Recomendaciones	Foto
	Longitud (X)	Latitud (Y)							
28	561 396	9 589 809	Sector Pampas de Hospital y Rinconada	Inundación y Erosión	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de platano	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Obra proxima a ejecutar por el Gob. Reg. Tumbes	
29	560 921	9 589 241	Caserío Oidor	Inundación, erosión	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de platano y limón	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Construcción de bateria de espigones MI - MD	
30	561 778	9 587 951	Estación Becerra Belén (Aguas abajo)	Inundación, erosión y colapso de estaciones de bombeo	Inundación y erosión de Cultivos	Areas de cultivo de arroz	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Construcción de bateria de espigones MI - MD	
					Destrucción de Estaciones de Bombeo	Estación de Bombeo			
31	561 693	9 586 009	Sector Casablanca	Inundación, erosión	Erosión e Inundación de areas de cultivo	Areas de cultivo de platano y pan Llevar	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Obra en ejecución por el Gob. Reg. Tumbes	
32	561 339	9 585 001	Sector Prado Bajo La Palma	Inundación, erosión	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de platano	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	PIP en proceso de formulación: Proyecto Puyango Tumbes	
					Destrucción de Estación de Bombeo	Estación de Bombeo Arena La Palma			
33	560 282	9 583 489	Caserío Higuierón	Inundación, erosión	Erosión e Inundación de areas de cultivo	Areas de cultivo de platano	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	PIP en proceso de formulación: Gobierno Regional Tumbes	

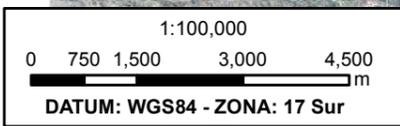
**FORMATO 1. INVENTARIO DE PUNTOS CRITICOS DE INUNDACION Y EROSION**

Departamento: Tumbes Provincia: Tumbes Distrito: Tumbes, Corrales, San Jacinto, Pampas de Hospital, San Juan de la Virgen Río: Tumbes									
Código	Coordenadas en UTM		Sector o lugar	Amenaza	Efectos previsibles	Elementos expuestos	Antecedentes	Recomendaciones	Foto
	Longitud (X)	Latitud (Y)							
34	554 880	9 607 831	Estero El Encomendador	Inundación, erosión	Erosión e Inundación de áreas de cultivo	Areas de cultivo de platano y pan llevar	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Limpieza y descolmatación del Brazo del estero El Encomendador (0.95 km)	
34	558 269	9 605 393	Dren Río Viejo _ La Carbonera	Inundación, erosión	Erosión e Inundación de áreas de cultivo	Areas de cultivo de arroz	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Limpieza y descolmatación dren Río Viejo - La Carbonera	
36	557 520	9 602 370	Dren Corrales	Inundación, erosión	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de arroz	Inundaciones año 1982, 1997 y 2013	Limpieza y descolmatación de los drenes El Piojo, Corrales, La Canela	
					Destrucción de viviendas	Carretera Panamericana y Puente Vehicular El Piojo			
37	559 108	9 601 630	Sector Aliviadero El Correntoso	Inundación y Erosión	Inundación de Cultivos	Inundación de Cultivos de arroz y platano	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Limpieza y Descolmatación del aliviadero	
					Destrucción de viviendas	Destrucción de viviendas Barrio San José y Salamanca			
38	562 021	9 610 138	Dren Colector La Condesa	Inundación, erosión	Erosión e Inundación de áreas de cultivo	Areas de cultivo de platano	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Limpieza y descolmatación del Dren Colector La Condesa (3.5 km)	
39	563 028	9 610 450	Dren Estero La Ramada	Inundación, erosión	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de platano y cacao	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Limpieza y descolmatación del Brazo del estero La Ramada (0.85 km)	
40	562 363	9 609 407	Drenes Puerto Rico	Inundación, erosión	Inundación de Cultivos	Areas de cultivo de arroz	Inundaciones año 1982, 1997 y 2012	Limpieza y descolmatación de los drenes Puerto Rico ( 0+000 al 1+800), Huaquillas, San José, Tropezón, Estrada y Bebederos	
					Destrucción de viviendas	Viviendas de los barrios de San José, Salamanca, El Pacífico, 7 de Junio, y del centro de Tumbes			



**LEYENDA**

- Puntos Críticos
- Río Tumbes



**Fuente:**  
 Instituto Geográfico Nacional - IGN (Carta Nacional 1/100 000)  
 Autoridad Nacional del Agua - ANA - (Hidrografía)  
 Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI  
 (Límites: Departamentales, Provinciales.)



REPUBLICA DEL PERU  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
**AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA**  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS  
 HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES  
 ESTUDIO DEL PROYECTO  
**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES  
 PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

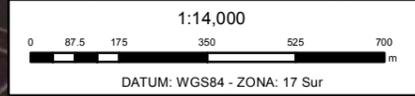
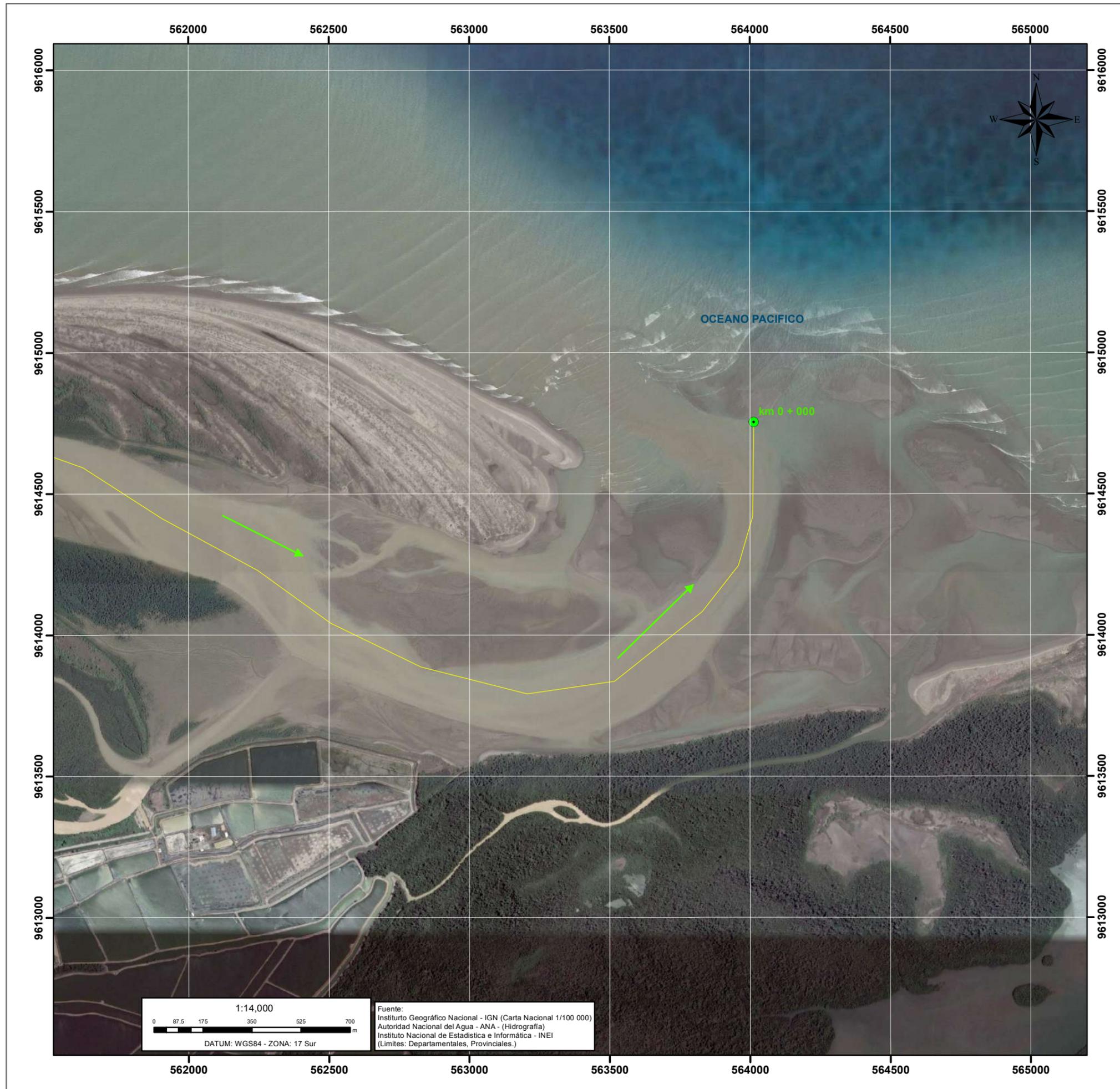


---

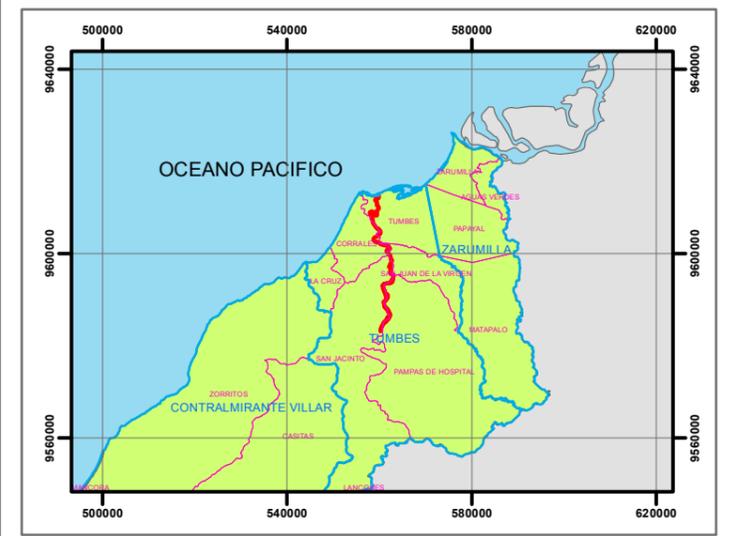
**UBICACION DE PUNTOS CRÍTICOS**

Departamento: TUMBES		Provincia: ZARUMILLA		Distrito: Multidistrital	
SIG: Ing.	Elaborado: Ing.	Revisado: Ing.	Aprobado: Ing.	Escala 1:100,000	MAPA: 01
S. Quiñones	S. Quiñones	C. Perleche	W. Echevarría S.	Fecha: Junio 2014	

**MAPAS DE UBICACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEDIDAS  
ESTRUCTURALES**



Fuente:  
 Instituto Geográfico Nacional - IGN (Carta Nacional 1/100 000)  
 Autoridad Nacional del Agua - ANA - (Hidrografía)  
 Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI  
 (Límites: Departamentales, Provinciales.)



**Leyenda**

- Delim\_cauce
- Espigones
- Depositos
- Eje del río
- Progresivas
- ← Flujo



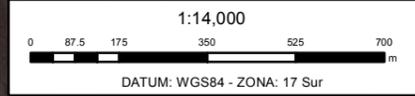
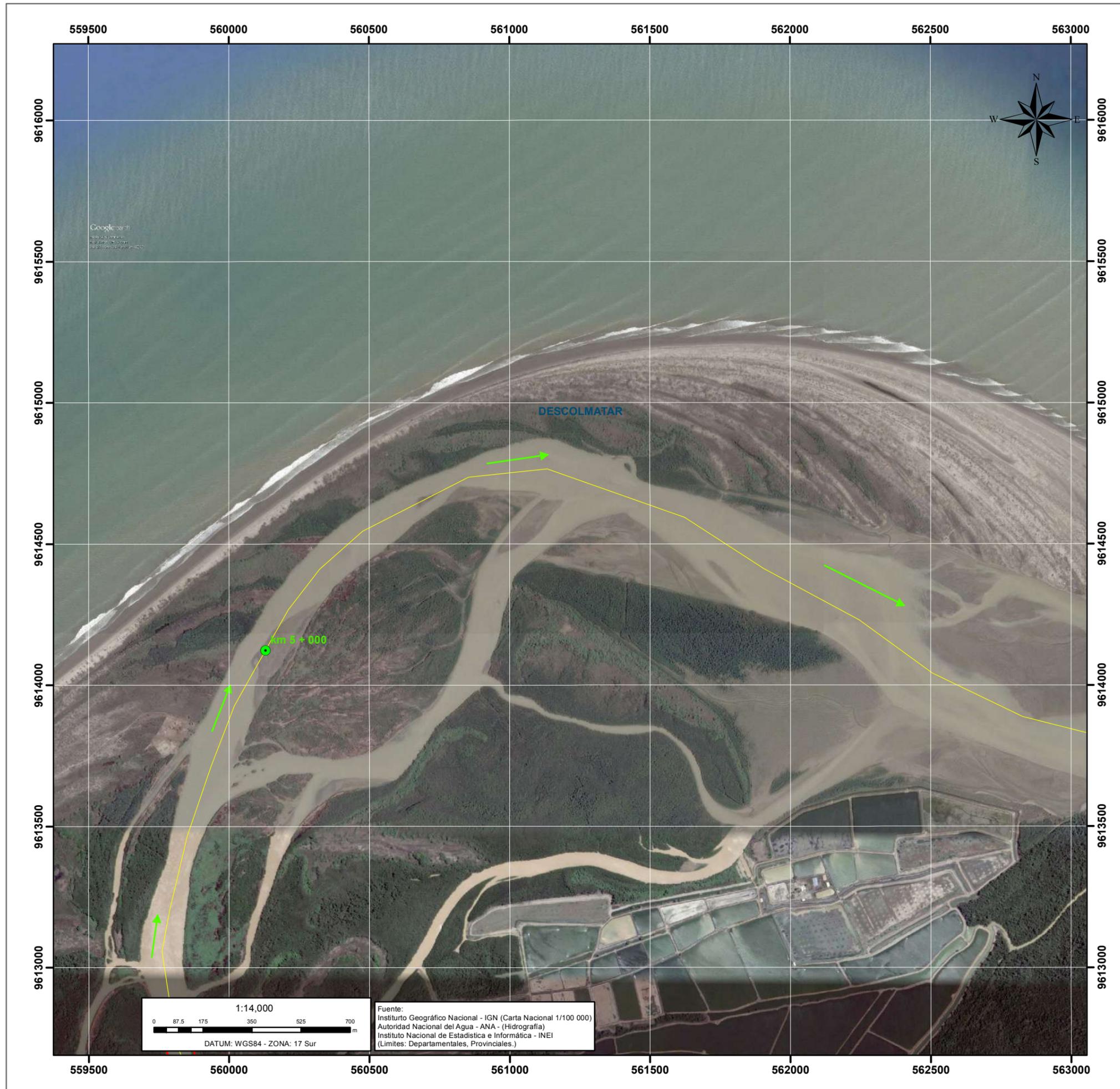
REPUBLICA DEL PERU  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS  
 HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES



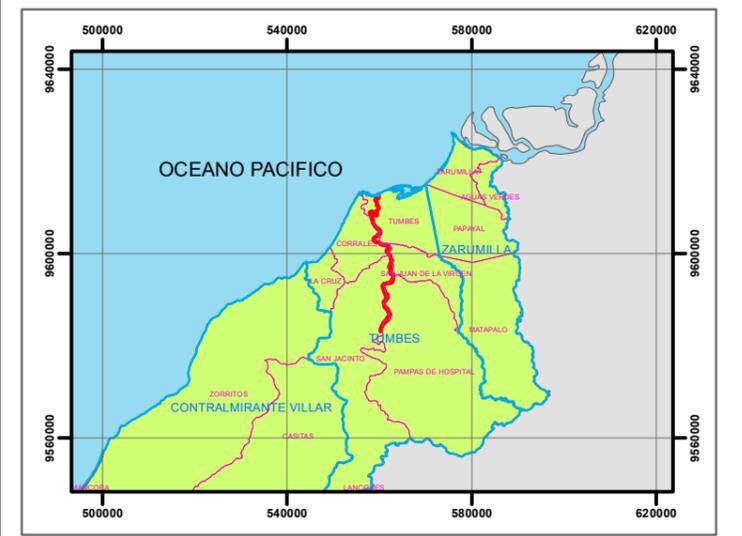
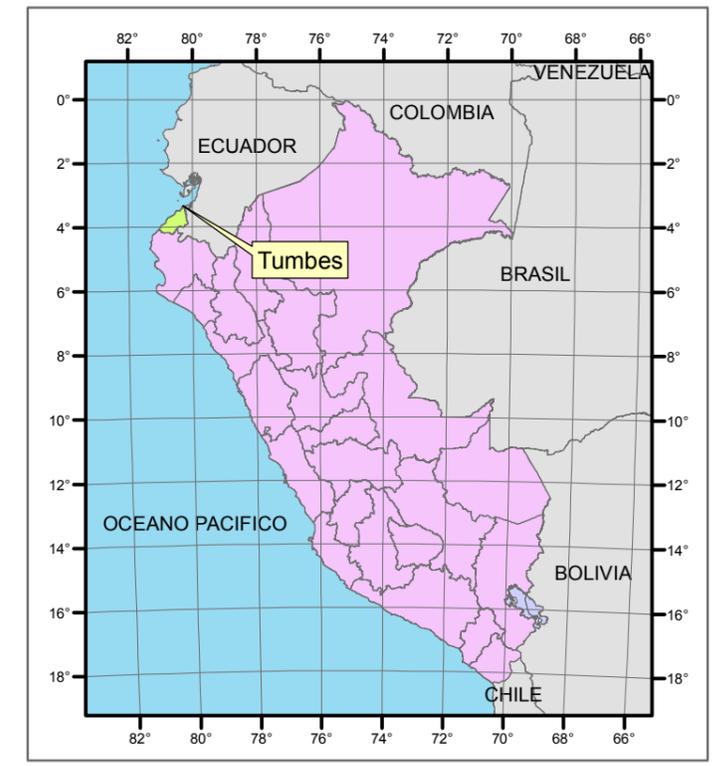
ESTUDIO:  
**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: TUMBES	Provincia: TUMBES	Distrito: VARIOS	
SIG : Estud.	Elaborado : Estud.	Revisado : Ing.	Aprobado : Ing.
Escala: 1 / 14,000		MAPA:	
Fecha: Abril 2015		<b>01</b>	



Fuente:  
 Instituto Geográfico Nacional - IGN (Carta Nacional 1/100 000)  
 Autoridad Nacional del Agua - ANA - (Hidrografía)  
 Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI  
 (Límites: Departamentales, Provinciales.)



**Leyenda**

- Delim\_cauce
- Espigones
- Depositos
- Eje del río
- Progresivas
- ➔ Flujo



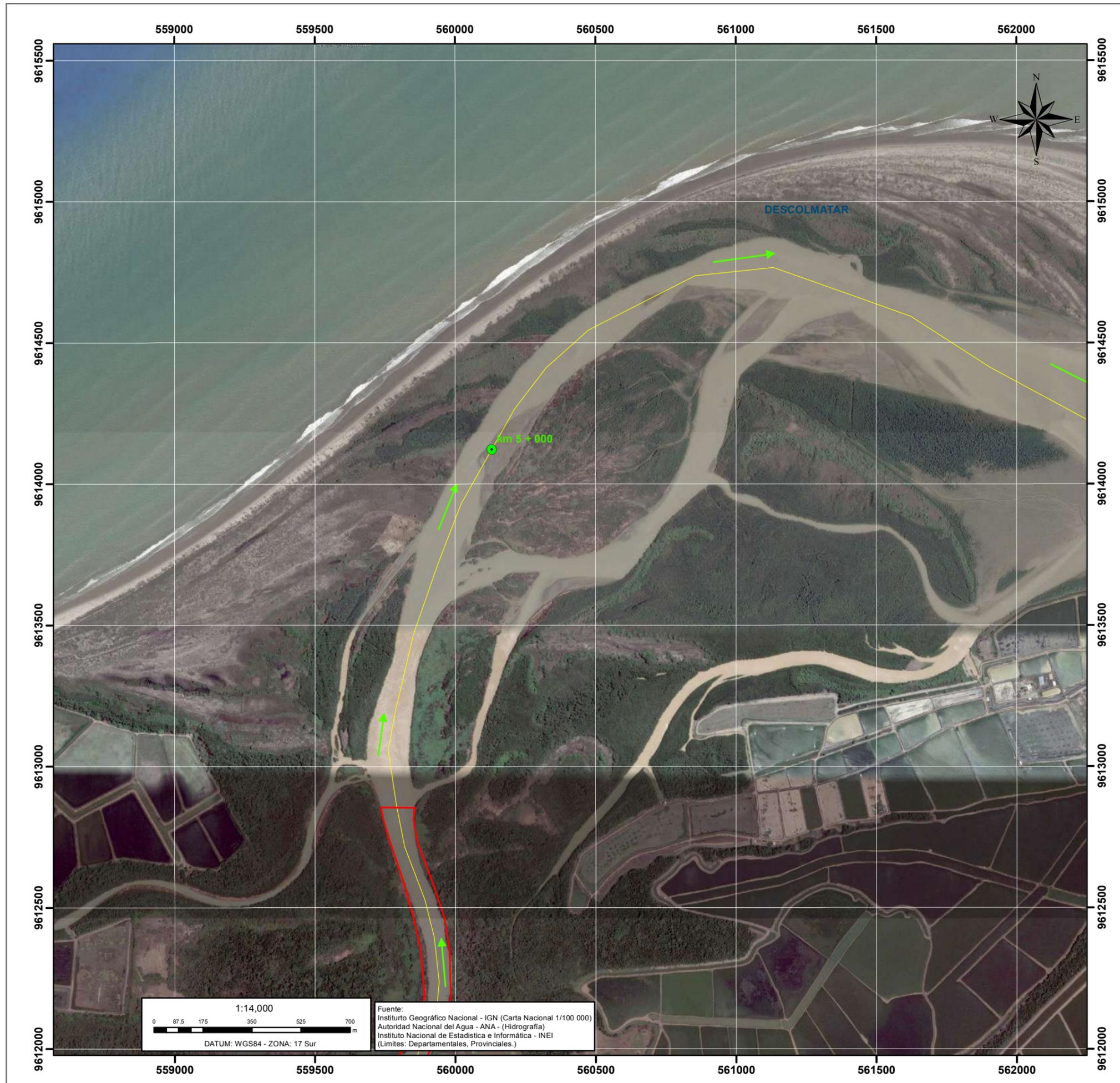
REPUBLICA DEL PERU  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS  
 HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES



ESTUDIO:  
**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: TUMBES	Provincia: TUMBES	Distrito: VARIOS	
SIG : Estud.	Elaborado : Estud.	Revisado : Ing.	Aprobado : Ing.
E. Lacho	E. Lacho	C. Perleche	T. Alfaro A.
Escala : 1 / 14,000			MAPA: <b>02</b>
Fecha : Abril 2015			



**Leyenda**

- Delim\_cauce
- Espigones
- Depositos
- Eje del río
- Progresivas
- ← Flujo



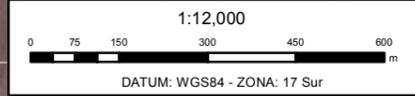
REPUBLICA DEL PERU  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS  
 HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES



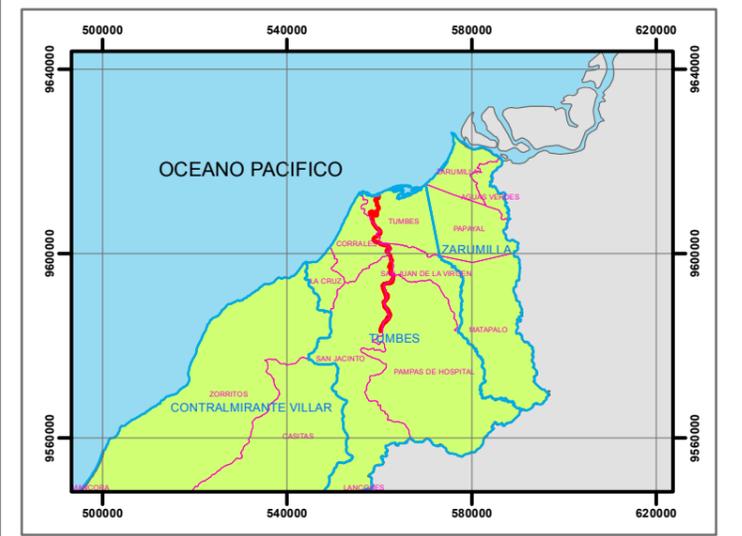
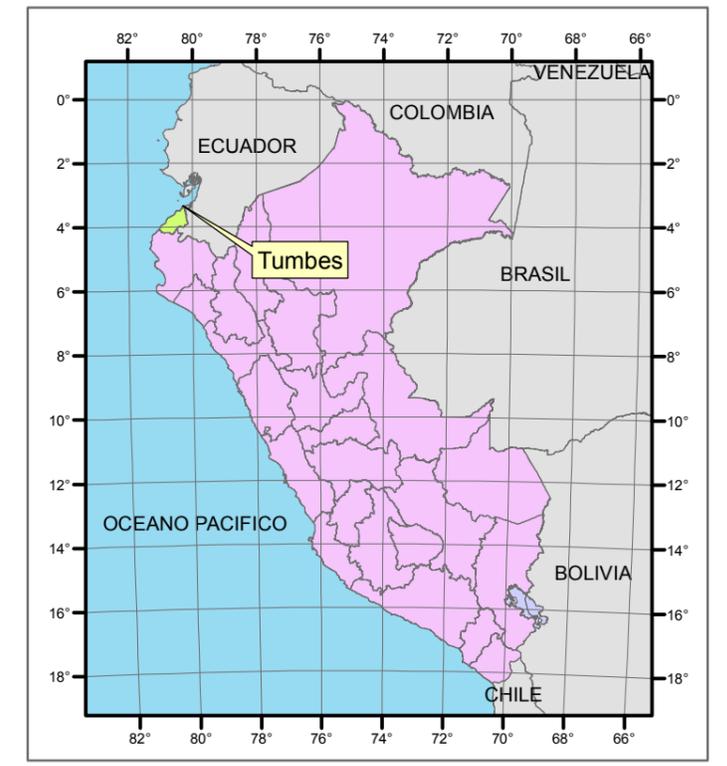
ESTUDIO:  
**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: TUMBES	Provincia: TUMBES	Distrito: VARIOS	
SIG : Estud.	Elaborado : Estud.	Revisado : Ing.	Aprobado : Ing.
Escala : 1 / 14,000		MAPA:	
E. Lacho		Fecha : Abril 2015	
E. Lacho		<b>03</b>	



Fuente:  
 Instituto Geográfico Nacional - IGN (Carta Nacional 1/100 000)  
 Autoridad Nacional del Agua - ANA - (Hidrografía)  
 Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI  
 (Límites: Departamentales, Provinciales.)



**Leyenda**

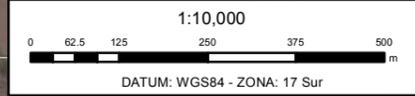
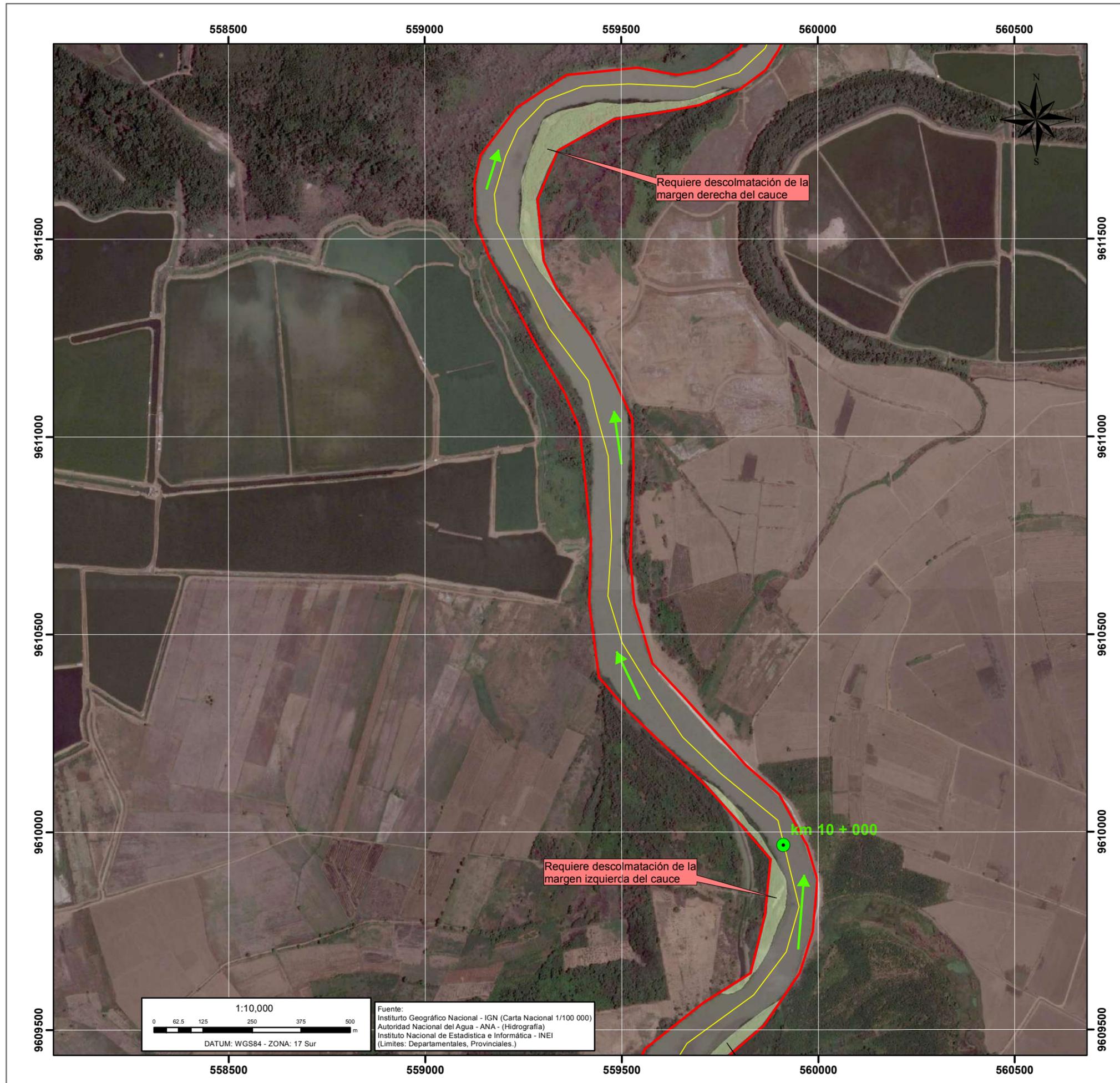
- Delim\_cauce
- Espigones
- Depositos
- Eje del río
- Progresivas
- ➔ Flujo

REPUBLICA DEL PERU  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS  
 HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES

**ESTUDIO :**  
**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: TUMBES	Provincia : TUMBES	Distrito: VARIOS	
SIG : Estud.	Elaborado : Estud.	Revisado : Ing.	Aprobado : Ing.
E. Lacho	E. Lacho	C. Perleche	T. Alfaro A.
			Escala : 1 / 12,000 Fecha : Abril 2015
			<b>MAPA:</b> <b>04</b>



Fuente:  
 Instituto Geográfico Nacional - IGN (Carta Nacional 1/100 000)  
 Autoridad Nacional del Agua - ANA - (Hidrografía)  
 Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI  
 (Límites: Departamentales, Provinciales.)



**Legenda**

- Delim. cauce
- Espigones
- Depositos
- Eje del río
- Progresivas
- ➔ Flujo



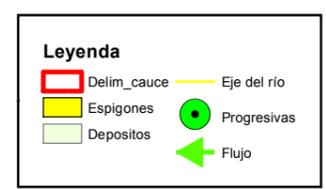
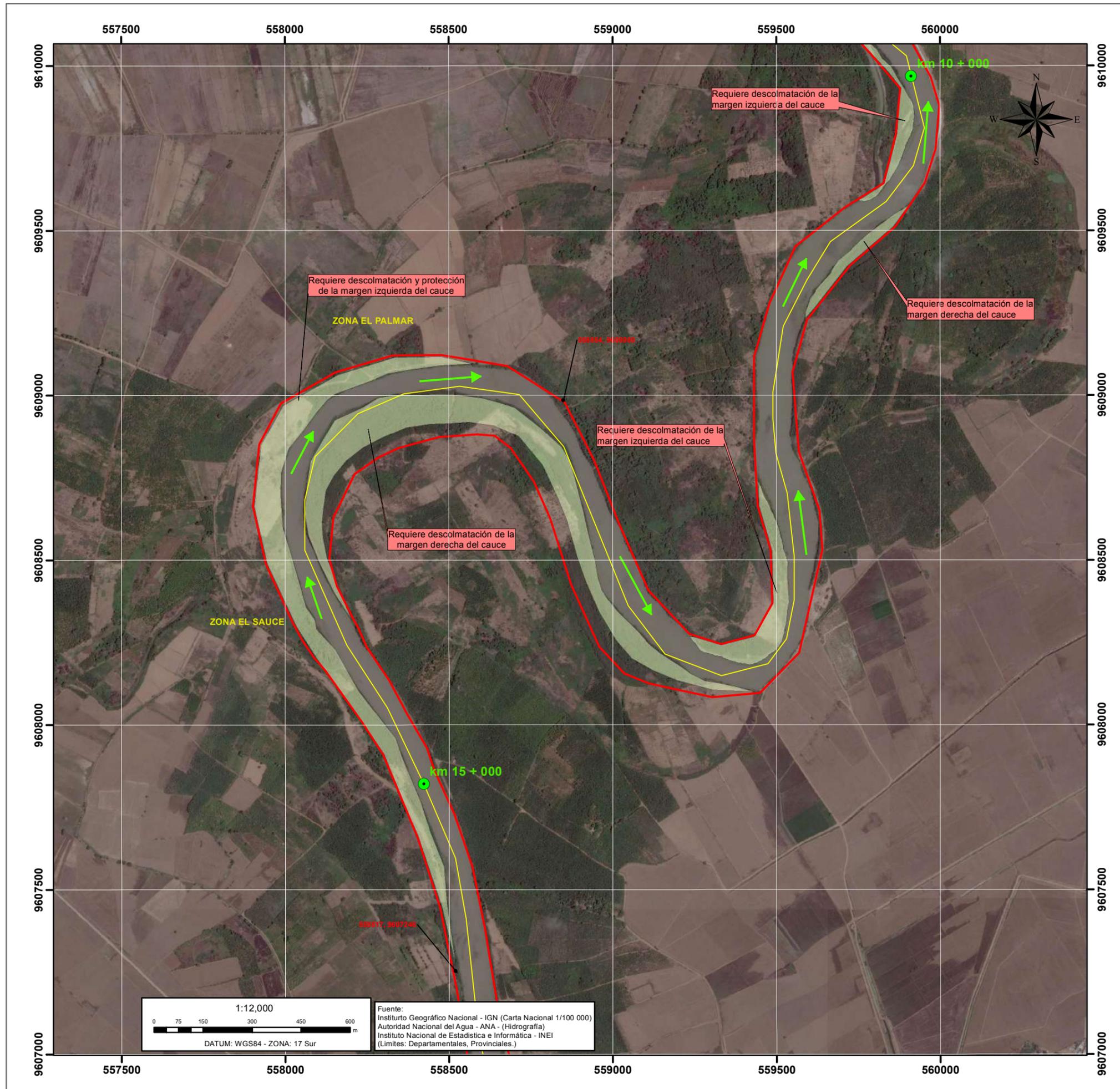
REPUBLICA DEL PERU  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS  
 HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES



ESTUDIO:  
**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: TUMBES	Provincia: TUMBES	Distrito: VARIOS	
SIG: Estud.	Elaborado: Estud.	Revisado: Ing.	Aprobado: Ing.
E. Lacho	E. Lacho	C. Perleche	T. Alfaro A.
Escala: 1 / 10,000			MAPA: <b>05</b>
Fecha: Abril 2015			





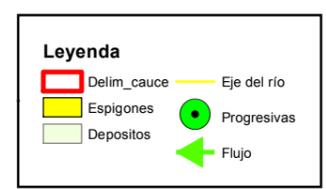
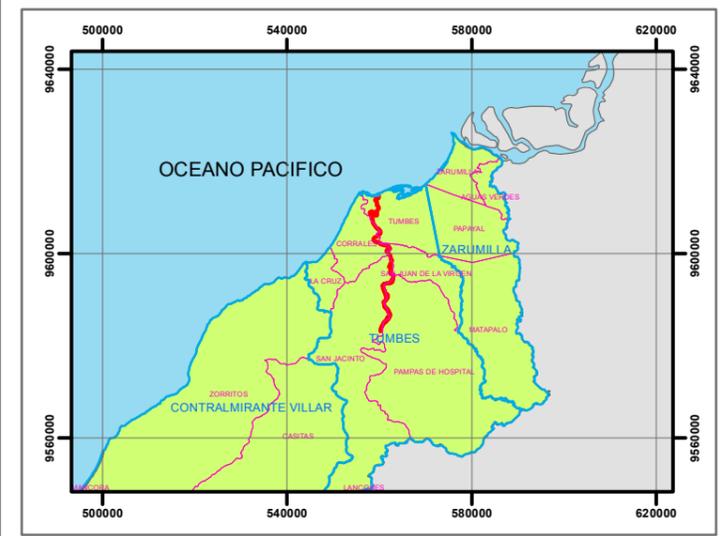
REPUBLICA DEL PERU  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS  
 HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES



**ESTUDIO:**  
**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: TUMBES	Provincia: TUMBES	Distrito: VARIOS	
SIG : Estud.	Elaborado : Estud.	Revisado : Ing.	Aprobado : Ing.
E. Lacho	E. Lacho	C. Perleche	T. Alfaro A.
Escala : 1 / 12,000			MAPA: <b>06</b>
Fecha : Abril 2015			





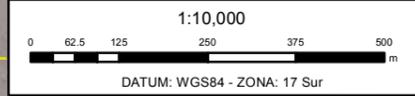
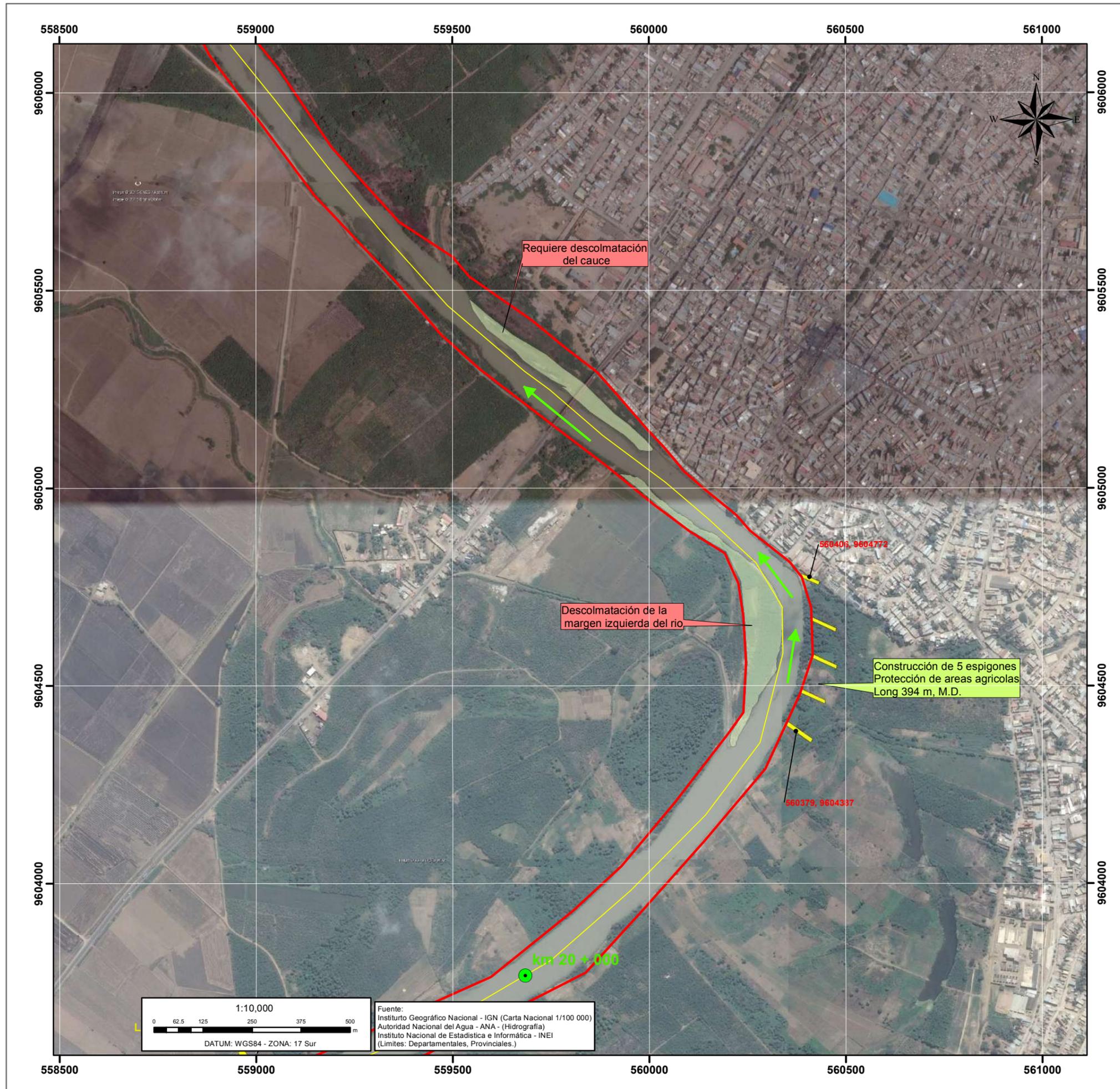
REPUBLICA DEL PERU  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS  
 HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES



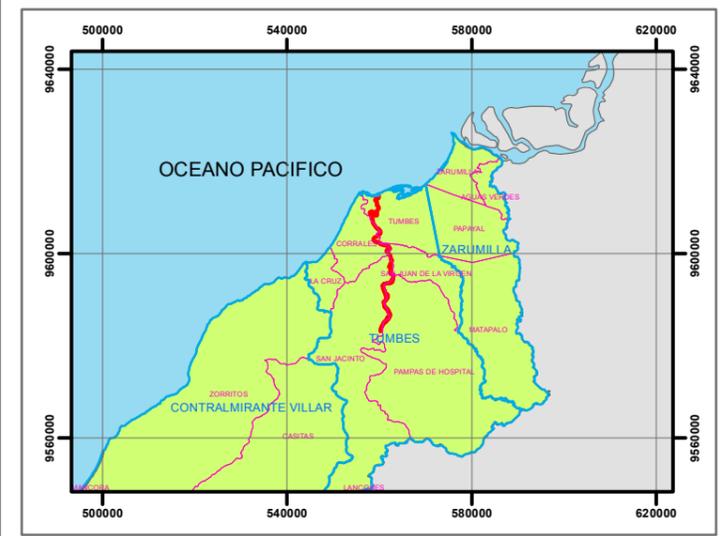
**ESTUDIO :**  
**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: TUMBES	Provincia : TUMBES	Distrito: VARIOS	
SIG : Estud.	Elaborado : Estud.	Revisado : Ing.	Aprobado : Ing.
E. Lacho	E. Lacho	C. Perleche	T. Alfaro A.
Escala : 1 / 10,000			MAPA:
Fecha : Abril 2015			<b>07</b>



Fuente:  
 Instituto Geográfico Nacional - IGN (Carta Nacional 1/100 000)  
 Autoridad Nacional del Agua - ANA - (Hidrografía)  
 Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI  
 (Límites: Departamentales, Provinciales.)

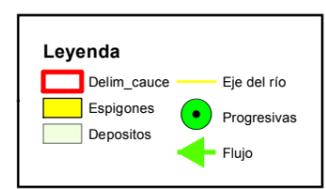
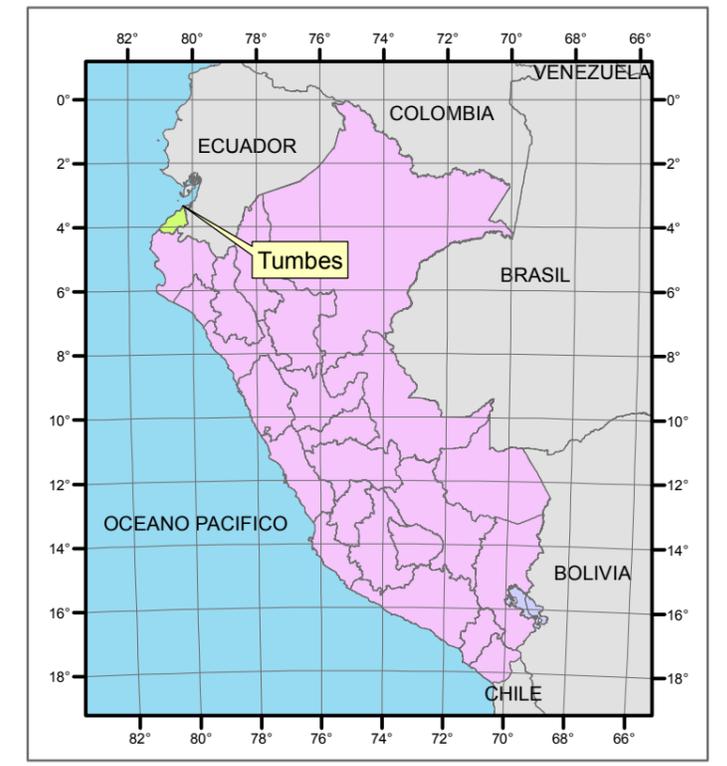
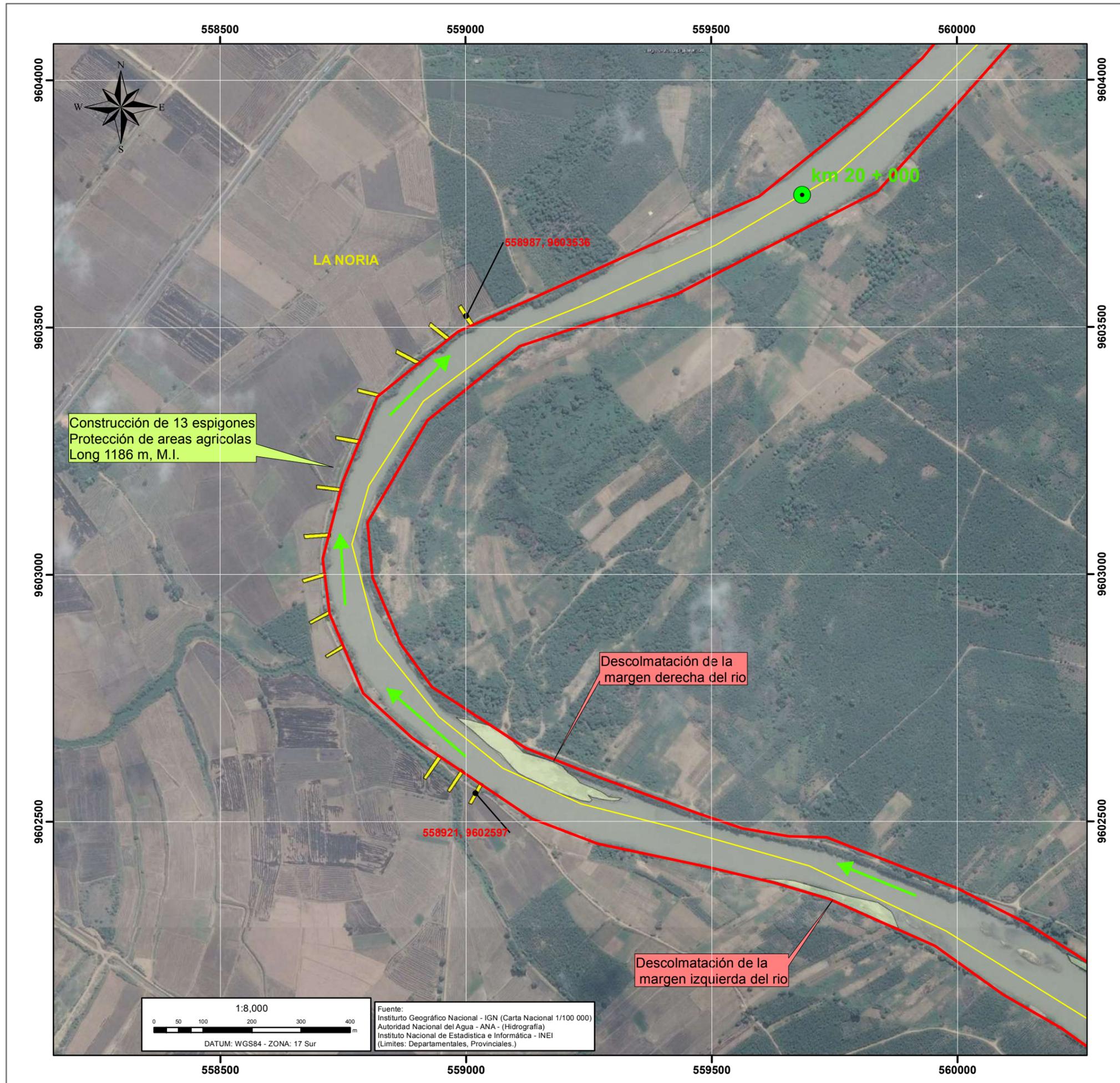


REPUBLICA DEL PERU  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS  
 HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES

ESTUDIO:  
**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: TUMBES	Provincia: TUMBES	Distrito: VARIOS	
SIG : Estud.	Elaborado : Estud.	Revisado : Ing.	Aprobado : Ing.
E. Lacho	E. Lacho	C. Perleche	T. Alfaro A.
Escala : 1 / 10,000			MAPA: <b>08</b>
Fecha : Abril 2015			





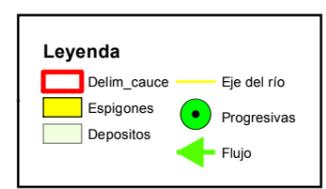
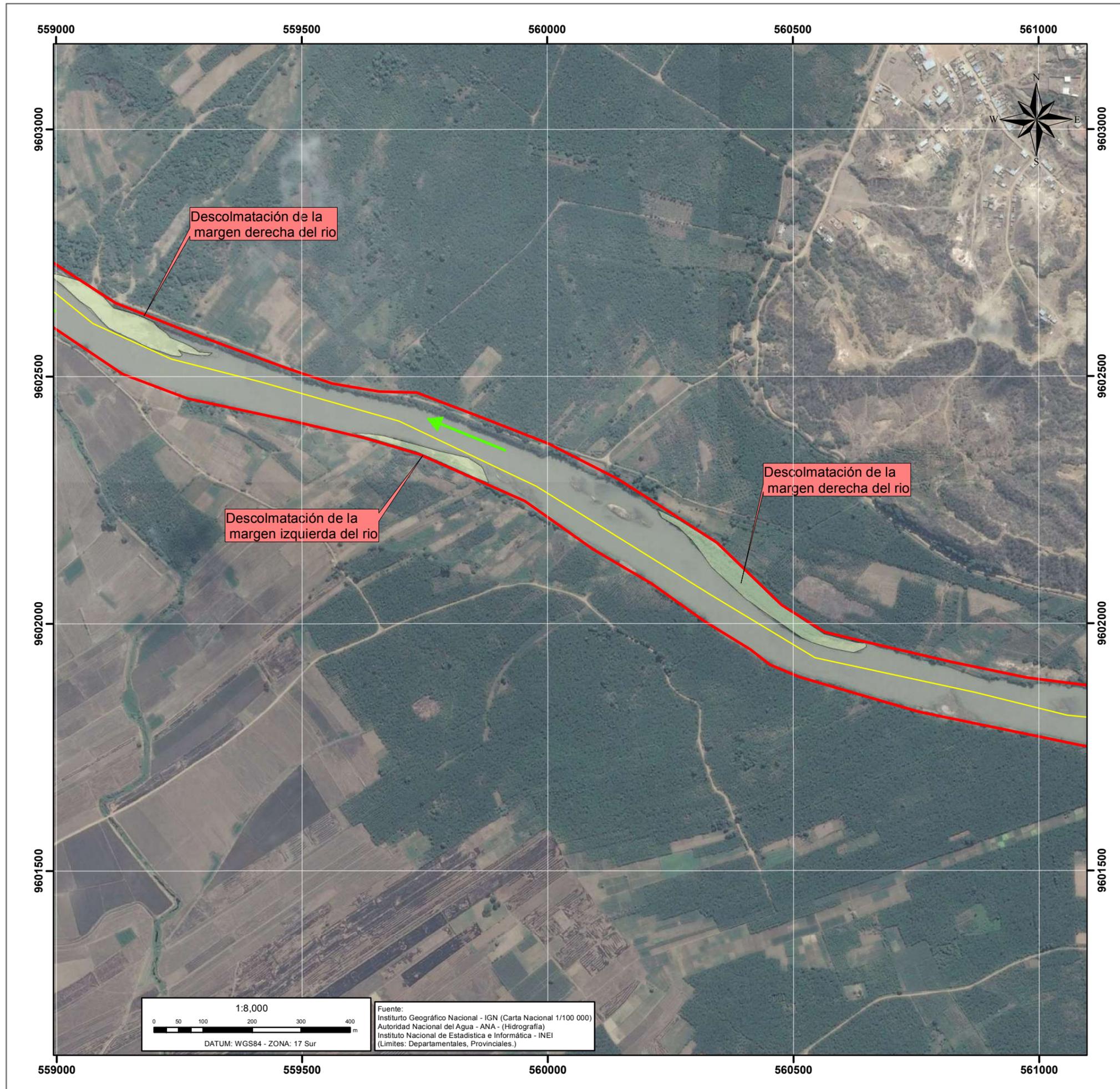
REPUBLICA DEL PERU  
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA  
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS  
HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES



ESTUDIO:  
**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: TUMBES	Provincia: TUMBES	Distrito: VARIOS	
SIG: Estud.	Elaborado: Estud.	Revisado: Ing.	Aprobado: Ing.
E. Lacho	E. Lacho	C. Perleche	T. Alfaro A.
Escala: 1 / 8,000			MAPA: <b>09</b>
Fecha: Abril 2015			



REPUBLICA DEL PERU

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS

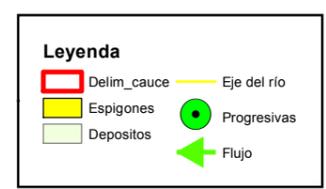
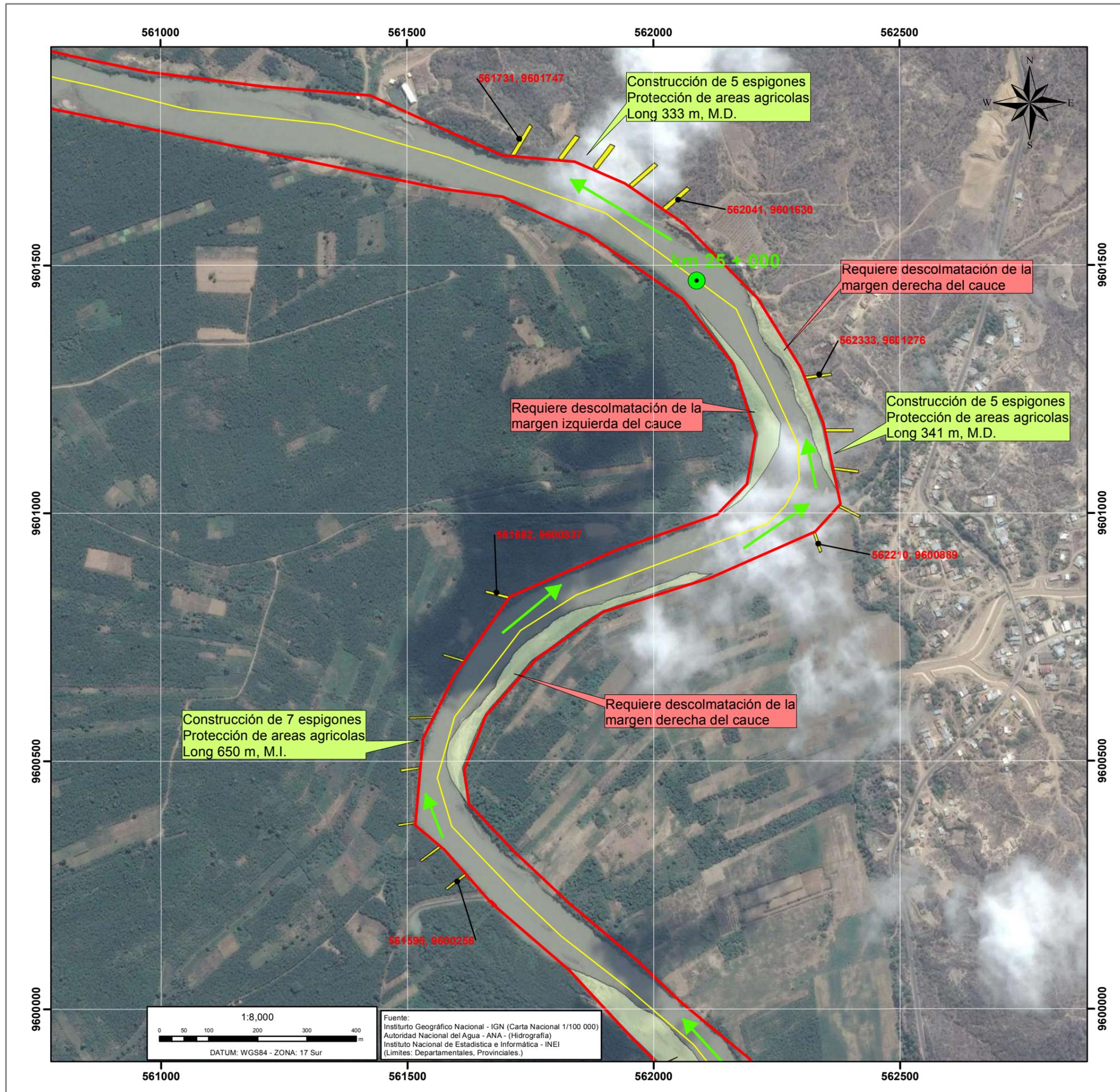
HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES

ESTUDIO:

**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: <b>TUMBES</b>	Provincia: <b>TUMBES</b>	Distrito: <b>VARIOS</b>	
SIG: Estud.	Elaborado: Estud.	Revisado: Ing.	Aprobado: Ing.
E. Lacho	E. Lacho	C. Perleche	T. Alfaro A.
Escala: 1 / 8,000			MAPA:
Fecha: Abril 2015			<b>10</b>





REPUBLICA DEL PERU

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS

HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES

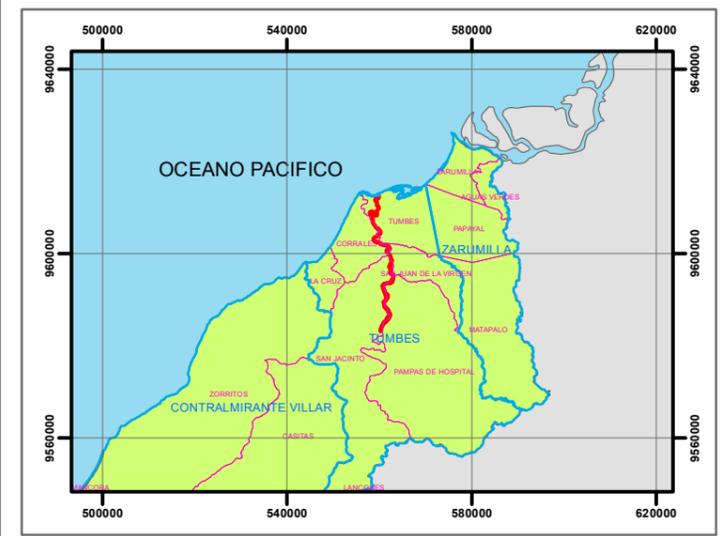
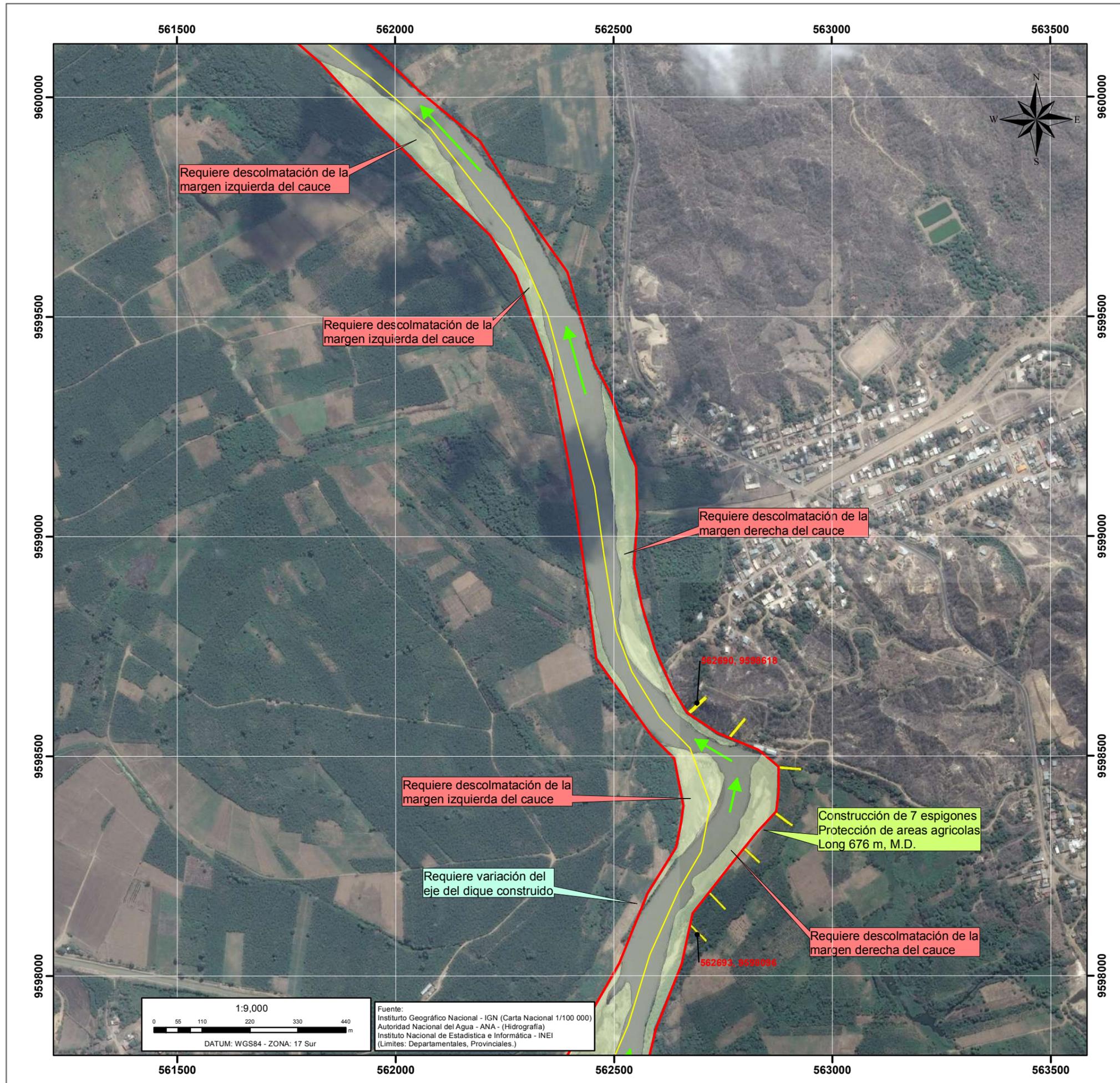


ESTUDIO:

**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: TUMBES	Provincia: TUMBES	Distrito: VARIOS	
SIG: Estud.	Elaborado: Estud.	Revisado: Ing.	Aprobado: Ing.
E. Lacho	E. Lacho	C. Perleche	T. Alfaro A.
Escala: 1 / 8,000			MAPA:
Fecha: Abril 2015			<b>11</b>



**Leyenda**

- Delim. cauce
- Espigones
- Depositos
- Eje del río
- Progresivas
- ← Flujo



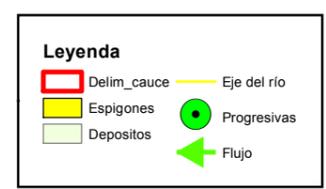
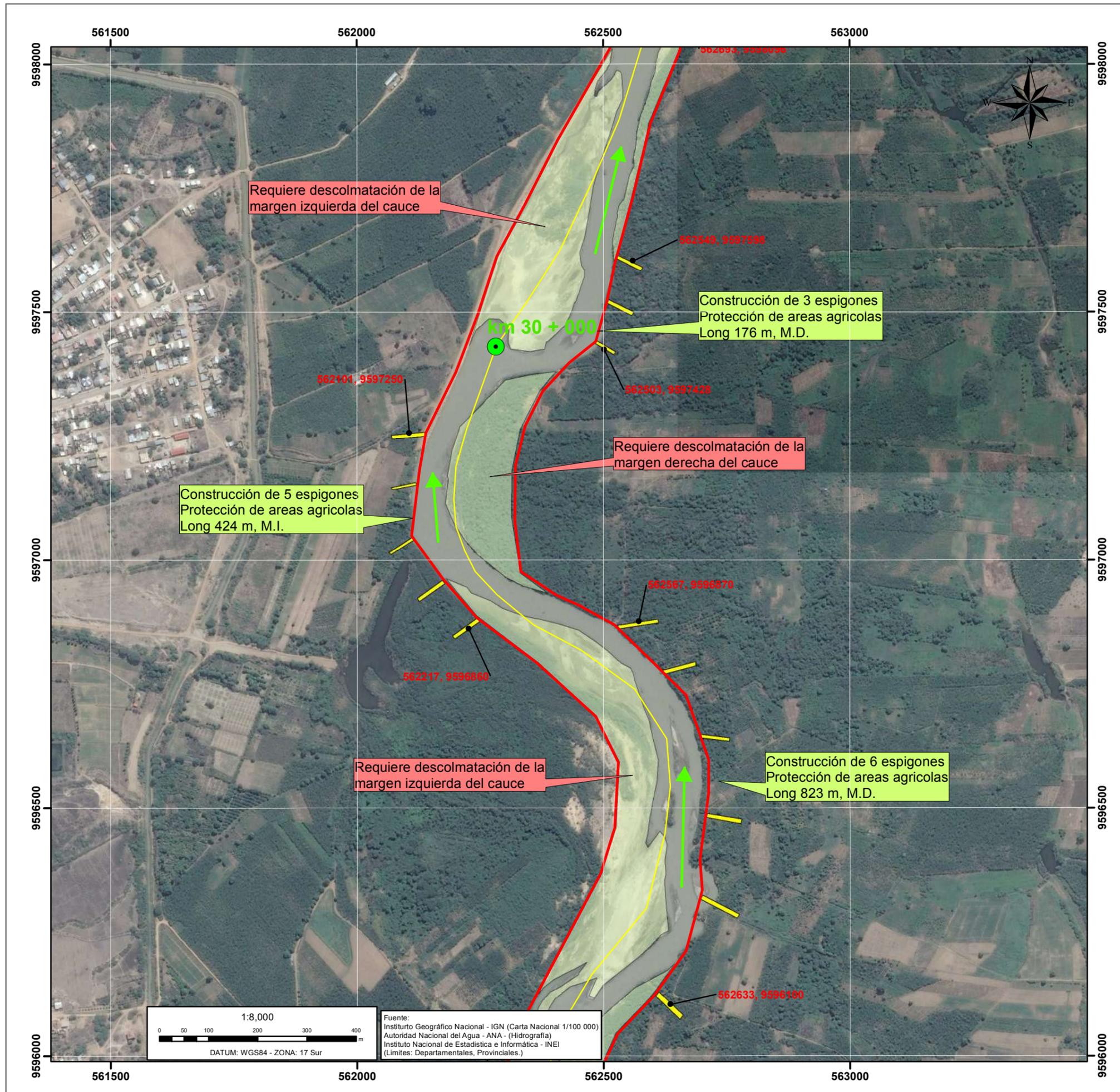
REPUBLICA DEL PERU  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS  
 HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES



**ESTUDIO :**  
**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: TUMBES	Provincia: TUMBES	Distrito: VARIOS	
SIG : Estud.	Elaborado : Estud.	Revisado : Ing.	Aprobado : Ing.
Escala : 1 / 9,000		MAPA:	
E. Lacho		Fecha : Abril 2015	
		<b>12</b>	

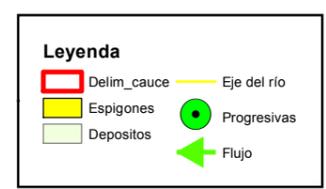
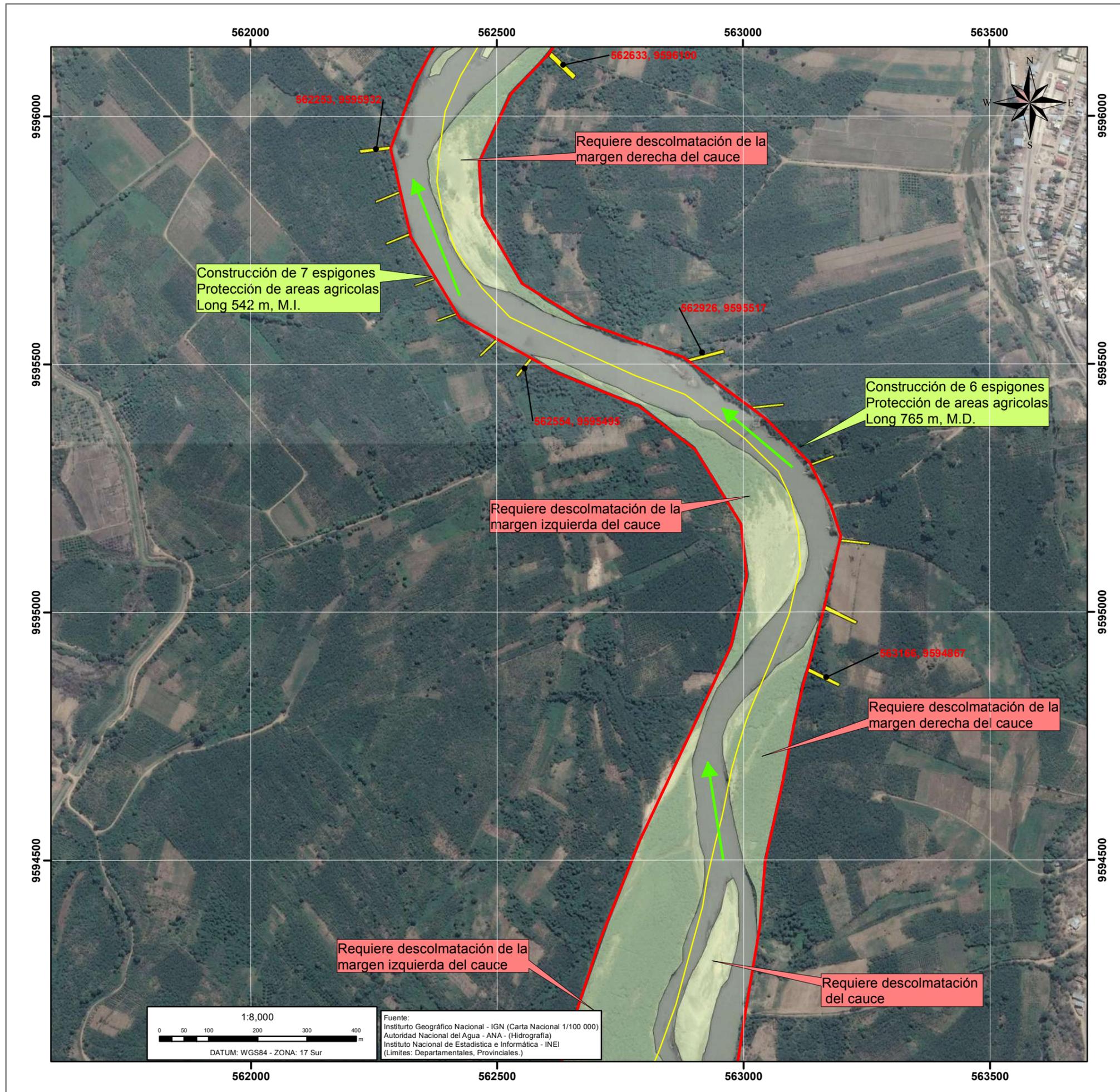


REPUBLICA DEL PERU  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS  
 HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES

**ESTUDIO :**  
**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: <b>TUMBES</b>	Provincia: <b>TUMBES</b>	Distrito: <b>VARIOS</b>	
SIG : Estud.	Elaborado : Estud.	Revisado : Ing.	Aprobado : Ing.
E. Lacho		C. Perleche	
E. Lacho		T. Alfaro A.	
Escala : 1 / 8,000			<b>MAPA:</b>
Fecha : Abril 2015			<b>13</b>



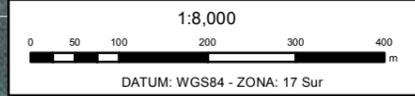
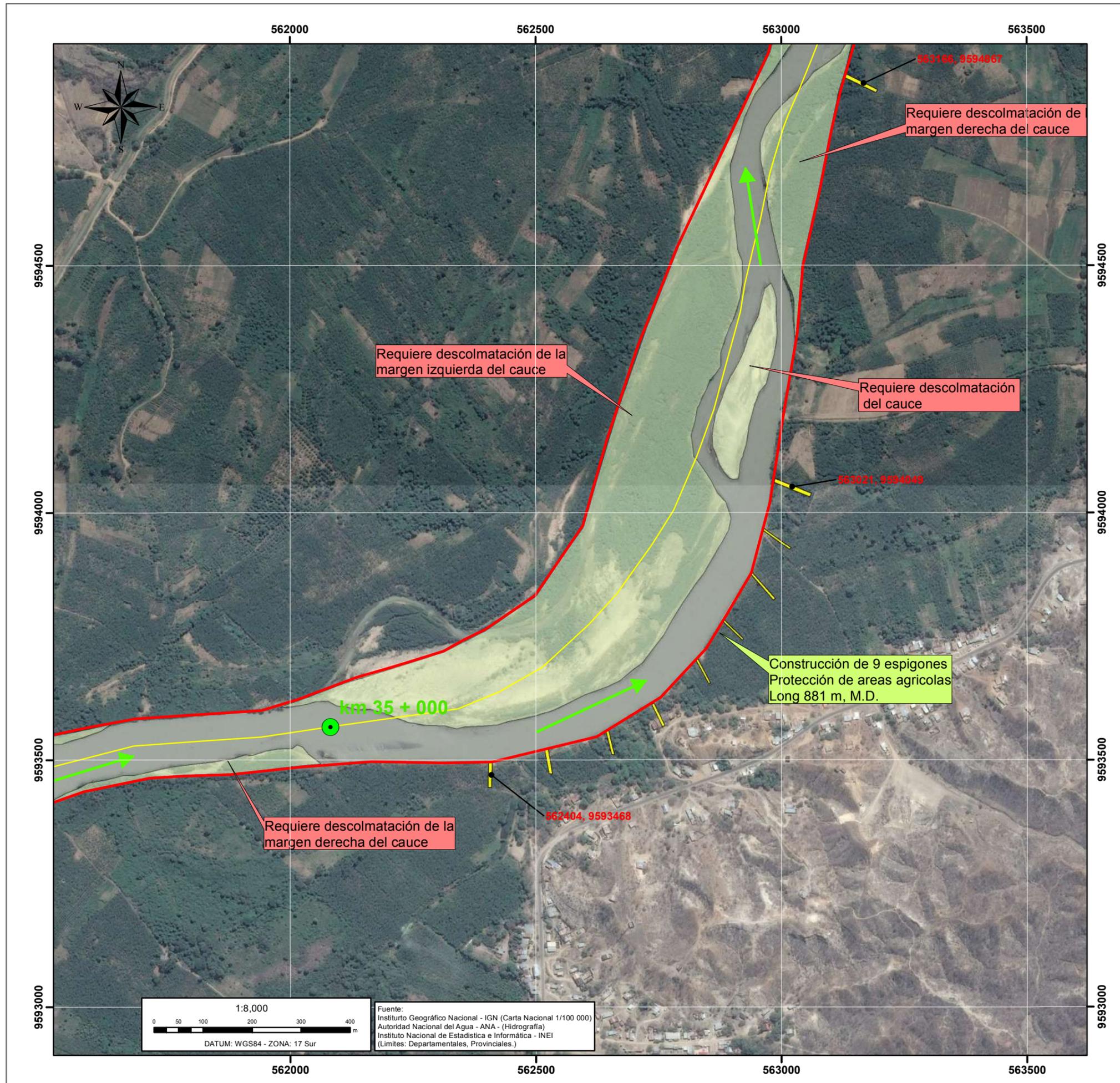
REPUBLICA DEL PERU  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS  
 HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES

**ESTUDIO:**  
**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: TUMBES	Provincia: TUMBES	Distrito: VARIOS	
SIG: Estud.	Elaborado: Estud.	Revisado: Ing.	Aprobado: Ing.
E. Lacho	E. Lacho	C. Perleche	T. Alfaro A.
Escala: 1 / 8,000			MAPA: <b>14</b>
Fecha: Abril 2015			

Fuente:  
 Instituto Geográfico Nacional - IGN (Carta Nacional 1/100 000)  
 Autoridad Nacional del Agua - ANA - (Hidrografía)  
 Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI  
 (Límites: Departamentales, Provinciales.)



Fuente:  
 Instituto Geográfico Nacional - IGN (Carta Nacional 1/100 000)  
 Autoridad Nacional del Agua - ANA - (Hidrografía)  
 Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI  
 (Límites: Departamentales, Provinciales.)



**Leyenda**

- Delim\_cauce
- Espigones
- Depositos
- Eje del río
- Progresivas
- ← Flujo



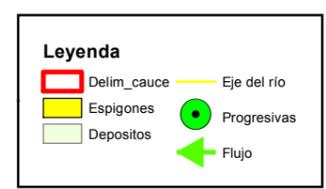
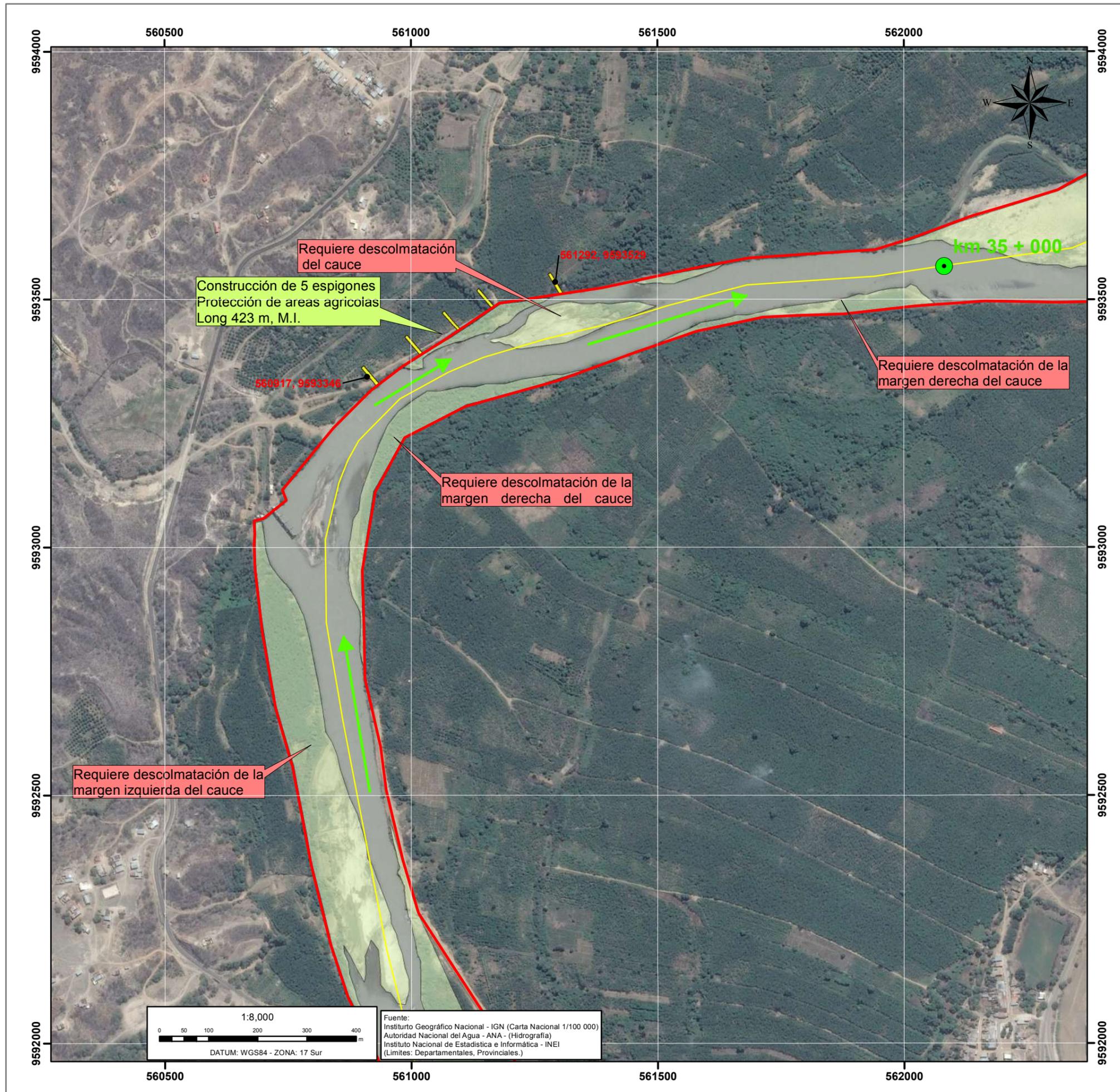
REPUBLICA DEL PERU  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS  
 HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES



ESTUDIO:  
**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: TUMBES	Provincia: TUMBES	Distrito: VARIOS	
SIG: Estud.	Elaborado: Estud.	Revisado: Ing.	Aprobado: Ing.
Escala: 1 / 8,000		MAPA:	
E. Lacho		Fecha: Abril 2015	
E. Lacho		C. Perleche	
E. Lacho		T. Alfaro A.	
			15





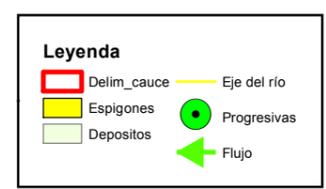
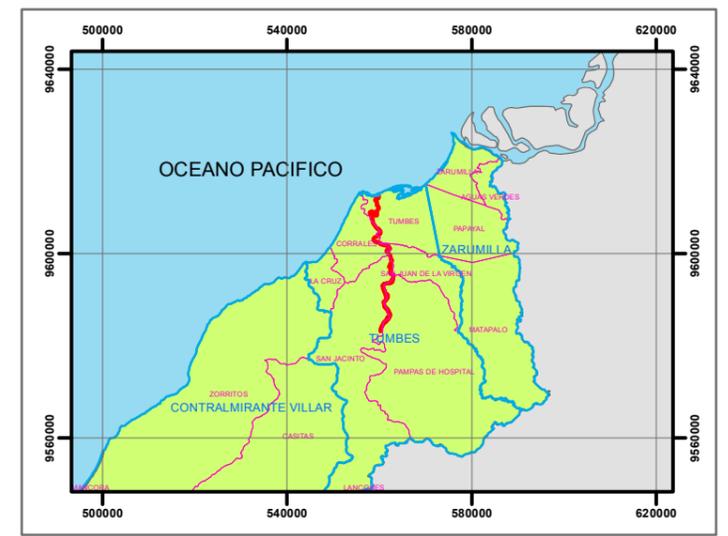
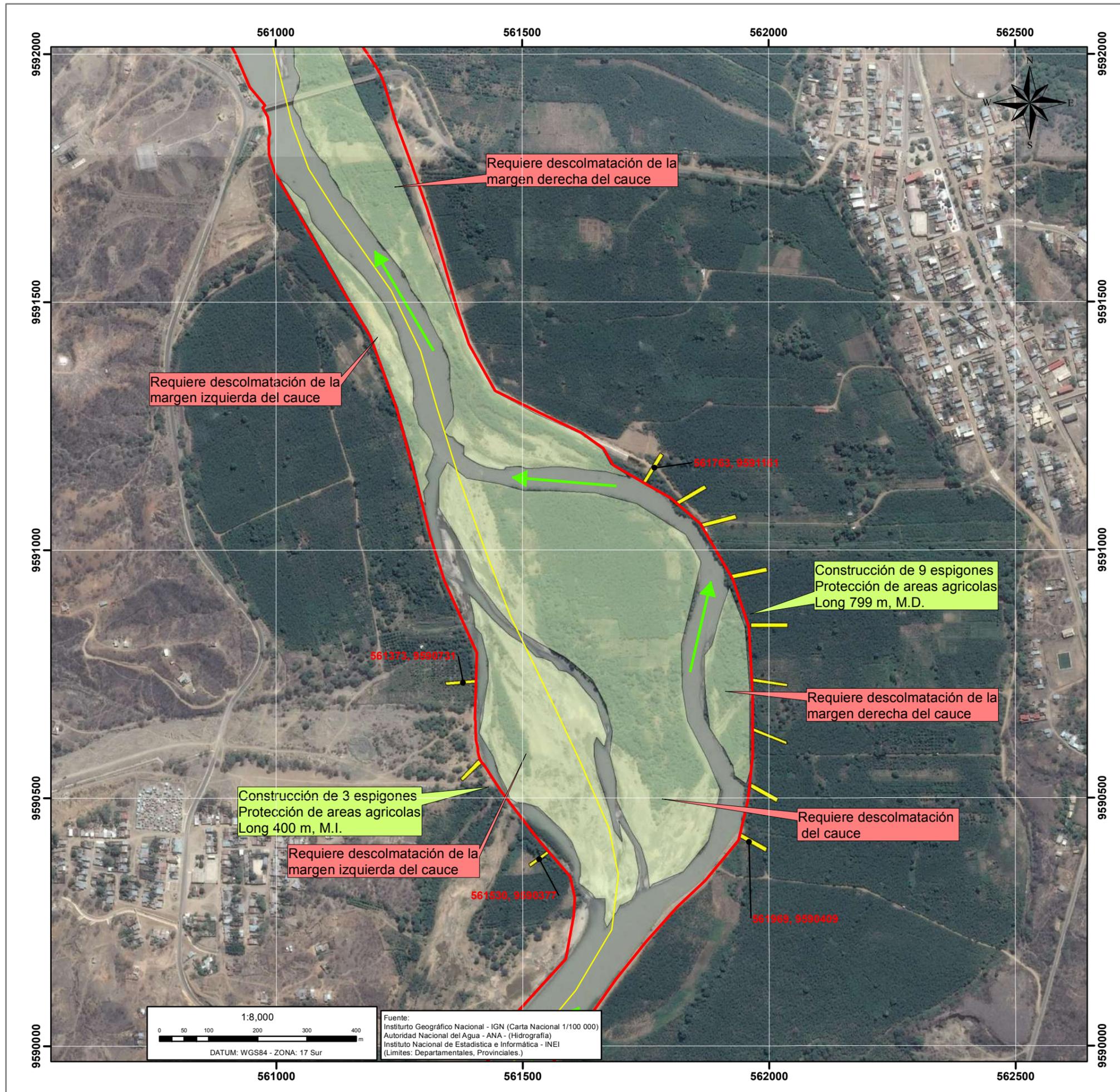
REPUBLICA DEL PERU  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS  
 HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES



**ESTUDIO :**  
**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: TUMBES	Provincia: TUMBES	Distrito: VARIOS	
SIG : Estud.	Elaborado : Estud.	Revisado : Ing.	Aprobado : Ing.
E. Lacho		C. Perleche	
E. Lacho		T. Alfaro A.	
Escala : 1 / 8,000			MAPA: <b>16</b>
Fecha : Abril 2015			

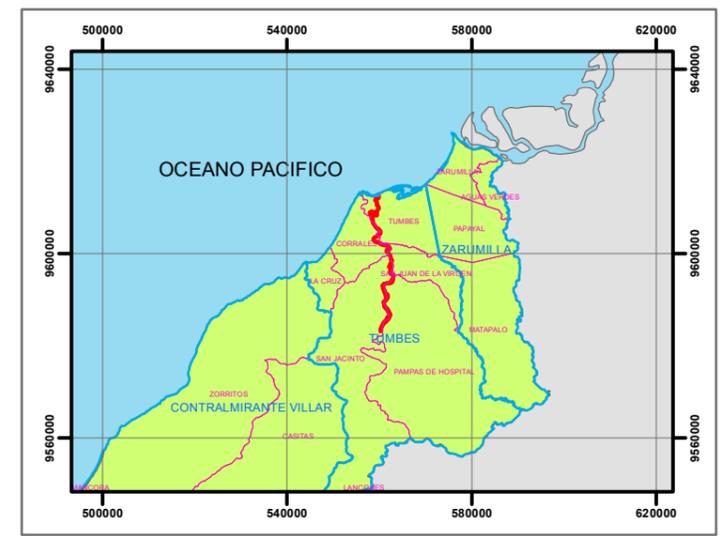
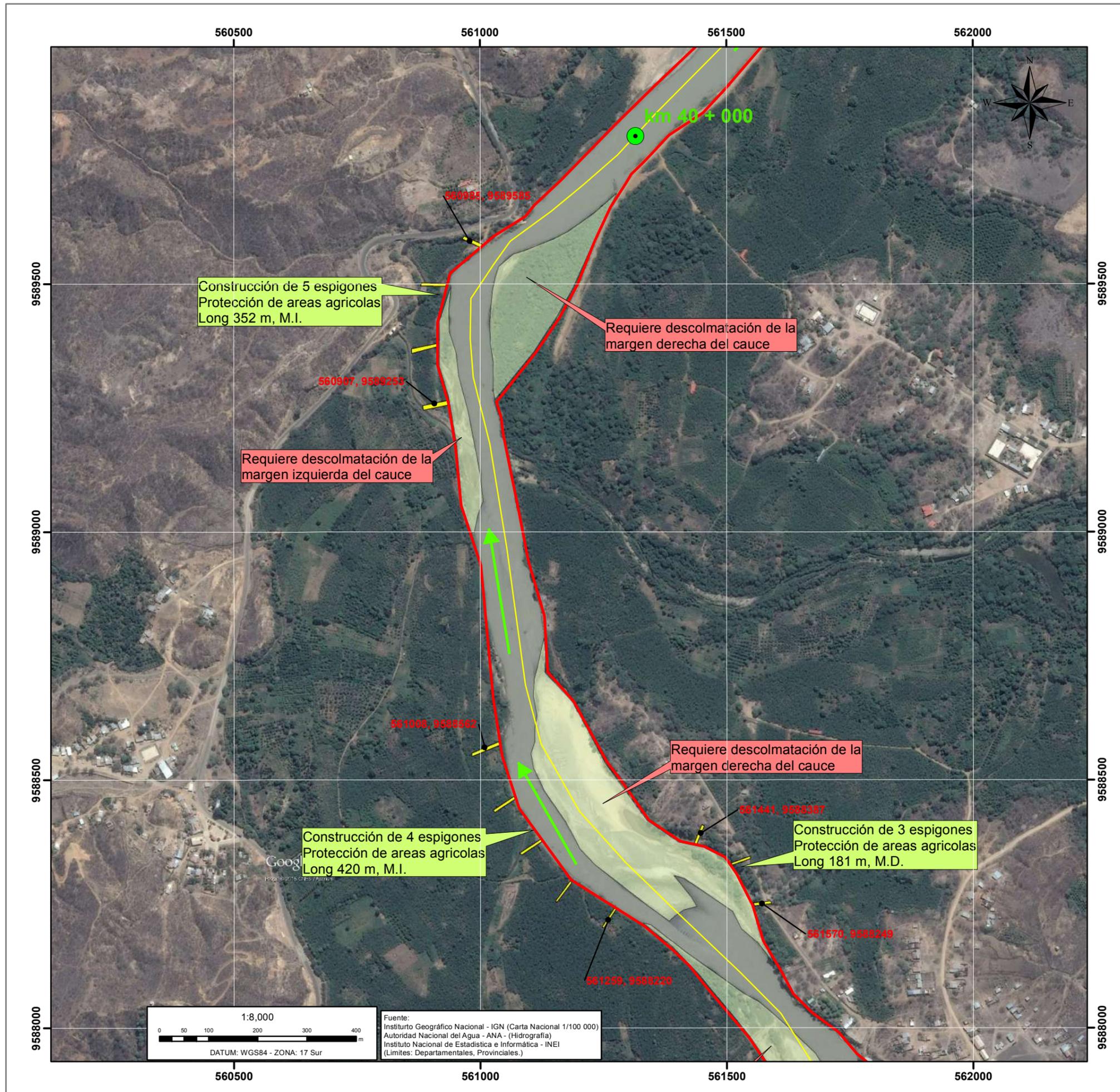


REPUBLICA DEL PERU  
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA  
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS  
HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES

ESTUDIO:  
**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: TUMBES	Provincia: TUMBES	Distrito: VARIOS
SIG: Estud.	Elaborado: Estud.	Revisado: Ing.
E. Lacho	E. Lacho	C. Perleche
Aprobado: Ing.		MAPA:
Escala: 1 / 8,000		Fecha: Abril 2015
T. Alfaro A.		<b>17</b>



**Legenda**

- Delim. cauce
- Espigones
- Depositos
- Eje del río
- ◀ Progresivas
- ▶ Flujo



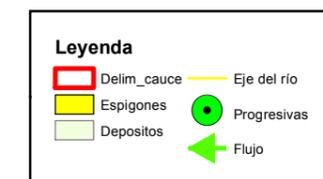
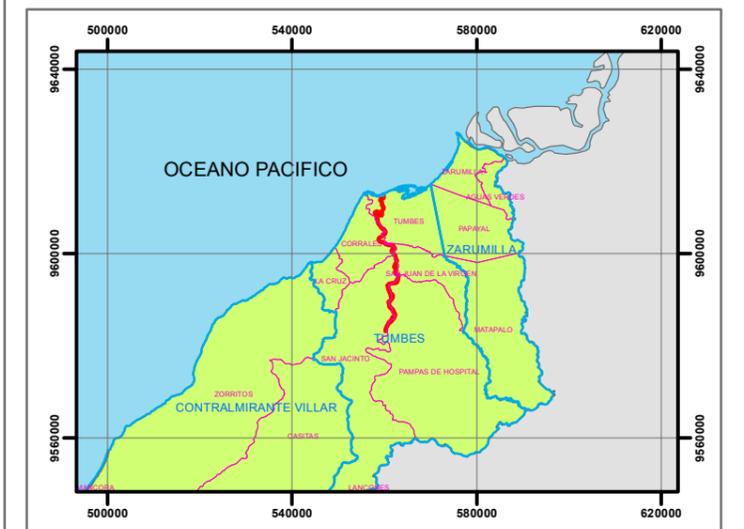
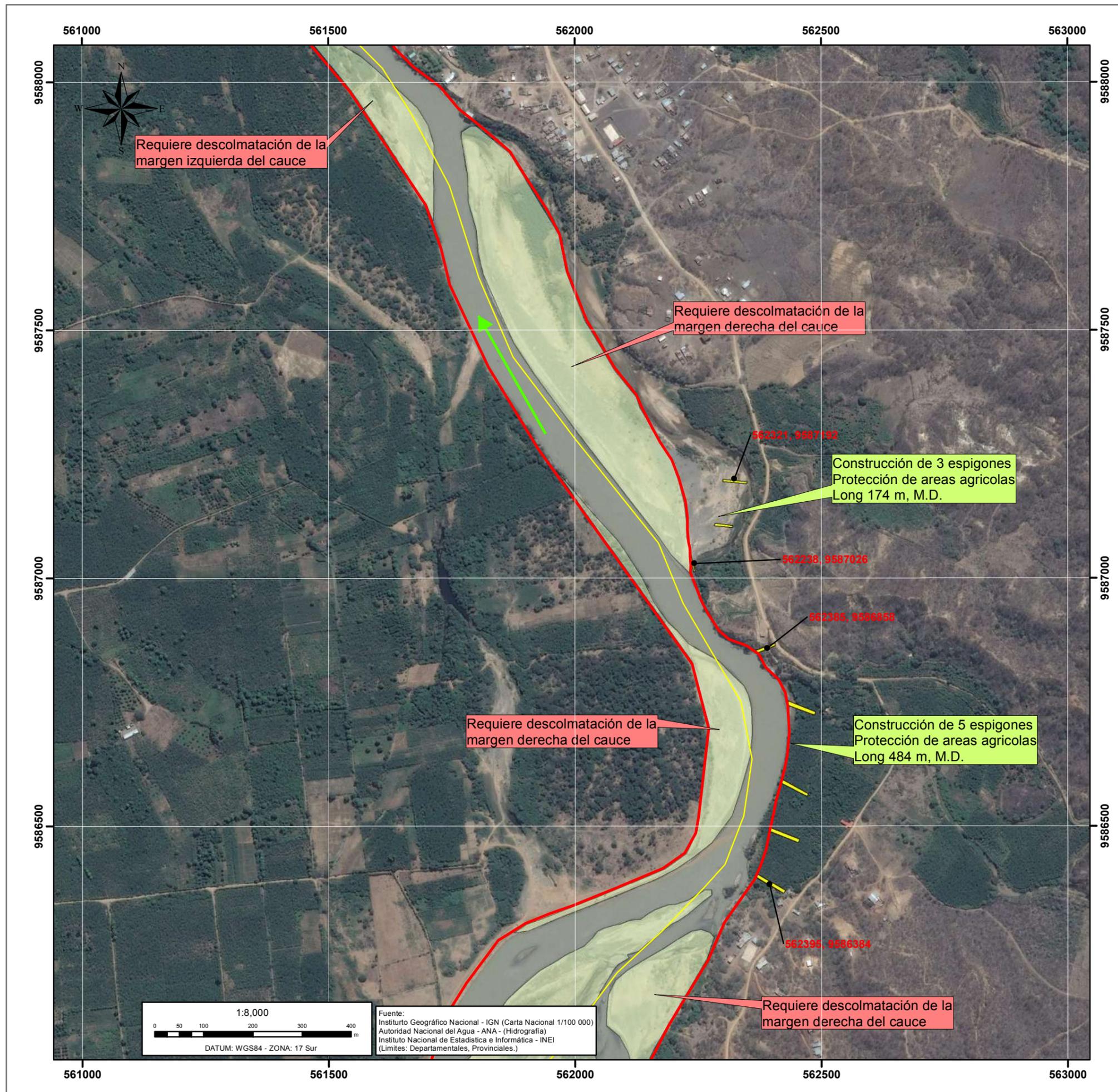
REPUBLICA DEL PERU  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS  
 HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES



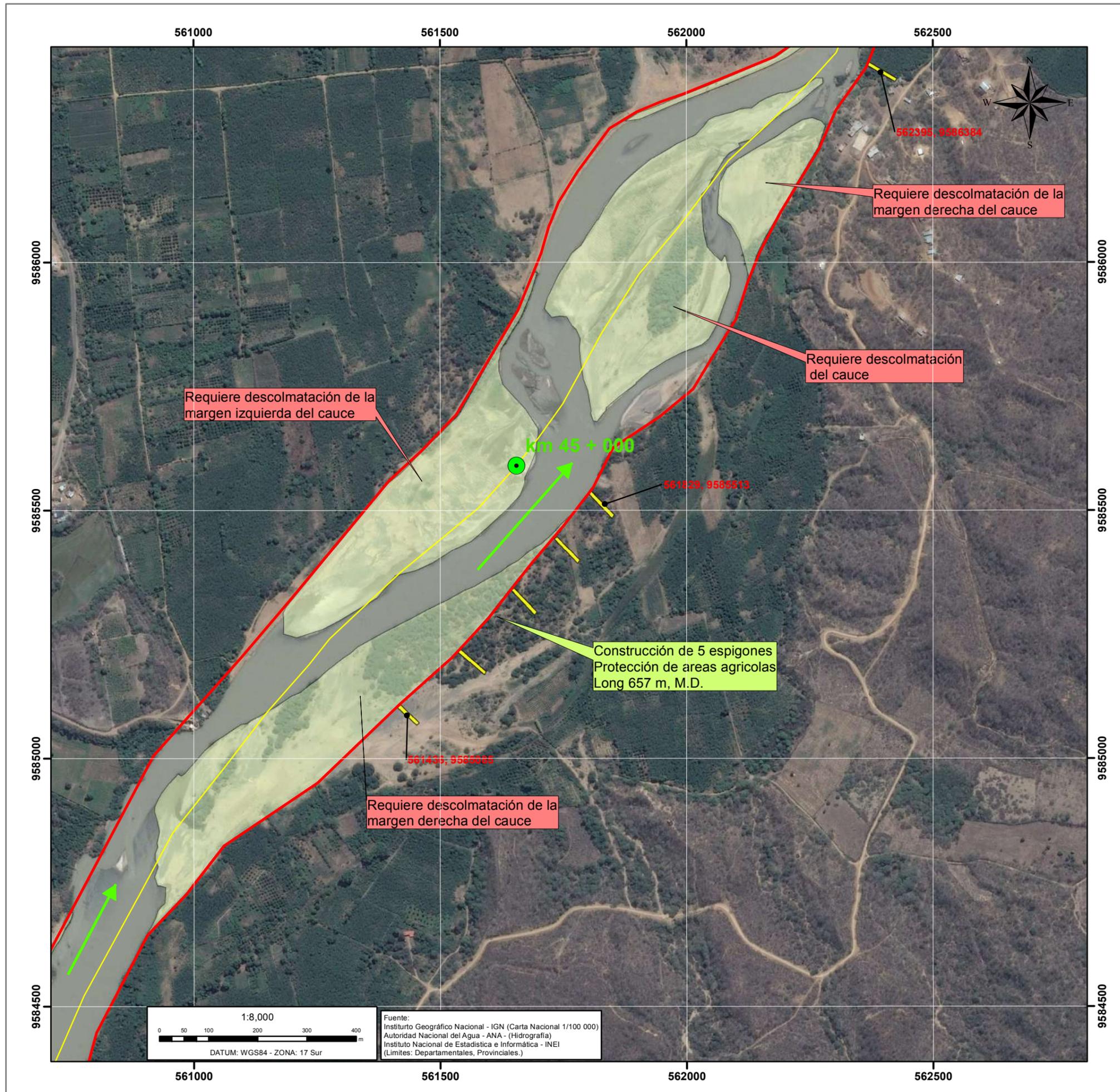
**ESTUDIO :**  
**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: TUMBES	Provincia: TUMBES	Distrito: VARIOS	
SIG : Estud.	Elaborado : Estud.	Revisado : Ing.	Aprobado : Ing.
Escala : 1 / 8,000		MAPA:	
E. Lacho		Fecha : Abril 2015	
		18	



 <p>MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO</p>	<p>REPUBLICA DEL PERU</p> <p>MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO</p> <p>AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA</p> <p>DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS</p> <p>HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES</p>		 <p>Autoridad Nacional del Agua</p>
	<p>ESTUDIO:</p> <p><b>"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"</b></p>		
<p><b>Mapa del Río Tumbes</b></p>			
Departamento: TUMBES	Provincia: TUMBES	Distrito: VARIOS	
SIG: Estud.	Elaborado: Estud.	Revisado: Ing.	Aprobado: Ing.
E. Lacho	E. Lacho	C. Perleche	T. Alfaro A.
Escala: 1 / 8,000			MAPA:
Fecha: Abril 2015			<b>19</b>



Requiere descolmatación de la margen izquierda del cauce

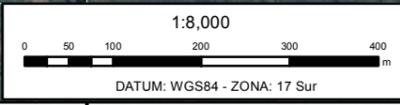
Requiere descolmatación de la margen derecha del cauce

Requiere descolmatación del cauce

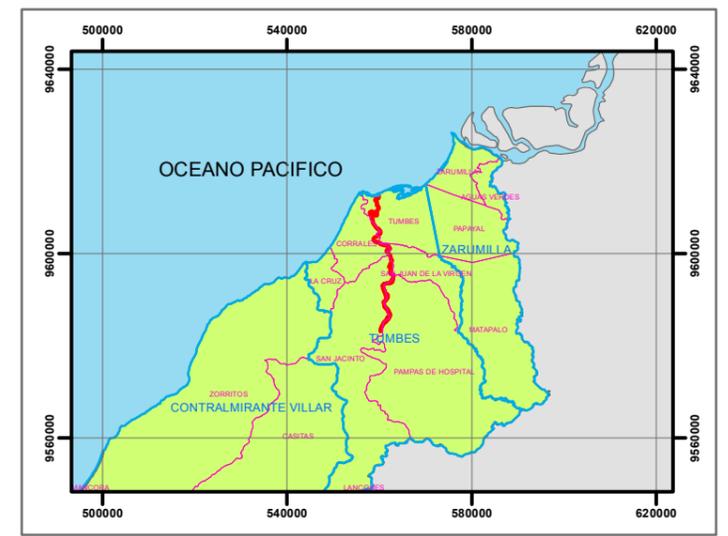
km 45 + 000

Construcción de 5 espigones  
Protección de áreas agrícolas  
Long 657 m, M.D.

Requiere descolmatación de la margen derecha del cauce



Fuente:  
Instituto Geográfico Nacional - IGN (Carta Nacional 1/100 000)  
Autoridad Nacional del Agua - ANA - (Hidrografía)  
Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI  
(Límites: Departamentales, Provinciales.)





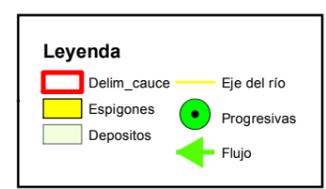
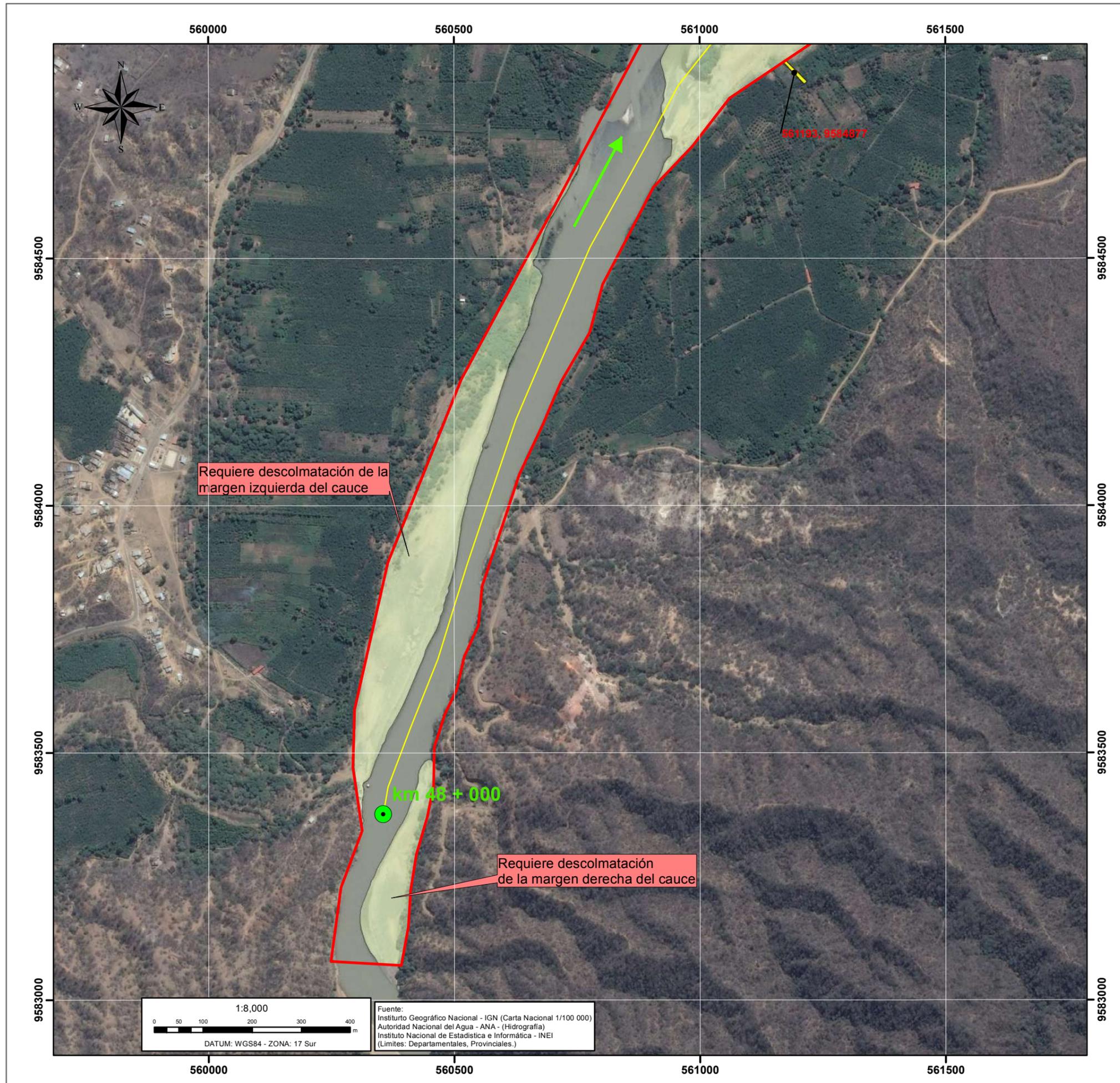
REPUBLICA DEL PERU  
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO  
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA  
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS  
HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES



ESTUDIO:  
**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: <b>TUMBES</b>	Provincia: <b>TUMBES</b>	Distrito: <b>VARIOS</b>	
SIG: Estud.	Elaborado: Estud.	Revisado: Ing.	Aprobado: Ing.
Escala: 1 / 8,000		MAPA:	
E. Lacho		Fecha: Abril 2015	
		<b>20</b>	





REPUBLICA DEL PERU

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS

HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES



ESTUDIO:

**"TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RÍO TUMBES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES"**

**Mapa del Río Tumbes**

Departamento: TUMBES	Provincia: TUMBES	Distrito: VARIOS	
SIG: Estud.	Elaborado: Estud.	Revisado: Ing.	Aprobado: Ing.
E. Lacho	E. Lacho	C. Perleche	T. Alfaro A.
Escala: 1 / 8,000			MAPA:
Fecha: Abril 2015			<b>21</b>

## **CARACTERISTICAS BASICAS DE LOS GEOTUBOS**

## **Características de los Geotubos\***

El Geotubo es una estructura de nueva generación hecha de geotextiles de alta resistencia (físico-químico-mecánicas) lo que lo diferencia de elementos estructurales hidráulicos convencionales, utilizados a la fecha para el mismo fin.

El geotubo confina suelo del lugar inyectado con la ayuda de equipo mecánico o en forma manual y está diseñado especialmente para proteger las zonas vulnerables de las riberas en los ríos, lagos, presas, etc.

Los geotextiles actúan como una envoltura muy resistente, que protege el núcleo del tubo que forma, el cual está compuesto de material propio del lugar que está confinado dentro del tubo. Este material de relleno actúa como una gran masa que da solidez a la estructura total.

El hecho de utilizar material del sitio (propio) reduce notablemente el costo resultante total, debido a que la movilización de recursos humanos y materiales se reduce al mínimo, es decir es una estructura de bajo costo (30 a 35% más económico) y alto rendimiento, en comparación con estructuras de materiales tradicionales como enrocados o espigones.

Presentan una alta resistencia a:

- ✓ La abrasión, rasgado y punzonamiento.
- ✓ Los rayos ultravioleta que le otorga una larga vida útil, aun en un ambiente agresivo.
- ✓ Capacidad de integración al sistema ecológico natural del medio ambiente.

## **Aplicación de los geotubos para defensas ribereñas**

La estructura es de naturaleza de gravedad, la cual basa en su peso el nivel de estabilidad contra efectos hidrodinámicos del flujo de un río, así como posibles empujes de suelos y cargas estáticas.

Su gran área de apoyo en el terreno reduce ampliamente la presión transmitida al terreno, lo que es muy adecuado para una estructura de naturaleza superficial.

Debido a esto, la colocación se realiza mediante la excavación mínima de 0.30 m sobre el terreno natural, el cual previamente debe haber sido limpiado y nivelado.

El geotubo confina el material del cual está lleno, lo que, además lo convierte en una estructura de suficiente rigidez ante impactos, pero permanece flexible para adaptarse a configuraciones diversas de superficie.

---

• La información que se presenta, con excepción del diseño de la defensa ribereña a base de geotubos, ha sido obtenida del documento "Proyecto Integral de Defensas Ribereñas del Río Tumbes" - Proyecto PNUD-Gobierno PER 98/018.CTAR TUMBES.

## **Componentes de la estructura de geotubos**

### **A.- El Geotubo:**

El cuerpo que alojara el mayor volumen de material inyectado, hecho de Geotextil tejido, de alta resistencia, lo que significa que pueden resistir tracciones por metro lineal de ancho superiores a los 70 KN/m a una prolongación máxima del 15%.

Adicionalmente tiene una resistencia elevada al punzonamiento, al rasgado, a la aplicación de presiones y una elevada resistencia a los rayos ultravioleta y suele ser de polipropileno o poliéster.

### **B.- Las Bocas**

Son estructuras de forma cilíndrica, hechas del mismo Geotextil del geotubo de diámetro aprox. De 0.30 – 0.50 m y colocadas a distancias adecuadas (cada 5 metros) en la parte superior del tubo. Sirven para inyectar material de llenado con presión (uso de bomba).

### **C.- La Pantalla Antisocavantes**

Es un manto de Geotextil de alto módulo de polipropileno y tiene como objetivo controlar la socavación del río, al ser una lámina delgada y con la suficiente abertura de poros que permiten acomodarse al fondo del lecho, asegurando de este modo la base máxima del geotubo ante cualquier problema de apoyo.

Adicionalmente, la pantalla antisocavante cumple un fin durante el llenado del geotubo, al evitar la fuga de material de la base en todo su ancho, debido al exceso del flujo líquido que es abundante en las bocas del rebose.

### **C.- Los Lastres**

Son estructuras de forma cilíndrica con un diámetro aprox. De 0.30 m y colocadas a distancia adecuadas en la parte extrema de la pantalla antisocavante.

Como su nombre lo indica sirven como peso que permite en su estado inicial, y en la época de avenidas, asegurar la ubicación correcta de la pantalla antisocavante en el lecho.

Generalmente por practicidad de llenado van alternados a 1.00 m de distancia y también pueden ser llenados de modo continuo.

## **Llenado del Geotubo**

El llenado del geotubo es realizado con equipo del tipo hidroneumático, lo que indica el uso de bombas de gran desempeño, la misma que tiene como requerimientos los siguientes:

Potencia de aprox. 150 HP a 200 HP.

Diámetro de 8" a 10"

Flujo típico entre 200 a 250 lt/s (operación continua)

Carga máxima de 30 m

Tamaño máximo de sólidos esféricos de 6"

Adicionalmente se requiere de accesorios como tubos, mangas, cabos de nylon, etc.

La cuadrilla consiste en 05 personas: 1 capataz + 1 operador + 3 peones

La Bomba debe sostenerse con un cargador frontal para una adecuada maniobrabilidad.

Se debe abrir una boca y conectar con mangas a la bomba, dejar abiertas las finales, ya que internamente se producen presiones que deben de ser aliviadas para no exceder el límite de las costuras y del material del cual está hecho el geotubo.

Las bocas se van cerrando y abriendo según el avance del llenado.

Con estas características esbozadas se debe alcanzar un avance de 15.00 a 20.00 m por día de un geotubo de 9.14 m de perímetro lo que indica llenar 8.50 m<sup>3</sup> por metro lineal de defensa.

## **Vida útil de los geotubos**

La resistencia a los rayos ultravioletas es suficiente para tener una estructura de 15 a 20 años de vida útil en exposición directa.

Si se desea un mayor periodo de vida útil es necesario una cobertura necesaria con material, que posibilite la revegetación a la vez que se evita los problemas de vandalismo.

Las plantas adecuadas para la cobertura deben ajustarse al criterio de tener las plantas de mayor crecimiento radicular en la parte del talud y, las plantas de menor crecimiento radicular en la parte superior.

A continuación se presenta una alternativa de solución de una defensa ribereña a base de geotubos.