



INFORME DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES ORIGINADOS POR FENÓMENOS NATURALES

IOARR: "REPARACIÓN DE BOCATOMA Y CANAL; EN EL(LA) SISTEMA DE RIEGO EMBUDO EXLEMBUR DISTRITO DE SAN ANTONIO, PROVINCIA MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO MOQUEGUA

SEPTIEMBRE 2025

CONTENIDO

1. PRESENTACION	6
2. INTRODUCCION.....	7
3. OBJETIVOS	8
3.1 Objetivo general	8
3.2 Objetivo específico	8
4. FINALIDAD.....	8
5. JUSTIFICACIÓN	8
6. MARCO NORMATIVO	9
7. INFORMACIÓN GENERAL.....	10
7.1 Características del Área de Estudio	10
7.1.1 Ubicación Geográfica	10
7.1.2 Accesibilidad	12
7.1.3 Descripción del clima local	13
7.1.4 Antecedentes de Eventos	13
7.2 Población y medios de vida	14
7.2.1 Población.....	14
7.2.2 Actividades Económicas	16
7.3 Vivienda, infraestructura y servicios.....	19
7.3.1 Viviendas.....	19
7.3.2 Servicios de Saneamiento.....	22
7.3.3 Infraestructura	23
7.4 CONDICIONES FISICAS DEL TERRITORIO.....	25
7.4.1 Base topográfica	25
7.4.2 Pendientes de terreno	26
7.4.3 Unidades geológicas	27
7.4.4 Unidades geomorfológicas.....	28
7.4.5 Altura de inundación para PR=100 años	29
7.4.6 Velocidad máxima para PR=100 años	30
7.4.7 Clasificación de suelos según SUCS	31
8. ESTIMACIÓN DEL PELIGRO	33
8.1 metodología para la determinación del peligro	33
8.2 Identificación del área de influencia	35
8.2.1 Área de influencia por peligro de inundación fluvial	35
8.2.2 Área de influencia por peligro de sismo	36
8.3 Recopilación y análisis de información	38
8.3.1 Información de emergencias históricas (INDECI)	38
8.3.2 Información geoespacial del SIGRID	40
8.3.3 Evidencias identificadas en campo	45
8.3.4 Información de noticias y antecedentes locales	47
8.3.5 Análisis integral de la información	48
8.4 Determinación del nivel de Peligro ante sismos	50
8.4.1 Preselección de las zonas.....	50
8.4.2 Identificación y Caracterización del Peligro – Sismos.....	50
8.5 Determinación del nivel de Peligro ante Vulcanismo	60
8.5.1 Preselección de las zonas.....	60
8.5.2 Identificación y Caracterización del peligro – Vulcanismo	60
8.6 Determinación del Nivel de peligro antes Flujo de detritos	61
8.6.1 Preselección de las zonas.....	61
8.6.2 Identificación y Caracterización del Peligro – Flujo de Detritos	61

8.7 Determinación del nivel de Peligro ante movimiento de masa	61
8.7.1 Preselección de las zonas.....	61
8.8.2 Identificación y caracterización del Peligro – Movimiento de masa	62
8.8 Determinación del Nivel de Peligro antes Inundación Fluvial	62
8.8.1 Preselección de las zonas.....	62
8.8.2 Identificación y caracterización del Peligro – Inundación Fluvial	63
9. ELEMENTOS EXPUESTOS.....	73
9.1 Delimitación de elementos expuestos.....	73
10. ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....	75
10.1 Análisis de vulnerabilidad.....	75
10.2 Vulnerabilidad en la dimensión social	77
10.3 Vulnerabilidad en la dimensión económica.....	77
10.3.1 Exposición económica.....	77
10.3.2 Fragilidad económica	77
10.3.3 Resiliencia económica.....	78
10.4 Vulnerabilidad en la dimensión ambiental.....	79
10.4.1 Exposición ambiental	79
10.4.2 Fragilidad ambiental.....	79
10.4.3 Resiliencia ambiental	80
10.5 Estratificación de la vulnerabilidad.....	80
10.6 Niveles de vulnerabilidad	81
10.7 Mapa de vulnerabilidad	82
11. NIVEL DE RIESGO	83
11.1 Metodología para el cálculo del riesgo.....	83
11.2 Estimación del Nivel de Riesgo.....	83
11.2.1 Sismo	83
11.2.2 Vulcanismo.....	86
11.2.3 Flujo de Detritos	86
11.2.4 Movimiento en masa	87
11.2.5 Inundación Fluvial	87
11.3 Calculo de efecto probables (daños y pérdidas)	90
11.3.1 Calculo de efecto probables por sismo (daños y pérdidas)	90
11.3.2 Calculo de efecto probables por inundación fluvial (daños y pérdidas)	93
12. CONTROL DE RIESGO	95
12.1 Costo efectividad.....	95
12.2 Control de riesgos	95
12.2.1 Aceptabilidad o tolerancia de riesgo	95
13. CONCLUSIONES	99
13.1 Sismo	99
13.2 Vulcanismo.....	99
13.3 Flujo de Detritos	100
13.4 Movimiento en masa	100
13.5 Inundación Fluvial	100
14. RECOMENDACIONES.....	100
14.1 Recomendaciones no Estructurales	100
14.2 Recomendaciones Estructurales	101
14.2.1 Sismo	101
14.2.2 Vulcanismo	102
14.2.3 Flujo de Detritos	102
14.2.4 Movimiento en masa	102
14.2.5 Inundación Fluvial	102

15. BIBLIOGRAFÍA	103
16. PANEL FOTOGRÁFICO	105
17. PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO – SISMO	110
18. PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO – INUNDACIÓN FLUVIAL.....	132
19. MAPAS.....	146

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ruta de acceso a la zona de intervención del Proyecto	12
Tabla 2: Antecedentes históricos de sismos relevantes en Moquegua y el sur del Perú	14
Tabla 3: Población censada, según sexo	14
Tabla 4: Población censada, por grupos de edad.....	15
Tabla 5: Población censada, por afiliación a algún tipo de seguro de salud	15
Tabla 6: Nivel educativo alcanzado de población censada de 3 y más años de edad	16
Tabla 7: Población censada de 3 a 24 años de edad, por condición de alfabetismo	16
Tabla 8: Población censada económicamente activa de 14 y más años de edad.....	17
Tabla 9: Población censada económicamente activa de 14 y más años de edad, rama de actividad económica	18
Tabla 10: Viviendas particulares con ocupantes presentes, por material de construcción predominante en las paredes exteriores de las viviendas	19
Tabla 11: Viviendas particulares con ocupantes presentes, por material de construcción predominante en los techos de las viviendas.....	20
Tabla 12: Viviendas particulares con ocupantes presentes, por material de construcción predominante en los pisos de las viviendas.....	20
Tabla 13: Viviendas particulares con ocupantes presentes, por disp. de alumbrado eléctrico por red pública	21
Tabla 14: Total de hogares en viviendas particulares con ocupantes presentes, por tipo de energía o combustible que utilizan en el hogar para cocinar sus alimentos	21
Tabla 15: Viviendas particulares con ocupantes presentes, por tipo de procedencia del agua	22
Tabla 16: Viviendas particulares con ocupantes presentes, por empresa o entidad a la que pagan por el servicio de agua	23
Tabla 17: Viviendas particulares con ocupantes presentes, por disponibilidad de servicio higiénico en la vivienda ..	23
Tabla 18: Principales indicadores de brechas de infraestructura por sector – Moquegua	24
Tabla 19: Ubicación de calicatas	32
Tabla 20: Mapa de clasificación de suelos SUCS	33
Tabla 21: Flujograma para determinación del peligro	35
Tabla 22: Emergencias históricas registradas por INDECI en el área de análisis (2003–2018), con detalle de daños reportados	39
Tabla 23: Sistematización y análisis de emergencias históricas registradas por INDECI (2003–2018).....	39
Tabla 24: Peligros con mayor probabilidad y potencial de daño en la zona de intervención.....	48
Tabla 25: Caracterización de peligro por sismo	51
Tabla 26: Parámetro de evaluación – Magnitud de sismo	52
Tabla 27: Ponderación de factores condicionantes	53
Tabla 28: Factor condicionante - Tipo de suelo según SUCS	53
Tabla 29: Factor condicionante - Unidades geológicas	53
Tabla 30: Factor condicionante - Unidades geomorfológicas	53
Tabla 31: Factor desencadenante – Ruptura de placas	54
Tabla 32: Parámetro de evaluación y factor desencadenante	56
Tabla 33: Determinación del valor de los factores condicionantes	56
Tabla 34: Determinación de valor de susceptibilidad.....	56
Tabla 35: Determinación de los niveles de peligrosidad.....	57

Tabla 36: Valores de los niveles de peligro por sismo.....	57
Tabla 37: Estratificación de los niveles de peligrosidad por sismo	58
Tabla 38: Mapa de peligro por sismo	59
Tabla 39: Caracterización de peligro por inundación fluvial.....	64
Tabla 40: Parámetro de evaluación - altura de agua en zona inundable.....	65
Tabla 41: Factor desencadenante – Precipitación diaria (mm/24 horas).....	66
Tabla 42: Ponderación de factores condicionantes	66
Tabla 43: Factor condicionante - Pendientes de terreno	67
Tabla 44: Factor de condicionante - Unidades geológicas	67
Tabla 45: Factor condicionante - Unidades geomorfológicas	68
Tabla 46: Parámetro de evaluación y factor desencadenante (Inundación fluvial).....	69
Tabla 47: Determinación del valor de los factores condicionantes (inundación fluvial)	69
Tabla 48: Determinación de valor de susceptibilidad (Inundación fluvial)	69
Tabla 49: Determinación de los niveles de peligrosidad (inundación fluvial)	70
Tabla 50: Valores de los niveles de peligro por inundación fluvial	70
Tabla 51: Estratificación del Peligro por inundación fluvial	71
Tabla 52: Niveles de riesgo.....	84
Tabla 53: Estratificación del nivel de riesgo por sismo	84
Tabla 55: Matriz de riesgo.....	86
Tabla 56: Niveles de riesgo por peligro de inundación fluvial	87
Tabla 57: Estratificación del nivel de riesgo por inundación fluvial	88
Tabla 58: Matriz de riesgo por inundación fluvial.....	90
Tabla 59: Costo de daños probables	91
Tabla 60: Costo de pérdidas probables	91
Tabla 61: Costos adicionales probables	92
Tabla 62: Costos de rehabilitación probable	92
Tabla 63: Daños probables por inundación fluvial	93
Tabla 64: Pérdidas probables por inundación fluvial	94
Tabla 65: Costos adicionales probables por inundación fluvial	94
Tabla 66: Costos de rehabilitación probables por inundación fluvial	95
Tabla 67: Niveles de consecuencias.....	96
Tabla 68: Niveles de frecuencia de ocurrencia	96
Tabla 69: Matriz de consecuencias y daños	97
Tabla 70: Aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo.....	97
Tabla 71: Medidas cualitativas de consecuencia y daños	98
Tabla 72: Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo	98
Tabla 73: Nivel de priorización	99

INDICE DE FOTOS

Foto 1: Ubicación de la bocatoma proyectada en el río Moquegua.....	45
Foto 2: Ubicación de la bocatoma proyectada en el río Moquegua	46
Foto 3: Evidencia de infraestructura existente en la margen derecha del río Moquegua	46
Foto 4: Evidencia del cruce proyectado de la línea de conducción en zona próxima a puente y enrocado del MTC .	46
Foto 5: Evidencia de la línea de conducción proyectada paralela al cauce del río Moquegua	47
Foto 6: Puente Montalvo colapsado por el desborde del río Moquegua (2019)	47
Foto 7: Conducción provisional de agua mediante tubería de HDPE instalada en el cauce del río Moquegua, expuesta a afectación por crecidas.....	105
Foto 8: Vista aguas abajo del puente metálico tipo Bailey provisional en el sector Montalvo, donde se observa el cauce reducido con acumulación de sedimentos.	105

Foto 9: Construcción del nuevo puente vehicular en el sector Montalvo a cargo del MTC, con cimentaciones y estribos en ejecución	106
Foto 10: Zona de acceso vial antes del puente metálico provisional tipo Bailey, prevista para el tendido de la nueva línea de conducción	106
Foto 11: Área de terreno contigua al cauce del río en el sector Montalvo, destinada para el tendido de la nueva línea de conducción	107
Foto 12: Vista del enrocado con gaviones en el cauce del río, donde se ubica la captación provisional de agua ...	107
Foto 13: Se aprecia el canal de ingreso protegido con gaviones y la conducción temporal instalada en el cauce...	108
Foto 14: Tubería de HDPE instalada de forma provisional dentro del cauce del río Moquegua, utilizada para la conducción temporal de agua	108
Foto 15: Ubicación proyectada de la bocatoma en el río Moquegua, sector Montalvo	109
Foto 16: Muro de contención que protege el canal de ingreso en el sector Montalvo, donde actualmente llega la tubería de HDPE provisional instalada por el cauce.....	109

INDICE DE MAPAS

Mapa 1: Ubicación política	11
Mapa 2: Ubicación de la zona de estudio	11
Mapa 3: Ruta de acceso a la zona de intervención del Proyecto	12
Mapa 4: Mapa topográfico	26
Mapa 5: Mapa de pendientes.....	27
Mapa 6: Mapa de unidades geológicas	28
Mapa 7: Mapa de unidades geomorfológicas	29
Mapa 8: Mapa de altura de inundación para un periodo de retorno de 100 años	30
Mapa 9: Velocidad máxima para PR=100 años.....	31
Mapa 10: Área de influencia por peligro de inundación fluvial.....	36
Mapa 11: Área de influencia del peligro por sismo según Intensidad Máximas periodo 1400-1900	37
Mapa 12: Área de influencia del peligro por sismo según Intensidad Máximas periodo 1900 - 1960	37
Mapa 13: Área de influencia del peligro por sismo según Intensidad Máximas periodo 1960-2014	37
Mapa 14: Área de intervención y radio de análisis para emergencias históricas (INDECI)	38
Mapa 15: Peligro por inundación fluvial en el área de intervención (SIGRID)	41
Mapa 16: Peligro por movimientos en masa en el área de intervención (SIGRID).....	41
Mapa 17: Intensidad sísmica histórica en el área de intervención (SIGRID)	42
Mapa 18: Peligro volcánico en el área de intervención (SIGRID)	43
Mapa 19: Susceptibilidad a heladas en el área de intervención (SIGRID)	43
Mapa 20: Peligro por lluvias intensas en el área de intervención (SIGRID)	44
Mapa 21: Movimientos en masa asociados a lluvias fuertes en el área de intervención (SIGRID)	45
Mapa 22: Mapa de peligro por inundación fluvial.....	72
Mapa 23: Mapa de elementos expuestos	74
Mapa 24: Análisis de vulnerabilidad.....	76
Mapa 25: Exposición económica - Porcentaje del costo de reposición del Proyecto	77
Mapa 26: Fragilidad económica - Material y configuración constructiva del activo	78
Mapa 27: Resiliencia económica - Capacidad de recuperación y continuidad del servicio	79
Mapa 28: Exposición ambiental - Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado.....	79
Mapa 29: Fragilidad ambiental - Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación.....	80
Mapa 30: Resiliencia ambiental - Amortiguación natural frente a crecidas	80
Mapa 31: Estratificación de la vulnerabilidad.....	81
Mapa 32: Niveles de vulnerabilidad	81
Mapa 33: Mapa de vulnerabilidad	82
Mapa 34: Mapa de riesgo por sismo.....	85
Mapa 35: Mapa de riesgo por inundación fluvial.....	89

1. PRESENTACION

El presente Estudio de Evaluación del Riesgo se elabora para el proyecto "REPARACION DE BOCATOMA Y CANAL; EN EL(LA) SISTEMA DE RIEGO EMBUDO EXLEMBUR DISTRITO DE SAN ANTONIO, PROVINCIA MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO MOQUEGUA" (CUI 2690838). Su finalidad es brindar una base técnica, trazable y suficiente para la toma de decisiones de inversión, priorización de medidas de reducción del riesgo y aseguramiento de la continuidad del servicio de riego. El estudio se orienta a identificar, caracterizar y estimar el riesgo por los fenómenos de sismo e inundación fluvial, considerando los componentes de la intervención (bocatoma, canal de conducción por tramos, cruce de carretera y acueducto), así como su interacción con el cauce y el entorno inmediato.

La evaluación adopta los lineamientos metodológicos del SINAGERD y CENEPRED, integrando peligros, vulnerabilidad y exposición para obtener niveles de riesgo comparables y cartografiados. Se combinan análisis de campo y gabinete: levantamiento y revisión de información primaria (fotogrametría/topografía, progresivas de diseño, estudios geotécnicos con clasificación SUCS) y secundaria (cartografía geológica y geomorfológica, antecedentes hidrometeorológicos e hidrológicos). Con soporte SIG se generan y validan capas temáticas (curvas de nivel, pendientes, tipos de suelo, unidades geológicas y geomorfológicas) y resultados de modelamiento hidrológico-hidráulico que permiten estimar alturas de inundación y zonas potenciales de erosión/socavación.

Sobre esta base, el estudio produce: i) mapas de peligro por fenómeno, ii) análisis de vulnerabilidad en sus dimensiones económica y ambiental, iii) mapas de riesgo y su estratificación por niveles, iv) matriz de riesgo por componente y tramo, y v) escenarios de efectos probables (daños y pérdidas) coherentes con la magnitud de los eventos de referencia. Adicionalmente se formulan medidas de control del riesgo estructurales y no estructurales, lineamientos de operación y mantenimiento y recomendaciones para la gestión de la continuidad del servicio (derivaciones temporales, stocks críticos, protocolos de respuesta).

El ámbito espacial de análisis comprende el corredor del proyecto y su entorno inmediato, incluyendo la ribera y planicie de inundación adyacente, con énfasis en la bocatoma y tramos del canal que interactúan con el cauce y con la infraestructura vial. El horizonte temporal de evaluación se alinea con la vida útil de las estructuras proyectadas, incorporando criterios de desempeño ante eventos severos pero plausibles. Se trabaja con coordenadas UTM y proyección oficial utilizada en los insumos del proyecto, garantizando compatibilidad y reproducibilidad de resultados.

El estudio se articula con la normativa vigente en materia de gestión del riesgo de desastres, inversión pública y diseño de obras hidráulicas, y considera la coordinación con actores clave (unidad formuladora, unidad ejecutora, junta de usuarios y entidades sectoriales). Se explicitan los supuestos y limitaciones de la información (por ejemplo, resolución de modelos, escala de cartografía base, disponibilidad de series hidrometeorológicas) y se aplica el principio de prudencia para evitar subestimaciones del riesgo.

Con este documento se busca sustentar técnicamente la viabilidad y seguridad de la intervención, optimizando el diseño frente a amenazas predominantes, reduciendo la vulnerabilidad del sistema y garantizando la prestación del servicio de riego en condiciones de seguridad aceptable.

2. INTRODUCCION

La presente Introducción enmarca el Estudio de Evaluación del Riesgo del proyecto “REPARACION DE BOCATOMA Y CANAL; EN EL(LA) SISTEMA DE RIEGO EMBUDO EXLEMBUR DISTRITO DE SAN ANTONIO, PROVINCIA MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO MOQUEGUA” (CUI 2690838). El estudio tiene por finalidad sustentar, con base técnica y trazable, la toma de decisiones para reducir el riesgo de desastres y asegurar la continuidad del servicio de riego que atiende a unidades agrícolas del valle. En un contexto andino–costero con antecedentes de crecidas súbitas y sismicidad relevante, la evaluación del riesgo se vuelve requisito previo e insumo del diseño, programación y operación de las obras.

El análisis se centra en dos peligros principales: sismo e inundación fluvial/erosión asociada, por ser los de mayor probabilidad e impacto sobre la infraestructura hidráulica propuesta. En cada caso se caracterizan los escenarios de peligro, se estima la susceptibilidad del entorno (tipo de suelo SUCS, unidades geológicas y geomorfológicas, pendientes y dinámica fluvial) y se determina la vulnerabilidad del activo (bocatoma, canal por tramos, cruce de carretera y acueducto), priorizando las dimensiones económica y ambiental de acuerdo con el alcance del proyecto.

Metodológicamente, el trabajo se alinea con el SINAGERD y el Manual de Evaluación de Riesgos de CENEPRED, integrando cartografía temática, registros y modelos con herramientas SIG. Se emplean insumos primarios (fotogrametría y topografía del proyecto, progresivas de diseño, exploraciones geotécnicas y clasificación SUCS) y secundarios (cartas geológicas/geomorfológicas, antecedentes hidrometeorológicos e hidrológicos, normativa de diseño hidráulico). Con esta información se construyen superficies de pendiente y modelos hidrológico–hidráulicos para estimar alturas de inundación y zonas de socavación, y se elaboran mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo con rangos y criterios explícitos.

El ámbito espacial comprende el corredor de la intervención y su entorno inmediato, incluyendo ribera y planicie de inundación contigua; el horizonte temporal de referencia es la vida útil de las estructuras. El sistema de coordenadas se mantiene consistente con el del proyecto para garantizar interoperabilidad. Los resultados se presentan a escalas adecuadas para la toma de decisiones de ingeniería y gestión.

Como productos, el estudio entrega: i) diagnóstico de peligros y escenarios de daño, ii) evaluación y estratificación de la vulnerabilidad del activo por componente y tramo, iii) niveles y mapas de riesgo, iv) matriz de riesgo y efectos probables (daños y pérdidas) por fenómeno, y v) medidas de control estructurales y no estructurales, incluyendo lineamientos de operación, mantenimiento, monitoreo y continuidad del servicio.

Se reconocen supuestos y limitaciones inherentes a la disponibilidad y resolución de datos (series hidrometeorológicas, escala de cartografía regional, número de exploraciones de suelo). Frente a dichas restricciones se aplica el principio de prudencia, evitando subestimaciones del riesgo y señalando oportunidades de mejora en la fase de diseño definitivo y en la operación.

El documento está dirigido a la unidad formuladora y ejecutora del proyecto, a la autoridad sectorial y a los usuarios del sistema de riego, de manera que cuenten con una base común para priorizar inversiones de reducción del riesgo, definir criterios de diseño y establecer protocolos de respuesta. La estructura del informe sigue el índice consensuado, iniciando con los aspectos generales y la caracterización del área, continuando con la determinación del peligro, el análisis de vulnerabilidad, el cálculo del riesgo y el planteamiento de medidas de control, y culminando con conclusiones, recomendaciones y anexos técnicos.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar y documentar el riesgo por sismo e inundación fluvial para la “Reparación de Bocatoma y Canal del Sistema de Riego Embudo Exlembur”, distrito de San Antonio, provincia Mariscal Nieto – Moquegua, con el fin de sustentar el diseño y la toma de decisiones del proyecto conforme a los lineamientos del SINAGERD/CENEPRED.

3.2 Objetivo específico

- Delimitar el área de influencia del proyecto y del peligro (bocatoma, canal y cruces: carretera y acueducto).
- Recopilar, validar y estandarizar la información base (fotogrametría/topografía, geotecnia–SUCS, geología y geomorfología, hidrología–hidráulica).
- Caracterizar el peligro sísmico y el peligro de inundación fluvial (parámetros, rangos y criterios de clasificación), y elaborar sus mapas temáticos.
- Analizar la vulnerabilidad del activo en las dimensiones económica (exposición, fragilidad y resiliencia de las obras) y ambiental (susceptibilidad del entorno y amortiguación natural).
- Estimar el nivel de riesgo por componente y por tramo (bocatoma, canal, cruce de carretera y acueducto) y estratificarlo en categorías (muy alto, alto, medio y bajo).
- Identificar los elementos expuestos y, cuando corresponda, estimar efectos probables (daños/pérdidas) para priorizar intervenciones.
- Proponer medidas de control del riesgo (estructurales y no estructurales) y lineamientos de operación y mantenimiento para asegurar la continuidad del servicio de riego.
- Entregar productos cartográficos y tabulares (mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo; bases de datos y fichas técnicas) como insumo para la gestión del proyecto y su evaluación.

4. Finalidad

Establecer, con base técnica y trazable, el nivel de riesgo por sismo e inundación fluvial para la “Reparación de Bocatoma y Canal del Sistema de Riego Embudo Exlembur”, a fin de sustentar decisiones de diseño, priorización de medidas y gestión de la continuidad del servicio de riego. El estudio busca proveer a la entidad responsable de un insumo confiable para reducir vulnerabilidad y exposición, orientar medidas estructurales y no estructurales, y respaldar la viabilidad del proyecto conforme a los lineamientos del SINAGERD/CENEPRED y la normativa sectorial vigente.

5. Justificación

El ámbito del proyecto presenta sismicidad significativa y se ubica en planicie aluvial activa, condiciones que incrementan la probabilidad de socavación, licuefacción, deslizamientos de margen e inundaciones que pueden afectar la bocatoma, el canal y los cruces. La evaluación del riesgo es indispensable para evitar diseños subóptimos, optimizar la inversión pública y minimizar tiempos fuera de servicio que impactan directamente en la producción agropecuaria. Asimismo, el EVAR permite cumplir con los TDR y el marco del SINAGERD, documentar supuestos y limitaciones de información, y dejar establecidos criterios de desempeño y protocolos de respuesta que garanticen una operación segura y sostenible durante la vida útil de las obras.

6. Marco Normativo

Este estudio se sustenta en el siguiente marco legal y técnico –vigente a nivel nacional– que orienta la evaluación del peligro, la estimación de la vulnerabilidad y el diseño/operación de las obras hidráulicas del proyecto “Reparación de Bocatoma y Canal; en el(l a) Sistema de Riego Embudo Exlembur, distrito de San Antonio, provincia Mariscal Nieto, departamento Moquegua (CUI 2690838)”. Para cada norma se indica su alcance aplicable:

- Ley N.º 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).
Define principios, componentes y responsabilidades de los tres niveles de gobierno para prevenir y reducir el riesgo. Obliga a incorporar la GRD en los proyectos de inversión.
- Reglamento del SINAGERD (D.S. N.º 048-2011-PCM y modificatorias).
Desarrolla procesos, roles y articulación interinstitucional para la estimación del riesgo y la gestión correctiva, base metodológica del EVAR.
- Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (D.S. N.º 111-2012-PCM).
Establece lineamientos y objetivos nacionales; respalda la evaluación de peligros sísmicos e hidrometeorológicos en infraestructura hidráulica.
- Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres 2014–2021 (D.S. N.º 034-2014-PCM).
Instrumenta la PNRD y orienta la formulación de medidas de reducción del riesgo y preparación que se proponen para la bocatoma, canal y cruces.
- Manual de Evaluación de Riesgos – CENEPRED (versión vigente).
Marco metodológico para: identificación de peligros, análisis de susceptibilidad, parámetros de evaluación, estratificación de niveles de peligro y construcción del mapa de peligro.
- Guía para la Evaluación de los Efectos Probables frente al Impacto del Peligro – CENEPRED.
Lineamientos para estimar daños y pérdidas (efectos probables) y sustentar la matriz de riesgo y la priorización de medidas.
- Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones – Invierte.pe (TUO aprobado por D.S. N.º 284-2018-EF y normas complementarias).
Reglas para formular y sustentar inversiones públicas; exige integrar la GRD y utilizar el Formato 07-C para el EVAR en la fase correspondiente.
- Ley N.º 29338, Ley de Recursos Hídricos, y su Reglamento (D.S. N.º 001-2010-AG).
Marco para el uso, conservación y gestión de cuerpos de agua. Aplica a la delimitación de faja marginal, autorizaciones en cauce y riberas, servidumbres y seguridad de obras hidráulicas.
- Lineamientos y guías técnicas de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).
Criterios para: delimitación de faja marginal, diseño de defensas ribereñas, manejo de cauces, evaluación de socavación y autorizaciones para obras en riberas.

- Ley N.º 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), y su Reglamento (D.S. N.º 019-2009-MINAM).

Marco para la clasificación ambiental, medidas de manejo y control de impactos vinculados a intervención en cauces y áreas de servidumbre hidráulica.
- Manual de Carreteras – Hidrología, Hidráulica y Drenaje (MTC).

Criterios para estimación de caudales, socavación, obras de paso y protección de márgenes; aplicable a cruces y condicionantes hidráulicas del entorno vial.
- Ley N.º 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, y Ley N.º 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.

Determinan competencias para la provisión y mantenimiento de infraestructura de riego y la gestión del riesgo en el ámbito regional y local.
- Instrumentos de Gestión Territorial (Zonificación Ecológica y Económica – ZEE; Plan de Desarrollo Concertado – PDC; Plan de Acondicionamiento Territorial – PAT y PDU municipales, cuando corresponda).

Aportan restricciones y condicionantes de uso del suelo (franjas de protección, áreas agrícolas, cauces y zonas de riesgo).

Este marco asegura que el EVAR y las medidas de control del riesgo propuestas sean técnicamente consistentes y legalmente exigibles, y que el proyecto cumpla con los requisitos del MEF/Invierte.pe, CENEPRED y ANA, así como con los estándares estructurales del RNE y los criterios hidráulicos vigentes.

7. Información General

7.1 Características del Área de Estudio

7.1.1 Ubicación Geográfica

El proyecto “Reparación de Bocatoma y Canal del Sistema de Riego Embudo–Exlembur” se localiza en el departamento de Moquegua, provincia Mariscal Nieto, distrito de San Antonio. El área de intervención se emplaza en el valle del río Moquegua (cuenca Osmore–Ilo), en el sector Puente Montalvo–Embudo/Exlembur, contiguo a zonas agrícolas de riego.

- **Ámbito nacional y regional:** Sur del Perú, región Moquegua.
- **Ámbito provincial–distrital:** Provincia Mariscal Nieto, distrito San Antonio.
- **Sistema de riego:** Embudo–Exlembur (Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Moquegua).

Referencias espaciales

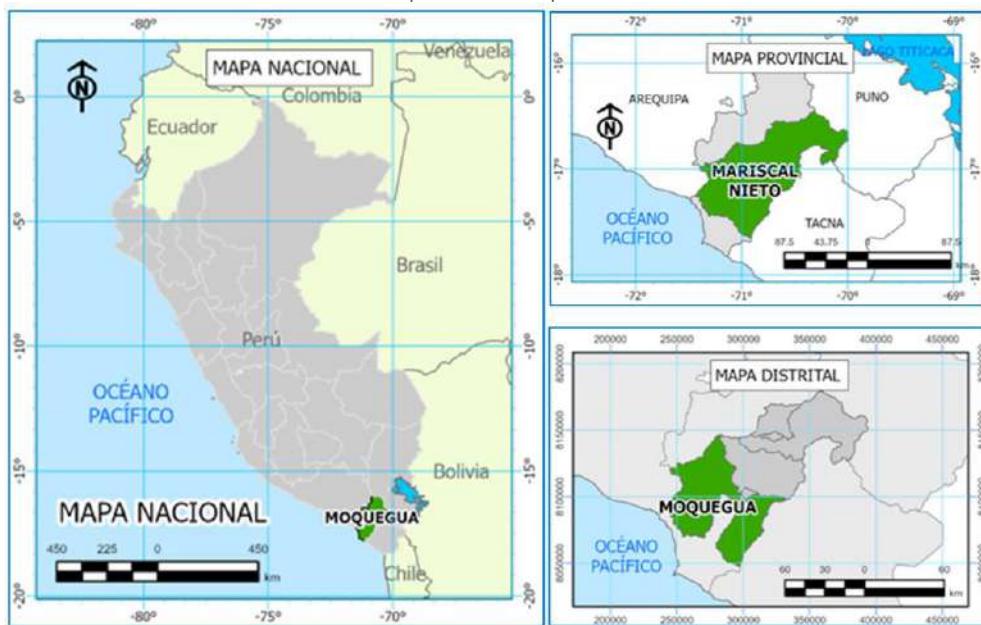
- **Sistema de coordenadas:** WGS-84, UTM zona 19S.
- Coordenadas aproximadas del polígono de intervención:

Este (E): 289,900 – 290,600 m;
 Norte (N): 8,095,100 – 8,096,100 m.
 (centroide ≈ E 290,200 m; N 8,095,600 m).

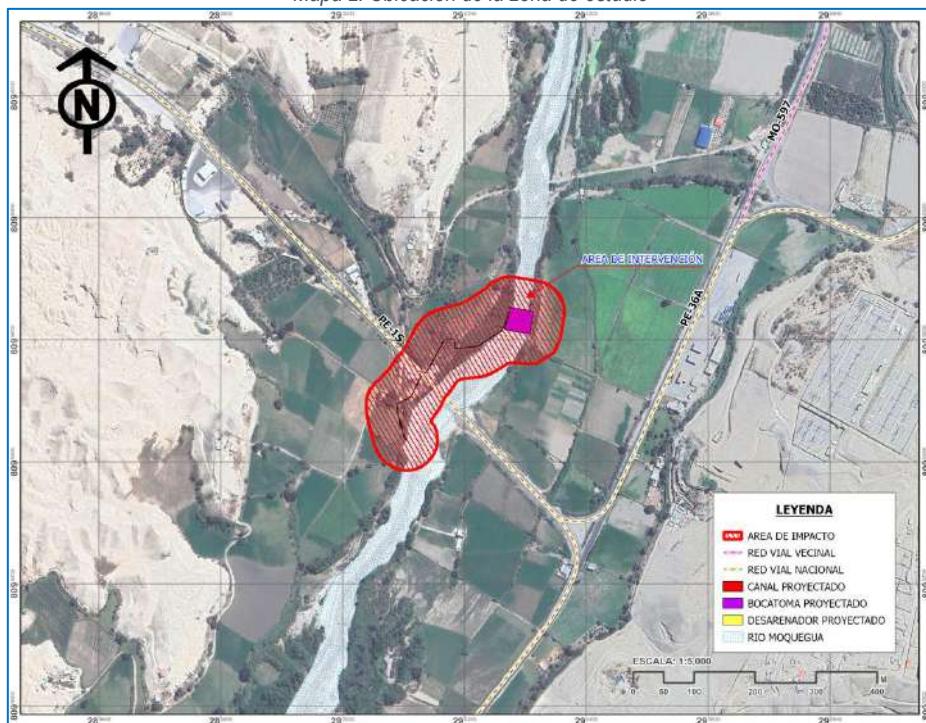
Límites referenciales del área de intervención

- Norte: cauce y barras aluviales del río Moquegua / terrenos agrícolas.
- Sur: valle del río y vías de acceso a la altura del Puente Montalvo.
- Este: parcelas de cultivo del sector Exlembur.
- Oeste: laderas bajas y conexión con la PE-1S (puente y estribos).

Mapa 1: Ubicación política



Mapa 2: Ubicación de la zona de estudio



7.1.2 Accesibilidad

El área de intervención se localiza en la margen del río Moquegua (sector Puente Montalvo – San Antonio) y cuenta con acceso vehicular permanente.

El ingreso principal se realiza desde la ciudad de Moquegua por la PE-1S – Interoceánica/Carretera Panamericana Sur, con desvío corto por camino vecinal hacia la ribera donde se emplazan la bocatoma, y el canal. La vía troncal está pavimentada y transitable todo el año; el último tramo (camino de servicio) es no pavimentado pero apto para camionetas y maquinaria ligera.

Durante episodios de avenidas del río, el tránsito en los caminos de ribera puede restringirse temporalmente, por lo que las labores se programarán en horario diurno y con señalización. Para el transporte de materiales y equipos se dispone de la PE-1S y del puente en ejecución/operación del MTC, que permiten el paso de camiones y maquinaria.

Opciones de llegada desde el centro de Moquegua (referencia: Calle Moquegua 499–401) al área del proyecto (PE-1S, sector Montalvo):

Tabla 1: Ruta de acceso a la zona de intervención del Proyecto

Ruta	Distancia (km)	Tiempo Estimado
Centro de Moquegua → Interoceánica Sur (PE-1S) → área del proyecto	6.5	14min

Fuente: Elaboración propia con base en medición digital

Condición de transitabilidad: buena en la vía nacional (pavimento); regular a buena en el acceso final no pavimentado (mantenimiento rutinario recomendado, especialmente en temporada de lluvias).

Mapa 3: Ruta de acceso a la zona de intervención del Proyecto



7.1.3 Descripción del clima local

El área de intervención se localiza en la ciudad de Moquegua, caracterizada por un clima cálido, templado y mayormente soleado, con una amplitud térmica moderada. Las temperaturas oscilan entre 25.8 °C y 11.3 °C, con una temperatura media anual cercana a los 25 °C, propias de un clima de región Yunga y del desierto subtropical. A lo largo del año se presentan días despejados, alta radiación solar y vientos frecuentes, mientras que durante las noches de los meses secos predominan condiciones frías y vientos helados.

De acuerdo con los registros históricos de la estación climatológica Moquegua – SENAMHI (código 343306), correspondientes al período 1931–2014, la precipitación total anual promedio es de 45.9 mm, lo que confirma las condiciones áridas del valle bajo de Moquegua. La distribución estacional de las lluvias es marcadamente concentrada: cerca del 96% del total anual ocurre entre enero y marzo, siendo febrero el mes más lluvioso, con una media mensual de 23.1 mm. Durante la mayor parte del año (abril a diciembre) la precipitación es prácticamente nula o marginal, sin incidencia significativa en los procesos hidrológicos.

El análisis de valores diarios revela la presencia de eventos extremos ocasionales, con registros de hasta 18.6 mm en 24 horas, además de varios episodios entre 10 y 15 mm. Estos se asocian generalmente a condiciones climáticas anómalas, particularmente durante la ocurrencia del Fenómeno El Niño, y representan el principal factor de riesgo hidrometeorológico en la zona.

En conjunto, estas condiciones definen a Moquegua como una zona de clima semiárido, con alta radiación solar durante todo el año y una marcada irregularidad en las precipitaciones, que obliga a depender de la regulación hídrica de la represa de Pasto Grande y de los afluentes locales para el desarrollo de actividades agrícolas y urbanas.

7.1.4 Antecedentes de Eventos

a) Inundaciones y procesos fluviales

- El Niño 1982–83 y 1997–98: desbordes, migración lateral del cauce y erosión de márgenes; evidencias de barras de grava recientes.
- Temporada 2017 (EN Costero): aumento de caudales y sedimentos; daños puntuales en riberas y necesidad de refuerzos.
- Evento 2019: colapso del Puente Montalvo por socavación/erosión en márgenes y estribos, con interrupción del tránsito y obras de emergencia (defensas y puente provisional). Confirma alta capacidad de socavación del río y la exposición de infraestructuras cercanas.
- Crecidas estacionales (enero–marzo, varios años): anegamientos dentro del cauce mayor, socavación localizada y colmatación; requiere mantenimiento periódico de obras hidráulicas.

b) Antecedentes sísmicos relevantes en Moquegua y el sur del Perú

Moquegua y el sur del Perú tienen sismicidad alta y recurrente, con eventos que van desde sismos locales hasta terremotos muy grandes (1868 ~Mw 9.0, 2001 Mw 8.4) e incluso tsunami.

Los daños típicos incluyen colapso de adobe/quincha, afectación de servicios e intensidades hasta VIII MMI; en 2018 (Mw 7.1) hubo grietas y caída de muros.

La recurrencia multidecadal indica peligro sísmico persistente, por lo que el diseño del sistema de riego debe priorizar ductilidad, confinamiento y planes de contingencia operativa.

Tabla 2: Antecedentes históricos de sismos relevantes en Moquegua y el sur del Perú

Fecha	Magnitud / Escala	Descripción	Daños en Moquegua y región sur
15 de enero de 1582	~8.0 Mw (estimado)	Primer gran terremoto registrado históricamente en la región sur.	Graves daños en templos e iglesias coloniales; destrucción parcial de viviendas en Moquegua.
13 de agosto de 1868	9.0 Mw (aprox.)	Gran terremoto con epicentro en la costa sur del Perú, seguido de un maremoto.	Destrucción generalizada en Moquegua y Tacna; severos daños en Ilo.
19 de julio de 1959	6.8 Mw (aprox.)	Sismo local con epicentro cercano a Moquegua.	Colapso de viviendas de adobe y afectación en áreas rurales y urbanas.
9 de mayo de 1970	7.9 Mw	Terremoto de Áncash, sentido con intensidad en el sur.	Daños moderados en viviendas antiguas de adobe en Moquegua.
23 de junio de 2001	8.4 Mw	Terremoto con epicentro en la costa de Arequipa. Uno de los más destructivos de la historia reciente del Perú.	Colapso de viviendas de adobe y quincha, daños en edificaciones patrimoniales y afectación de servicios básicos. Intensidad VII MMI.
14 de enero de 2018	7.1 Mw	Sismo con epicentro frente a la costa de Arequipa.	Grietas en viviendas, caída de muros de adobe y alarma general en la población.

Fuente: Elaboración propia con base en información del Instituto Geofísico del Perú (IGP)

7.2 Población y medios de vida

7.2.1 Población

Población censada, según sexo

En cuanto a la composición por sexo de la población del área de estudio, se observa una distribución demográfica equilibrada, con una ligera mayoría femenina. Esta estructura poblacional resulta relevante al considerar enfoques de atención diferenciada ante situaciones de emergencia, especialmente en lo que respecta a la planificación de medidas de prevención, evacuación o rehabilitación con enfoque de género.

Tabla 3: Población censada, según sexo

POBLACIÓN CENSADA, SEGÚN SEXO		
Descripción	Cantidad	%
Hombre	32,482	49.36%
Mujer	33,326	50.64%
Total	65,808	100.00%

Fuente: INEI (2017). Censo Nacional de Población y Vivienda

Población censada, por grupos de edad

La estructura etaria del distrito de Moquegua muestra una población predominantemente joven, concentrándose en los rangos de edad de 15 a 44 años, que en conjunto representan más del 47% del total

censado. Esta distribución sugiere una base demográfica activa, con potencial implicancia en términos de demanda futura de servicios urbanos.

Asimismo, se observa una presencia significativa de menores de edad, lo que resalta la importancia de garantizar servicios básicos adecuados como el saneamiento. Por otro lado, el grupo de personas adultas mayores (65 años a más) representa una proporción menor, aunque no despreciable, por lo que también debe considerarse en el diseño de estrategias de atención inclusivas ante eventuales emergencias.

Tabla 4: Población censada, por grupos de edad



Fuente: INEI (2017). Censo Nacional de Población y Vivienda

Población censada, por afiliación a algún tipo de seguro de salud

En términos de cobertura de salud, la mayoría de la población del distrito de Moquegua se encuentra afiliada al ESSALUD o al Seguro Integral de Salud (SIS), lo cual representa una cobertura pública combinada superior al 75%. Esta condición sugiere un acceso básico generalizado a servicios de salud, aunque con posibles diferencias en calidad y oportunidad de atención según el tipo de seguro.

Sin embargo, resalta que casi una quinta parte de la población (aprox. 20%) no cuenta con ningún tipo de seguro de salud, lo que podría representar un factor de vulnerabilidad en caso de emergencias sanitarias o desastres, especialmente si se consideran limitaciones económicas o de acceso territorial a los establecimientos de salud.

Tabla 5: Población censada, por afiliación a algún tipo de seguro de salud



Fuente: INEI (2017). Censo Nacional de Población y Vivienda

Nivel educativo alcanzado de población censada de 3 y más años de edad

La estructura educativa de la población del distrito de Moquegua muestra una predominancia de personas con educación secundaria como nivel máximo alcanzado (36.73%), seguida de un porcentaje considerable

con nivel primario (23.85%). Aunque más del 27% de la población ha accedido a estudios superiores (universitarios y no universitarios), completos o incompletos, este grupo aún es superado por quienes no han superado la educación básica.

Este perfil educativo indica una población con acceso generalizado a educación básica, pero con desafíos en el acceso o culminación de estudios superiores. Desde la perspectiva de gestión del riesgo, estos niveles de instrucción pueden influir en la capacidad de respuesta y comprensión de medidas de prevención, por lo que podrían considerarse en estrategias de comunicación y sensibilización en caso de emergencia o intervención social en el área del proyecto.

Tabla 6: Nivel educativo alcanzado de población censada de 3 y más años de edad

NIVEL EDUCATIVO ALCANZADO DE POBLACIÓN CENSADA DE 3 Y MÁS AÑOS DE EDAD		
Descripción	Cantidad	%
Sin nivel	2,878	5.43%
Inicial	3,111	5.87%
Primaria	12,651	23.85%
Secundaria	19,484	36.73%
Básica especial	99	0.19%
Sup. no univ. incompleta	3,435	6.48%
Sup. no univ. completa	6,555	12.36%
Sup. univ. incompleta	4,827	9.10%
Total	53,040	100.00%

Fuente: INEI (2017). Censo Nacional de Población y Vivienda

Población censada de 3 a 24 años de edad, por condición de alfabetismo

En el grupo etario de 3 a 24 años, se observa una alta tasa de alfabetismo en el distrito de Moquegua, con más del 91% de la población sabiendo leer y escribir. Sin embargo, aún persiste un 8.83% de personas en condición de analfabetismo, lo cual puede representar una barrera para el acceso a información clave en contextos de emergencia o implementación de proyectos públicos.

Este indicador, aunque positivo en términos generales, destaca la necesidad de estrategias de comunicación accesibles y adaptadas para garantizar la comprensión de mensajes preventivos o de evacuación en sectores vulnerables o con limitaciones educativas.

Tabla 7: Población censada de 3 a 24 años de edad, por condición de alfabetismo

POBLACIÓN CENSADA DE 3 A 24 AÑOS DE EDAD, POR CONDICIÓN DE ALFABETISMO		
Descripción	Cantidad	%
Sabe leer y escribir	55,748	91.17%
No sabe leer ni escribir	5,399	8.83%
Total	61,147	100.00%

Fuente: INEI (2017). Censo Nacional de Población y Vivienda

7.2.2 Actividades Económicas

Al igual que en el caso anterior, se ha tomado como fuente principal la información estadística distrital proporcionada por el INEI, correspondiente al último censo nacional disponible (2017). Aunque existen limitaciones para obtener indicadores económicos específicos del área de intervención, los datos del distrito

de Moquegua permiten identificar tendencias generales sobre condiciones laborales, niveles de ingresos y actividades predominantes, los cuales son útiles para contextualizar el entorno económico del proyecto.

Esta información no tiene un impacto directo sobre la evaluación de riesgo de la infraestructura, pero contribuye al análisis integral del territorio.

Población censada económicamente activa de 14 y más años de edad

La distribución de la población económicamente activa en el distrito de Moquegua revela una estructura ocupacional dominada por actividades del sector terciario, especialmente en los ámbitos de servicios, comercio y trabajos no calificados. Los trabajadores de servicios y vendedores de comercio (18.73%), junto con los peones, operarios de servicios generales y ocupaciones elementales (17.66%), constituyen los grupos más representativos, lo que sugiere una economía local fuertemente apoyada en actividades de atención directa, informalidad laboral y autoempleo.

Paralelamente, se registra una participación significativa de profesionales científicos e intelectuales (13.74%), así como de trabajadores en construcción, producción artesanal, electricidad y telecomunicaciones (10.91%), lo que evidencia un sector técnico-calificado que también forma parte activa del tejido productivo. Esta tendencia se ve reforzada por la presencia de profesionales técnicos (8.15%) y empleados administrativos (7.66%), configurando una base ocupacional heterogénea, donde conviven perfiles de alta especialización con actividades de baja calificación.

La proporción de personas desocupadas (8.10%), si bien no representa un nivel alarmante, constituye un dato importante para interpretar la dinámica del mercado laboral en el momento censal. En conjunto, estos indicadores permiten comprender las características del entorno económico y laboral en el que se desarrollará la infraestructura sanitaria proyectada, contribuyendo al entendimiento general del territorio sin constituir una evaluación directa de la vulnerabilidad.

Tabla 8: Población censada económicamente activa de 14 y más años de edad

POBLACIÓN CENSADA ECONÓMICAMENTE ACTIVA DE 14 Y MÁS AÑOS DE EDAD		
Descripción	Cantidad	%
Miembros p. ejec., leg., jud. y per. direc. de la adm. púb. y priv.	155	0.46%
Profesionales científicos e intelectuales	4,673	13.74%
Profesionales técnicos	2,771	8.15%
Jefes y empleados administrativos	2,605	7.66%
Trabaj. de serv. y vend. de comerc. y mcdo.	6,371	18.73%
Agricult. y trabaj. calific. agrop., forestales y pesqueros	1,667	4.90%
Trabaj. de la constr., edifi., prod. artesanales, electr. y las telecomur	3,713	10.91%
Operadores de maq. indust., ensambladores y conduct. de transp.	2,820	8.29%
Trabaj. no calif. serv., peón, vend. amb. y afines (Ocupac. element)	6,007	17.66%
Ocupaciones militares y policiales	480	1.41%
Desocupado	2,756	8.10%
Total	34,018	100.00%

Fuente: INEI (2017). Censo Nacional de Población y Vivienda

Población censada económicamente activa de 14 y más años de edad, rama de actividad económica

La población económicamente activa del distrito de Moquegua se concentra principalmente en el sector servicios y comercio, con alta participación en transporte y almacenamiento (18.01%), comercio (11.01%), y actividades vinculadas a alojamiento, enseñanza y servicios profesionales. Este perfil confirma una economía predominantemente urbana, con bajo peso de actividades industriales o extractivas.

Aunque la agricultura y las industrias manufactureras conservan cierta presencia, su participación es limitada, lo que refleja un entorno con baja dependencia de sectores primarios o productivos. Este panorama económico general contribuye a contextualizar la dinámica territorial donde se desarrollará la intervención en infraestructura sanitaria.

Tabla 9: Población censada económicamente activa de 14 y más años de edad, rama de actividad económica

POBLACIÓN CENSADA ECONÓMICAMENTE ACTIVA DE 14 Y MÁS AÑOS DE EDAD, RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA		
Descripción	Cantidad	%
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	2,891	8.50%
Explotación de minas y canteras	385	1.13%
Industrias manufactureras	1,561	4.59%
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	64	0.19%
Construcción	67	0.20%
Comerc., reparación de veh. autom. y motoc.	3,745	11.01%
Transporte y almacenamiento	6,125	18.01%
Transporte y almacenamiento	2,580	7.58%
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	2,293	6.74%
Información y comunicaciones	265	0.78%
Actividades financieras y de seguros	354	1.04%
Actividades inmobiliarias	24	0.07%
Actividades profesionales, científicas y técnicas	2,275	6.69%
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	1,141	3.35%
Adm. pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	2,559	7.52%
Enseñanza	2,371	6.97%
Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	1,087	3.20%
Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas	258	0.76%
Otras actividades de servicios	936	2.75%
Act. de los hogares como empleadores; act. no diferenciadas de los hogares	280	0.82%
Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	1	0.00%
Desocupado	2,756	8.10%
Total	34,018	100.00%

Fuente: INEI (2017). Censo Nacional de Población y Vivienda

7.3 Vivienda, infraestructura y servicios

7.3.1 Viviendas

Viviendas particulares con ocupantes presentes, por material de construcción predominante en las paredes exteriores de las viviendas

El material predominante en las paredes exteriores de las viviendas del distrito de Moquegua es el ladrillo o bloque de cemento (57.67%), lo que sugiere una relativa consolidación de la infraestructura habitacional. No obstante, un porcentaje importante de viviendas aún utiliza materiales considerados precarios o de menor resistencia estructural, como triplay, calamina, estera (16.78%), adobe (15.48%) y madera (9.10%). La presencia de estos materiales refleja posibles condiciones de vulnerabilidad estructural ante fenómenos naturales, especialmente frente a sismos o lluvias intensas que pueden generar deterioro progresivo o colapso. Esta información resulta relevante para evaluar el contexto físico y social en el que se implementará la infraestructura de saneamiento.

Tabla 10: *Viviendas particulares con ocupantes presentes, por material de construcción predominante en las paredes exteriores de las viviendas*

VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES DE LAS VIVIENDAS		
Descripción	Cantidad	%
Ladrillo o bloque de cemento	12,181	57.67%
Piedra o sillar con cal o cemento	34	0.16%
Adobe	3,270	15.48%
Tapia	9	0.04%
Quincha (caña con barro)	115	0.54%
Piedra con barro	45	0.21%
Madera (pona, tornillo, etc.)	1,923	9.10%
Triplay / calamina / estera	3,545	16.78%
Total	21,122	100.00%

Fuente: INEI (2017). Censo Nacional de Población y Vivienda

Viviendas particulares con ocupantes presentes, por material de construcción predominante en los techos de las viviendas

Respecto al material predominante en los techos de las viviendas, se observa que poco más de la mitad cuenta con cubiertas de concreto armado (50.98%), lo que indica un grado importante de consolidación estructural. Sin embargo, una proporción significativa de viviendas aún emplea materiales livianos o semi-resistentes, como planchas de calamina o fibra de cemento (38.98%), o materiales rústicos como triplay, estera, carizo o caña.

Estos datos aportan una visión general de las condiciones de edificación predominantes en el entorno del proyecto, lo que resulta útil para contextualizar los desafíos de intervención urbana, sin que ello implique una evaluación directa de la vulnerabilidad estructural de las viviendas en el área.

Tabla 11: Viviendas particulares con ocupantes presentes, por material de construcción predominante en los techos de las viviendas

VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTE EN LOS TECHOS DE LAS VIVIENDAS		
Descripción	Cantidad	%
Concreto armado	10,768	50.98%
Madera	349	1.65%
Tejas	102	0.48%
Planchas decalamina, fibrade cemento osimilares	8,234	38.98%
Caña o esteracon torta debarro ocemento	660	3.12%
Triplay / estera / carrizo	988	4.68%
Paja, hoja de palmera y similares	21	0.10%
Total	21,122	100.00%

Fuente: INEI (2017). Censo Nacional de Población y Vivienda

Viviendas particulares con ocupantes presentes, por material de construcción predominante en los pisos de las viviendas

En cuanto al material predominante en los pisos de las viviendas, se evidencia que más de la mitad cuenta con pisos de cemento (54.03%), lo que refleja un nivel básico de consolidación habitacional. Sin embargo, un 27.04% aún presenta pisos de tierra, lo que puede asociarse a condiciones precarias de vivienda, aunque este dato se presenta únicamente como contexto y no como indicador de vulnerabilidad.

El resto de viviendas muestra pisos con acabados cerámicos o similares (14.72%) y una mínima proporción con revestimientos más sofisticados o acabados intermedios. Esta información contribuye a comprender la diversidad constructiva en el entorno del proyecto, sin que ello implique inferencias directas sobre la exposición o riesgo de la infraestructura proyectada.

Tabla 12: Viviendas particulares con ocupantes presentes, por material de construcción predominante en los pisos de las viviendas

VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTE EN LOS PISOS DE LAS VIVIENDAS		
Descripción	Cantidad	%
Parquet o madera pulida	219	1.04%
Láminas astálticas, vinílicas o similares	571	2.70%
Losetas, terrazos, cerámicos o similares	3,110	14.72%
Madera (pona, tornillo, etc.)	99	0.47%
Cemento	11,412	54.03%
Tierra	5,711	27.04%
Otromaterial1/	0	0.00%
Total	21,122	100.00%

Fuente: INEI (2017). Censo Nacional de Población y Vivienda

Viviendas particulares con ocupantes presentes, por disponibilidad de alumbrado eléctrico por red pública

Respecto a la disponibilidad de alumbrado eléctrico, se observa que más del 90% de las viviendas cuentan con conexión a la red pública, lo cual refleja una alta cobertura de electrificación domiciliaria en el distrito de Moquegua. No obstante, un 9.34% aún carece de acceso formal a este servicio esencial, lo que podría estar vinculado a situaciones de ocupación informal o localizaciones periféricas con limitada infraestructura.

Aunque esta información no se utiliza como insumo para el análisis de vulnerabilidad de la infraestructura proyectada, contribuye a comprender el nivel de provisión de servicios básicos en el entorno urbano donde se implementará el proyecto de agua y saneamiento.

Tabla 13: *Viviendas particulares con ocupantes presentes, por disp. de alumbrado eléctrico por red pública*

VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR DISPONIBILIDAD DE ALUMBRADO ELÉCTRICO POR RED PÚBLICA		
Descripción	Cantidad	%
Si	19,150	90.66%
No	1,972	9.34%
Total	21,122	100.00%

Fuente: INEI (2017). Censo Nacional de Población y Vivienda

Total de hogares en viviendas particulares con ocupantes presentes, por tipo de energía o combustible que utilizan en el hogar para cocinar sus alimentos

Respecto al tipo de energía utilizada para cocinar, se evidencia que la gran mayoría de hogares (77.95%) utiliza gas licuado de petróleo (balón GLP), lo que refleja una amplia adopción de una fuente de energía relativamente limpia y eficiente. Sin embargo, un 14.98% aún utiliza leña, lo que puede estar asociado a prácticas tradicionales o limitaciones económicas.

Además, cerca del 3.77% de los hogares reporta no cocinar en su vivienda, lo cual podría reflejar patrones específicos de convivencia, condiciones precarias o falta de instalaciones adecuadas. Este indicador, aunque no forma parte del análisis de riesgo, contribuye a comprender el nivel de desarrollo de las condiciones de habitabilidad en el entorno urbano donde se desarrollará el proyecto de saneamiento.

Tabla 14: *Total de hogares en viviendas particulares con ocupantes presentes, por tipo de energía o combustible que utilizan en el hogar para cocinar sus alimentos*

TOTAL DE HOGARES EN VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR TIPO DE ENERGÍA O COMBUSTIBLE QUE UTILIZAN EN EL HOGAR PARA COCINAR SUS ALIMENTOS		
Descripción	Cantidad	%
Electricidad	684	2.75%
Gas(balón GLP)	19,380	77.95%
Carbón	121	0.49%
Leña	3,723	14.98%
Bosta, Estírcol	0	0.00%
Otros1/	16	0.06%
Nococinan	937	3.77%
Total	24,861	100.00%

Fuente: INEI (2017). Censo Nacional de Población y Vivienda

7.3.2 Servicios de Saneamiento

Viviendas particulares con ocupantes presentes, por tipo de procedencia del agua

En relación con el acceso al agua, se observa que la gran mayoría de viviendas en el distrito de Moquegua dispone de conexión directa a la red pública dentro de la vivienda (76.84%), lo cual evidencia un nivel relativamente alto de cobertura formal del servicio. No obstante, un porcentaje importante (15.01%) aún depende de pilones públicos, lo que indica cierta limitación en la cobertura domiciliaria.

Asimismo, existen grupos menores que obtienen agua de fuentes no convencionales o menos seguras, como camiones-cisterna, pozos, manantiales o cuerpos naturales de agua, lo cual pone en evidencia disparidades en el acceso al recurso hídrico dentro del territorio. Estos datos no son utilizados para evaluar vulnerabilidad, pero sí resultan útiles como referencia del contexto en el que se emplazará la infraestructura de saneamiento proyectada.

Tabla 15: Viviendas particulares con ocupantes presentes, por tipo de procedencia del agua

VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR TIPO DE PROCEDENCIA DEL AGUA		
Descripción	Cantidad	%
Red pública dentro de la vivienda	16,230	76.84%
Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación	803	3.80%
Pilón piletade uso público	3,170	15.01%
Camión-cisterna u otro similar	358	1.69%
Pozo	110	0.52%
Manantialo puquio	53	0.25%
Río,acequia,lago,laguna	200	0.95%
Otro1/	198	0.94%
Total	21,122	100.00%

Fuente: INEI (2017). Censo Nacional de Población y Vivienda

Viviendas particulares con ocupantes presentes, por empresa o entidad a la que pagan por el servicio de agua

En relación con el pago por el servicio de agua, se evidencia que la gran mayoría de viviendas (97.69%) lo realiza a través de una empresa prestadora de servicios (EPS, SEDA o EMAPA), lo que indica una fuerte dependencia del sistema formal de abastecimiento urbano. Este dato guarda coherencia con el alto porcentaje de viviendas conectadas a la red pública de agua, evidenciado en el cuadro anterior.

Solo un grupo reducido accede al servicio mediante camiones cisterna con pago directo (1.76%) o por intermediación de la municipalidad u otras formas no convencionales. Esta información refuerza la necesidad de fortalecer la infraestructura pública y su gestión sostenible, dado que la mayoría de hogares ya están integrados al sistema formal, escenario que favorece la implementación del proyecto de saneamiento.

Tabla 16: Viviendas particulares con ocupantes presentes, por empresa o entidad a la que pagan por el servicio de agua

VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR EMPRESA O ENTIDAD A LA QUE PAGAN POR EL SERVICIO DE AGUA		
Descripción	Cantidad	%
Empresa prestadora de servicios (EPS -SEDA - EMAPA)	19,909	97.69%
Municipalidad	48	0.24%
Organización comunal	2	0.01%
Camión cisterna (pago directo)	358	1.76%
Otro1/	63	0.31%
Total	20,380	100.00%

Fuente: INEI (2017). Censo Nacional de Población y Vivienda

Viviendas particulares con ocupantes presentes, por disponibilidad de servicio higiénico en la vivienda

En cuanto a la disponibilidad de servicio higiénico en las viviendas, se observa que aproximadamente tres cuartas partes de la población (74.73%) cuenta con conexión directa a la red pública de desagüe dentro de la vivienda, lo cual indica un nivel aceptable de cobertura formal. Sin embargo, cerca de el 25% restante aún depende de soluciones alternativas o precarias, como letrinas (9.78%), pozos sépticos (3.50%), pozos ciegos (4.42%) o incluso prácticas de defecación al aire libre (1.02%).

Esta diversidad en las condiciones de saneamiento pone en evidencia la necesidad de continuar ampliando y mejorando la cobertura del servicio de alcantarillado, y refuerza la pertinencia de la intervención propuesta. Si bien esta información no se emplea para el análisis de vulnerabilidad en el presente estudio, aporta un contexto relevante sobre el entorno en el que se desarrollará el proyecto.

Tabla 17: Viviendas particulares con ocupantes presentes, por disponibilidad de servicio higiénico en la vivienda

VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR DISPONIBILIDAD DE SERVICIO HIGIÉNICO EN LA VIVIENDA		
Descripción	Cantidad	%
Red pública de desagüe dentro de la vivienda	15,784	74.73%
Red pública de desagüe fuera de la vivienda, pero dentro de la edific	1,287	6.09%
Pozo séptico, tanque séptico o biodigestor	739	3.50%
Letrina	2,066	9.78%
Pozociego onegro	934	4.42%
Río,acequia,canal osimilar	13	0.06%
Campoabierto o al airelibre	215	1.02%
Otro1/	84	0.40%
Total	21,122	100.00%

Fuente: INEI (2017). Censo Nacional de Población y Vivienda

7.3.3 Infraestructura

En la región Moquegua se identifican brechas significativas en diversos sectores vinculados a la provisión de infraestructura pública, las cuales limitan el acceso y la calidad de los servicios básicos para la población.

En el sector Transporte y Comunicaciones, persiste una alta proporción de la red vial departamental no pavimentada que presenta niveles de servicio inadecuados, así como la ausencia de infraestructura

ferroviaria interurbana. A ello se suma el deficiente estado de los aeródromos, las limitaciones de cobertura de telefonía móvil en localidades con más de 100 habitantes, la carencia de acceso a internet fijo en entidades públicas y la falta total de centros de acceso digital en los centros poblados.

En el sector Salud, la problemática se refleja en la precariedad de la infraestructura hospitalaria, pues la totalidad de los hospitales presentan capacidad instalada inadecuada y aún existe un porcentaje de nuevos establecimientos hospitalarios por implementar. Asimismo, se evidencia la deficiencia de los laboratorios de salud pública y de los establecimientos del primer nivel de atención, gran parte de los cuales no cumplen con estándares adecuados y requieren ampliación mediante nuevos proyectos.

En el sector Energía y Minas, destaca la necesidad de intervenir áreas afectadas por la actividad minera que aún no han sido objeto de procesos de remediación. Del mismo modo, la cobertura del servicio eléctrico presenta rezagos, particularmente en el ámbito rural donde cerca de una cuarta parte de las viviendas aún no cuenta con suministro, mientras que en el ámbito urbano la brecha es menor pero todavía significativa.

Finalmente, en el sector Agricultura y Riego, la infraestructura de soporte productivo muestra rezagos importantes: la mayoría de la superficie agrícola carece de riego tecnificado, la mayor parte de las áreas no disponen de infraestructura para la siembra y cosecha de agua destinada a la recarga hídrica, y un alto porcentaje de productores agropecuarios no accede a servicios de asistencia técnica.

A continuación, se presenta un cuadro resumen con los principales indicadores de brechas de infraestructura pública en la región Moquegua.

Tabla 18: Principales indicadores de brechas de infraestructura por sector – Moquegua

Sector	Indicador	Brecha (%)	Unidad de Medida
Transporte y Comunicaciones	Red vial departamental no pavimentada con niveles de servicio inadecuados	90.59%	km red vial
Transporte y Comunicaciones	Red ferroviaria interurbana por implementar	100%	km red ferroviaria
Transporte y Comunicaciones	Aeródromos que operan en condiciones inadecuadas	50%	aeródromos
Transporte y Comunicaciones	Localidades sin cobertura de telefonía móvil (>100 hab.)	43.06%	localidades
Transporte y Comunicaciones	Localidades con entidades públicas sin acceso a internet fijo	48.32%	localidades
Transporte y Comunicaciones	Centros poblados con centros de acceso digital por implementar	100%	centros poblados
Salud	Hospitales con capacidad instalada inadecuada	100%	hospitales
Salud	Nuevos hospitales por implementar	33.33%	hospitales
Salud	Laboratorios de salud pública con capacidad instalada inadecuada	100%	laboratorios
Salud	Establecimientos de salud del primer nivel de atención inadecuados	70% (26.32% nuevos por implementar)	establecimientos de salud
Energía y Minas	Remediación de suelos afectados por minería por intervenir	100%	hectáreas
Energía y Minas	Viviendas rurales sin electricidad	26.73%	viviendas
Energía y Minas	Viviendas urbanas sin electricidad	5.66%	viviendas
Agricultura y Riego	Superficie agrícola sin riego tecnificado	92.71%	hectáreas

Agricultura y Riego	Superficie sin acondicionamiento para recarga hídrica	92.46%	hectáreas
Agricultura y Riego	Productores agropecuarios sin asistencia técnica	88.46%	productores

Fuente: MEF – Sistema de Brechas de Infraestructura y Acceso a Servicios Públicos. Elaboración propia (2023).

7.4 CONDICIONES FÍSICAS DEL TERRITORIO

7.4.1 Base topográfica

Para la elaboración del presente estudio se utilizó una base topográfica de alta precisión, obtenida mediante un levantamiento fotogramétrico con dron realizado en el sector Montalvo. Como resultado de este proceso se generó una ortofoto georreferenciada y curvas de nivel con equidistancia de 1,00 m, lo que permitió disponer de un modelo digital de terreno actualizado y con el nivel de detalle necesario para la caracterización del área de intervención.

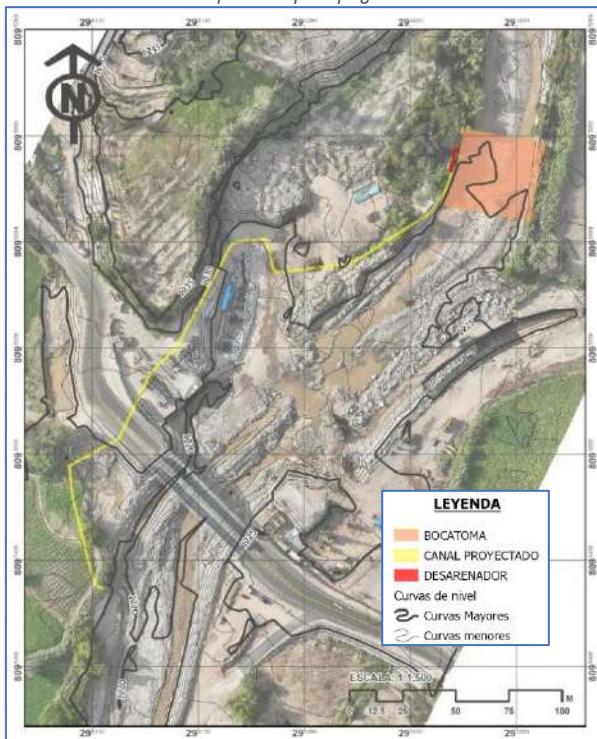
La ortofoto constituye un insumo de gran valor, ya que ofrece una representación fiel del territorio, corrigiendo las distorsiones propias de las imágenes aéreas y ubicándola en coordenadas reales del sistema UTM, Datum WGS84, zona 19S. Gracias a esta precisión fue posible identificar con claridad la infraestructura existente, el trazo de la carretera Panamericana Sur, el cauce principal del río Moquegua, las terrazas agrícolas y las defensas ribereñas ejecutadas previamente en el sector.

Las curvas de nivel levantadas alcanzan hasta una cota máxima de 1 252 m.s.n.m. y fueron procesadas en un entorno de Sistema de Información Geográfica (SIG), lo que facilitó la generación de productos derivados, como perfiles topográficos, delimitación de subcuenca y cálculo de parámetros morfométricos. Estos insumos resultaron fundamentales para el análisis hidrológico e hidráulico, así como para la ubicación precisa de las obras proyectadas, entre ellas la bocatoma y el canal de conducción.

De acuerdo con lo establecido en el Manual de Evaluación de Riesgos de CENEPRED (2014), disponer de una base topográfica precisa es un requisito indispensable para la identificación y caracterización de los peligros, la delimitación de áreas de influencia y la definición de escenarios de riesgo. En ese sentido, la base topográfica empleada en este estudio constituye un soporte sólido para el análisis técnico, al integrar datos primarios levantados en campo con herramientas modernas de procesamiento geoespacial.

En conclusión, la utilización de la ortofoto y de las curvas de nivel generadas con dron asegura que el presente estudio se sustente en información actualizada, confiable y con el detalle necesario para la adecuada evaluación del riesgo en el sector Montalvo.

Mapa 4: Mapa topográfico



7.4.2 Pendientes de terreno

El análisis de pendientes del sector de intervención se realizó a partir del modelo digital de terreno generado mediante levantamiento fotogramétrico con dron. El procesamiento de la información en el entorno de Sistema de Información Geográfica (SIG) permitió calcular la inclinación de las laderas y del cauce principal, expresada en porcentajes de pendiente y representada en clases de rango.

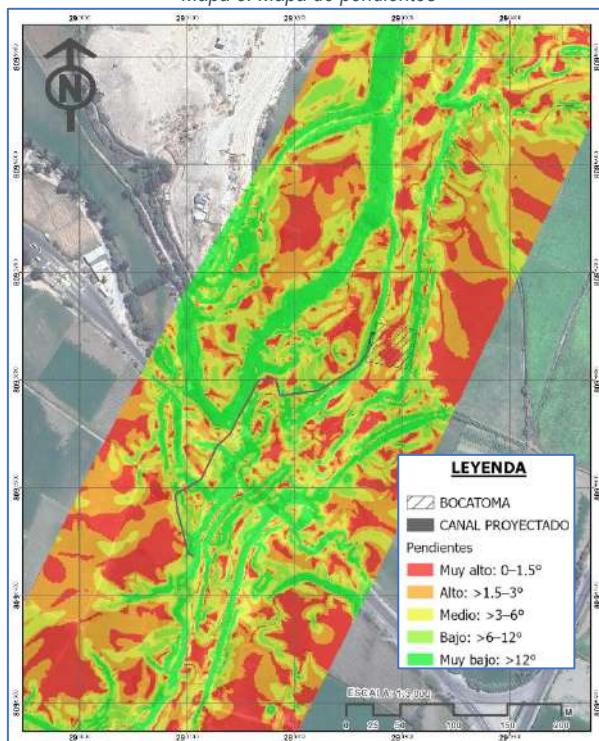
El área de estudio presenta en su mayor parte pendientes suaves a moderadas. Las zonas clasificadas como de pendiente muy baja ($<1,5^\circ$) y baja ($1,5^\circ$ – 3°) se distribuyen principalmente en las terrazas agrícolas y áreas de valle aluvial adyacentes al cauce del río Moquegua, ocupando la mayor extensión superficial. Estas áreas presentan condiciones favorables para el desarrollo de infraestructura hidráulica y de riego, así como para la agricultura intensiva, debido a la estabilidad relativa del terreno y a la facilidad de labores de nivelación.

Las áreas con pendiente media (3° – 6°) se ubican de manera discontinua en bordes de terrazas, taludes cercanos a la carretera Panamericana Sur y zonas de transición hacia las laderas laterales. Estas pendientes requieren un tratamiento especial en cuanto a la ubicación de obras hidráulicas, ya que pueden generar procesos de erosión superficial durante lluvias intensas.

Finalmente, sectores puntuales muestran pendientes altas ($>6^\circ$ y hasta $>12^\circ$), concentradas en márgenes de quebradas, cortes de carretera y zonas de cauce estrecho. Estas áreas, aunque reducidas en superficie, constituyen zonas críticas desde el punto de vista de estabilidad, pues presentan mayor susceptibilidad a procesos erosivos y movimientos de suelos.

En conclusión, la topografía del área de estudio se caracteriza por una predominancia de pendientes bajas, lo que favorece el desarrollo de actividades agrícolas y la ejecución de obras hidráulicas. Sin embargo, las zonas con pendiente media y alta, aunque de menor extensión, representan áreas de atención prioritaria para el diseño de medidas de protección y control de erosión. Este análisis constituye un insumo fundamental para la planificación y diseño de las estructuras hidráulicas contempladas en el proyecto, así como para la evaluación de riesgos por fenómenos asociados a la dinámica fluvial.

Mapa 5: Mapa de pendientes



7.4.3 Unidades geológicas

El área de intervención se localiza en el valle bajo del río Moquegua, sector Montalvo, donde predominan depósitos aluviales cuaternarios recientes, conformados por gravas, arenas y limos poco consolidados. Estos materiales presentan alta permeabilidad y baja cohesión, lo que los hace particularmente vulnerables a procesos de socavación, erosión lateral e inundación durante crecidas.

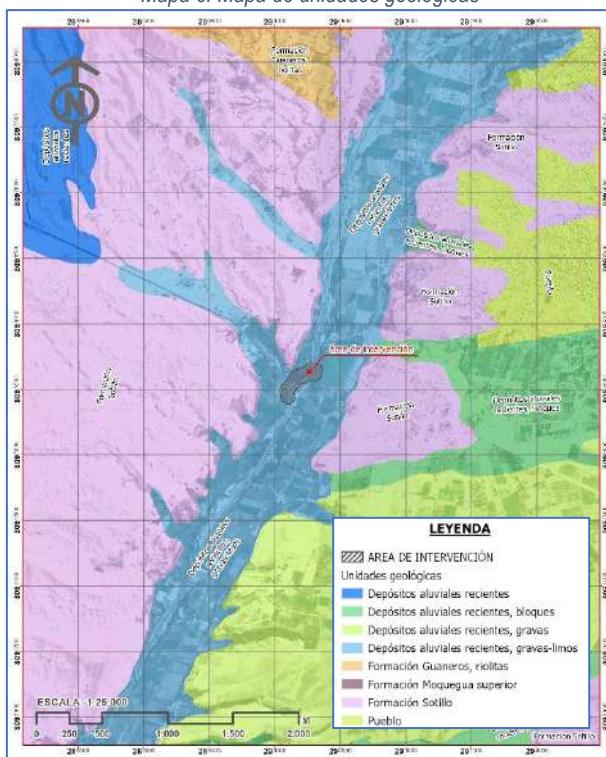
De manera puntual se identifican depósitos coluviales en los márgenes de ladera, compuestos por gravas angulosas y fragmentos de roca, que se acumulan al pie de los cerros por procesos de remoción en masa de pequeña escala. Estos depósitos, aunque de menor extensión, pueden influir en la estabilidad local del terreno.

Hacia los flancos se reconocen afloramientos de rocas ígneas y volcánicas (principalmente andesitas y dioritas), que conforman el basamento regional y actúan como límites naturales del valle. Estas rocas más competentes condicionan el encajonamiento del cauce y definen tramos donde el río concentra su energía hidráulica.

En conjunto, la geología del área evidencia un contraste marcado entre los depósitos aluviales blandos del valle, que corresponden a materiales heterogéneos y poco consolidados, y los afloramientos rocosos laterales más estables. Esta configuración explica la susceptibilidad del sector a procesos fluviales y al mismo tiempo constituye un factor condicionante en el diseño de cimentaciones e infraestructura hidráulica.

La información geológica utilizada proviene de la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) de la región Moquegua, de la cual se extrajo y procesó el recorte específico correspondiente al área del proyecto.

Mapa 6: Mapa de unidades geológicas



7.4.4 Unidades geomorfológicas

El área de estudio se localiza en el valle bajo del río Moquegua, en el sector Montalvo, donde se distinguen principalmente unidades geomorfológicas de origen aluvial y colinoso. De acuerdo con la información de la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) de Moquegua, las unidades presentes corresponden a fondos de valle aluvial, planicies aluviales y colinas en roca sedimentaria y volcánica.

Los fondos de valle aluvial constituyen las zonas más próximas al cauce del río, formadas por sedimentos poco consolidados de gravas, arenas y limos. Estos depósitos son recientes y de origen fluvial, lo que les confiere alta susceptibilidad a inundaciones, erosión lateral y procesos de socavación, especialmente durante crecidas.

Las planicies aluviales se desarrollan en sectores adyacentes, conformando superficies casi horizontales con materiales finos depositados por el río. Estas áreas son favorables para el uso agrícola, aunque también son zonas de acumulación de humedad y con potencial de anegamiento temporal.

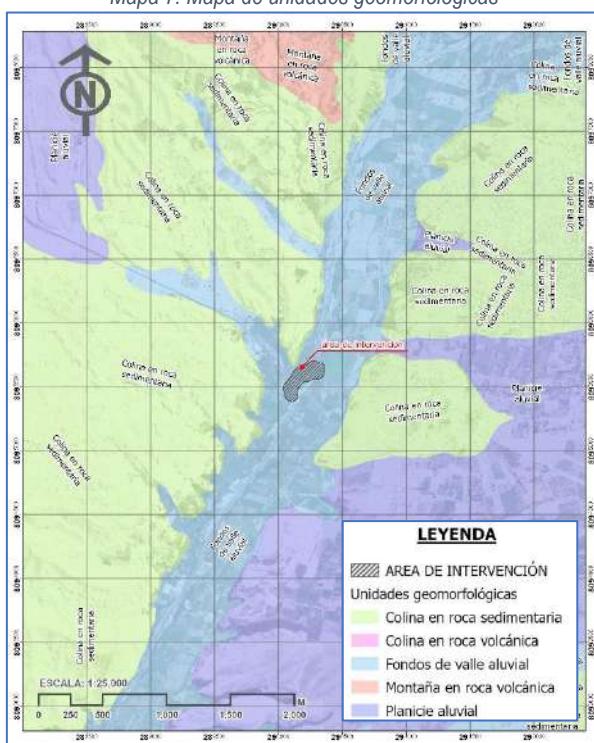
En los bordes del valle se encuentran colinas en roca sedimentaria y volcánica, caracterizadas por pendientes moderadas a altas y materiales más consolidados que delimitan el cauce principal. Estas colinas

actúan como elementos de confinamiento natural del río y a la vez representan sectores donde pueden originarse procesos de remoción en masa de pequeña escala.

En conjunto, la configuración geomorfológica del área evidencia un relieve dominado por superficies aluviales recientes en el fondo del valle, con colinas laterales que enmarcan el cauce. Esta disposición explica tanto la aptitud agrícola del sector como su vulnerabilidad a fenómenos hidrometeorológicos.

La información utilizada corresponde a la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) de la región Moquegua (2018), de la cual se extrajo y procesó el recorte específico del área de intervención.

Mapa 7: Mapa de unidades geomorfológicas



7.4.5 Altura de inundación para PR=100 años

La modelación hidráulica desarrollada en el estudio hidrológico e hidráulico permitió determinar las alturas de inundación para un evento con periodo de retorno de 100 años. Los resultados muestran que el área de intervención y su entorno inmediato se encuentran expuestos a distintos rangos de lámina de agua.

Las zonas más próximas al cauce presentan alturas muy altas, superiores a 1,5 m, en tramos encajonados y de mayor energía hidráulica, afectando márgenes agrícolas y defensas ribereñas. En áreas intermedias del valle se identifican alturas medias, entre 0,5 m y 1,0 m, mientras que hacia los bordes de la planicie aluvial predominan alturas bajas y muy bajas, menores a 0,5 m, asociadas a anegamientos temporales.

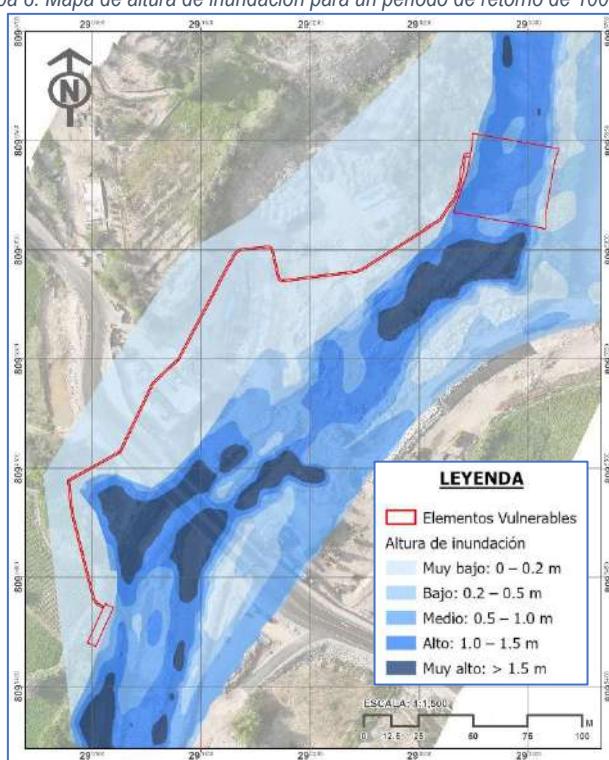
El comportamiento espacial de estas alturas refleja la estrecha relación entre la topografía del valle y la dinámica fluvial del río Moquegua. En sectores confinados, la lámina de agua alcanza los valores más críticos, mientras que en áreas abiertas la energía se dispersa y las profundidades disminuyen.

Este patrón es consistente con la naturaleza aluvial del terreno, compuesto por materiales poco consolidados que favorecen la infiltración pero también la rápida saturación durante crecidas. Así, se generan zonas con inundaciones persistentes en sectores bajos, incluso con alturas reducidas.

En síntesis, la altura de inundación en el área de estudio varía desde 0,2 m hasta más de 1,5 m, información que será utilizada directamente en el análisis de peligrosidad y en la definición de escenarios de riesgo de este estudio.

La información procede del Estudio Hidrológico e Hidráulico de la bocatoma y canal Embudo Exlemur, complementada con el procesamiento cartográfico realizado.

Mapa 8: Mapa de altura de inundación para un periodo de retorno de 100 años



7.4.6 Velocidad máxima para PR=100 años

El estudio hidrológico e hidráulico permitió estimar la velocidad de flujo en el sector Montalvo para un evento con periodo de retorno de 100 años. Los resultados muestran que la velocidad máxima alcanza valores de hasta 7,14 m/s en determinados tramos del cauce, mientras que en sectores marginales y de planicie aluvial los valores descienden a niveles cercanos a 0 m/s.

Las mayores velocidades se concentran en el eje principal del río, especialmente en los tramos encajonados y cercanos a la bocatoma, donde la energía hidráulica es más intensa y existe mayor potencial de erosión y socavación. Estas áreas representan las condiciones más críticas desde el punto de vista de estabilidad de márgenes y de posibles daños a infraestructuras hidráulicas.

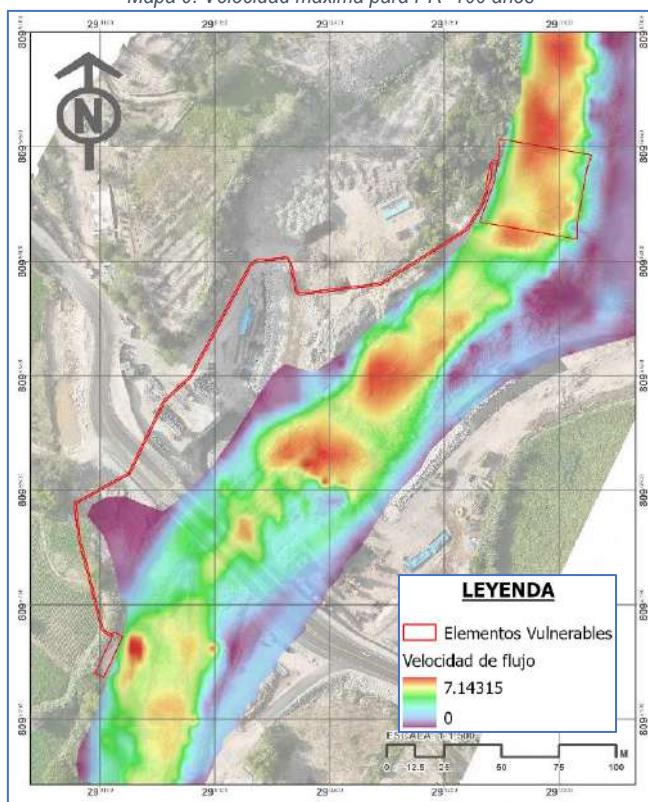
En sectores intermedios, correspondientes a márgenes de valle y defensas ribereñas, se registran velocidades medias, entre 2,0 y 4,0 m/s, que pueden movilizar gravas y bloques de menor tamaño, favoreciendo procesos de transporte de sedimentos.

Finalmente, en áreas periféricas y zonas de expansión de flujo, las velocidades disminuyen a valores menores de 1,0 m/s, asociándose a procesos de deposición y acumulación de sedimentos finos.

En conjunto, la distribución de velocidades refleja un patrón típico de cauces aluviales confinados: máximos en el eje central, intermedios en las franjas laterales y mínimos en las zonas de dispersión. Esta información será utilizada directamente en el análisis de peligrosidad, dado que define los sectores más propensos a procesos de erosión fluvial, socavación de defensas y arrastre de materiales.

La información proviene del Estudio Hidrológico e Hidráulico de la bocatoma y canal Embudo Exlemur, complementada con el procesamiento cartográfico realizado en el presente informe.

Mapa 9: Velocidad máxima para PR=100 años



7.4.7 Clasificación de suelos según SUCS

Como parte del Estudio de Mecánica de Suelos de la Bocatoma Montalvo, se ejecutaron cinco calicatas exploratorias con el objetivo de caracterizar los materiales presentes y clasificarlos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Las calicatas alcanzaron profundidades de 3,00 m y se distribuyeron estratégicamente tanto en el área de la bocatoma como en el trazo inicial de la conducción.

En la tabla siguiente se presentan los datos básicos obtenidos en campo, que incluyen la localización geográfica (coordenadas UTM), la cota de terreno, la profundidad alcanzada y la presencia o ausencia de nivel freático.

Tabla 19: Ubicación de calicatas

Nro. Calicata	Estructura	Profundidad (m)	Nivel Freático	Coordenada Este	Coordenada Norte	Cota (msnm)
Cn 01	Bocatoma	3	No	290280	8095635	1230
Cn 02	Bocatoma	3	No	290292	8095633	1230
Cn 03	Bocatoma	3	No	290303	8095629	1230
Cn 04	Pase aéreo	3	Sí	290077	8095483	1234
Cn 05	Pase aéreo	3	Sí	290200	8095604	1237

Elaboración del autor a partir del Estudio de Mecánica de Suelos del Proyecto (GORE Moquegua, 2025).

Descripción de resultados por calicata:

- **Calicata Cn-01 (Bocatoma, margen derecha, cota 1230 msnm – Coordenadas E: 290280 / N: 8095635):**

El suelo corresponde a una grava arcillosa con finos (GC). Presenta gravas angulosas y subredondeadas de tamaño mediano a grueso, con matriz arcillosa que otorga cierta cohesión. No se encontró nivel freático hasta los 3,00 m. La compacidad es media, lo que indica una capacidad portante aceptable, aunque con riesgo de deformaciones diferenciales en condiciones de saturación futura.

- **Calicata Cn-02 (Bocatoma, sector central, cota 1230 msnm – Coordenadas E: 290292 / N: 8095633):**

El material corresponde a grava mal gradada (GP), con escaso contenido de finos y textura predominantemente granular. Se observan gravas subangulosas mezcladas con arenas gruesas. La permeabilidad es alta y no se registró nivel freático hasta los 3,00 m. Este tipo de suelo, al no tener finos que otorguen cohesión, presenta buena capacidad de drenaje pero baja resistencia frente a socavación.

- **Calicata Cn-03 (Bocatoma, margen izquierda, cota 1230 msnm – Coordenadas E: 290303 / N: 8095629):**

Se clasificó como grava mal gradada (GP), con predominio de partículas gruesas de 25 a 75 mm mezcladas con arenas. La compacidad es media a densa y no se detectó nivel freático hasta los 3,00 m. Este suelo ofrece buena resistencia al corte en condición natural, aunque presenta susceptibilidad a arrastre superficial durante eventos de crecida.

- **Calicata Cn-04 (Trazo de conducción, cota 1234 msnm – Coordenadas E: 290077 / N: 8095483):**

El suelo corresponde a una mezcla GP-GM (grava mal gradada con limo). Se observaron gravas heterogéneas de distintos tamaños, con presencia de fracción fina no plástica (limo arenoso). Se registró nivel freático dentro de la profundidad de exploración, lo que condiciona un comportamiento de menor resistencia al corte bajo saturación. La heterogeneidad de este material refleja la transición entre depósitos de canal activo y terraza aluvial.

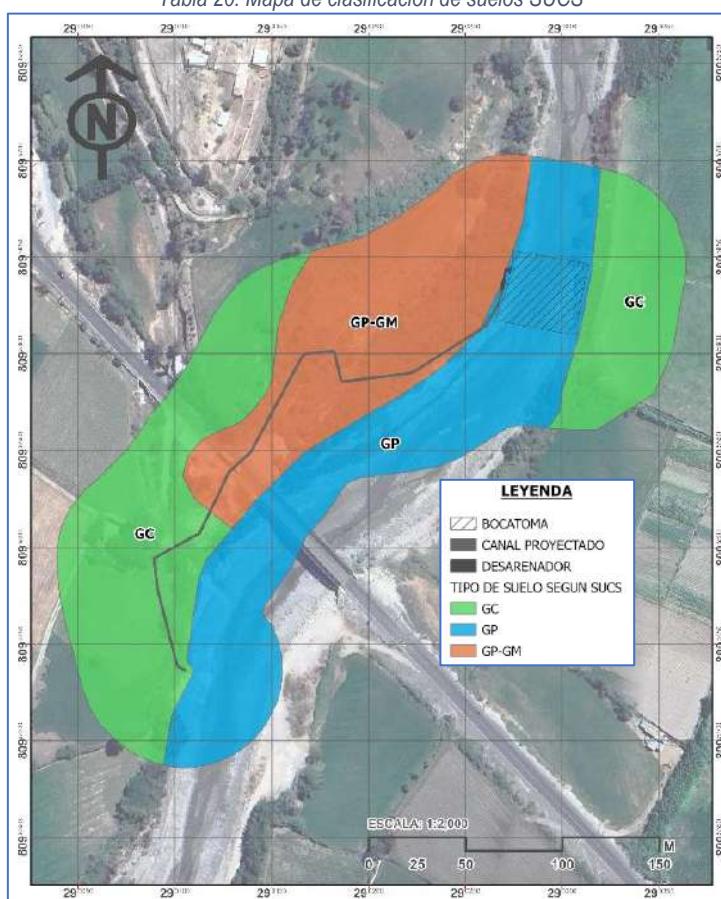
- **Calicata Cn-05 (Trazo de conducción, cota 1237 msnm – Coordenadas E: 290200 / N: 8095604):**

El suelo se clasificó como grava arcillosa (GC), con presencia de matriz fina de tipo arcilloso que proporciona cierta cohesión, aunque disminuye la permeabilidad. Se encontró nivel freático a menos de

3,00 m, lo que implica condiciones de saturación frecuentes. Estos suelos, aunque más cohesivos, presentan riesgos de pérdida de capacidad portante si se produce sobrecarga o vibración intensa.

En conclusión, los resultados muestran que en la zona de la bocatoma predominan suelos granulares de tipo GP y GC, caracterizados por alta permeabilidad y ausencia de napa freática superficial en los primeros 3,00 m. En contraste, en el trazo de la conducción se identificaron GP-GM y GC, con mayor presencia de finos y agua subterránea, lo que reduce su resistencia al corte. Esta distribución es coherente con la dinámica aluvial del río Moquegua y debe ser considerada en los análisis de cimentación y estabilidad de las estructuras hidráulicas proyectadas.

Tabla 20: Mapa de clasificación de suelos SUCS



8. Estimación del Peligro

8.1 metodología para la determinación del peligro

La determinación del nivel de peligro en el presente estudio se sustenta en la metodología establecida en el Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales – 2da versión (CENEPRED, 2014), la cual define un procedimiento técnico sistemático para la identificación, caracterización y estratificación de peligros en el territorio.

De acuerdo con este enfoque, la evaluación del peligro considera tanto la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural como las condiciones físicas del área de estudio que lo hacen más o menos susceptible a ser afectada. El procedimiento metodológico se desarrolla en las siguientes etapas:

- Ubicación de la Unidad Productora (U.P.)**

Localización del área de intervención y delimitación del área de influencia del fenómeno a evaluar.

- Recopilación, análisis y sistematización de la información**

Incluye la revisión de estudios hidrológicos, hidráulicos, geológicos, geotécnicos y antecedentes históricos de eventos, así como la información levantada en campo.

- Identificación del tipo de peligro**

Determinación de los fenómenos naturales a analizar (en este caso, sismo e inundación fluvial) y de los parámetros de evaluación pertinentes.

- Parámetro de evaluación**

Definición de las variables que permiten medir la peligrosidad: para inundaciones, la proximidad al cauce, la altura de lámina de agua y la velocidad de flujo; para sismos, las características geotécnicas locales y la respuesta del suelo.

- Análisis de la susceptibilidad del territorio**

Estudio de las condiciones físicas (topografía, geología, geomorfología, suelos, etc.) que predisponen a la ocurrencia o intensificación del fenómeno.

- Análisis de los elementos expuestos**

Reconocimiento de infraestructuras, servicios, población y actividades económicas que podrían verse afectados bajo el escenario de peligro.

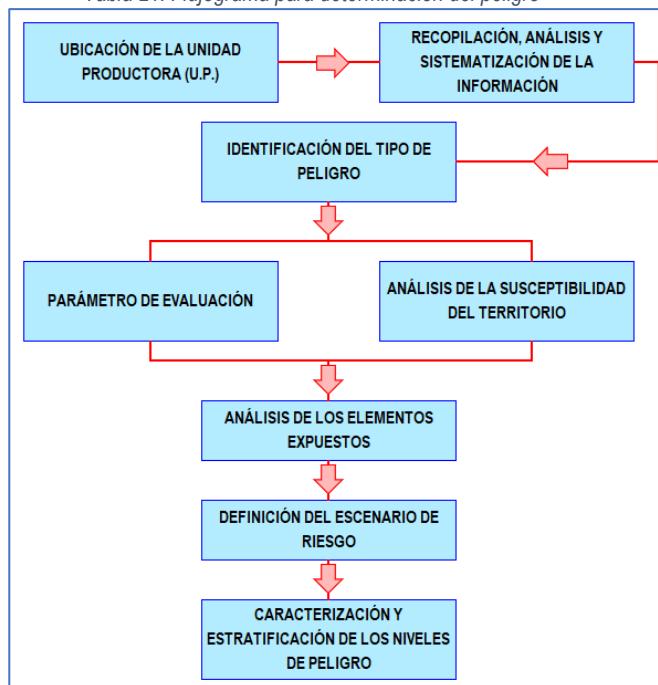
- Definición de escenarios de riesgo**

Representación de situaciones hipotéticas basadas en la recurrencia de eventos (periodos de retorno de 100 años para inundaciones, escenarios de intensidades sísmicas históricas para terremotos).

- Caracterización y estratificación de los niveles de peligro**

Clasificación de las áreas afectadas en rangos de peligrosidad (muy alta, alta, media, baja) y elaboración de los mapas temáticos correspondientes.

Tabla 21: Flujoograma para determinación del peligro



Fuente: Elaboración propia con base en el Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales (CENEPRED, 2014).

Este esquema permite visualizar de manera secuencial el procedimiento seguido en el presente estudio, integrando la información secundaria y primaria con el análisis espacial, para finalmente representar los niveles de peligro en los mapas temáticos de sismo e inundación fluvial.

8.2 Identificación del área de influencia

El área de influencia de un peligro corresponde al espacio geográfico donde se manifiestan los efectos potenciales de un fenómeno natural, abarcando no solo la zona directamente afectada, sino también aquellas áreas donde se ubican elementos expuestos que podrían ser impactados por su ocurrencia. En el presente estudio se consideran dos peligros principales: inundación fluvial y sismo. A continuación, se describen sus respectivas áreas de influencia, sustentadas en información cartográfica y en los resultados obtenidos de la modelación hidráulica y de la cartografía oficial de intensidades sísmicas.

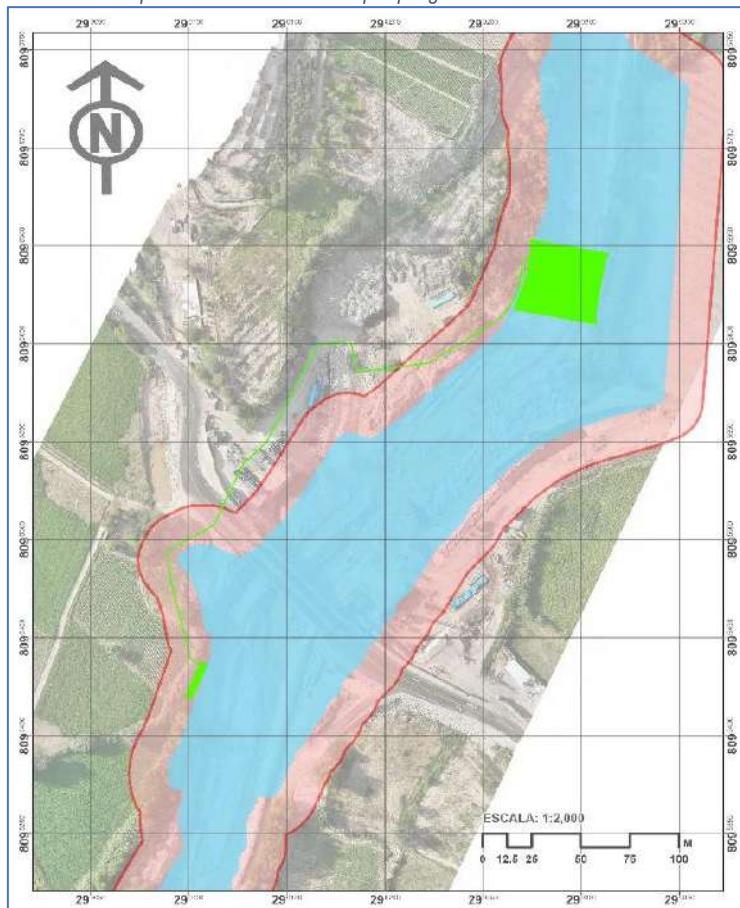
8.2.1 Área de influencia por peligro de inundación fluvial

El área de influencia del peligro de inundación fluvial se ha delimitado en función de los resultados del estudio hidrológico e hidráulico, considerando el evento de diseño con un período de retorno de 100 años.

El límite de la inundación está definido por la lámina de agua del modelo hidráulico, a la cual se le ha incorporado un buffer de 20 metros para reflejar la posible extensión de los efectos del fenómeno sobre los elementos vulnerables cercanos.

En el siguiente mapa se presenta el área de influencia para el peligro de inundación fluvial, en donde se aprecia el polígono delimitado en color rojo. Asimismo, se identifican los elementos vulnerables próximos al cauce, como la bocatoma y la línea de conducción, que se encuentran en riesgo ante la ocurrencia de un evento de crecida.

Mapa 10: Área de influencia por peligro de inundación fluvial



8.2.2 Área de influencia por peligro de sismo

En el caso del peligro sísmico, el área de influencia se define en función de la intensidad de los movimientos sísmicos históricos registrados en la región sur del Perú. Para este análisis se utilizó la cartografía de intensidades sísmicas máximas elaborada por el IGP y difundida a través del SIGRID, la cual presenta tres períodos históricos diferenciados: 1400-1900, 1900-1960 y 1960-2014.

La zona de intervención del proyecto se ubica en el área sur de la región Moquegua, donde se han registrado intensidades que varían entre VIII y X-XI en la escala de Mercalli Modificada, dependiendo del periodo analizado. Estos valores reflejan un nivel de peligro sísmico alto, lo que hace necesario incorporar este escenario en la evaluación.

A continuación, se muestran los mapas correspondientes a cada periodo, en los que se ha señalado la ubicación del proyecto como punto de referencia, de manera que se visualice claramente el área de influencia del peligro sísmico en el contexto regional:

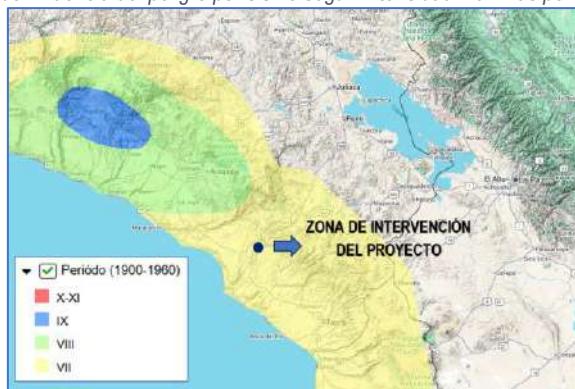
- En el siguiente mapa (Periodo 1400-1900) se observa que la zona de intervención del proyecto se encuentra dentro del área de intensidades X-XI, evidenciando una recurrencia histórica de sismos de gran magnitud en la región.

Mapa 11: Área de influencia del peligro por sismo según Intensidad Máximas periodo 1400-1900



En el siguiente mapa (Período 1900-1960) el área de intervención se ubica bajo una intensidad máxima de VIII, correspondiente a eventos significativos, aunque de menor recurrencia que los registrados en el periodo anterior.

Mapa 12: Área de influencia del peligro por sismo según Intensidad Máximas periodo 1900 - 1960



En el siguiente mapa (Período 1960-2014), la zona de intervención permanece en el rango de intensidad VIII, lo que confirma la exposición permanente al peligro sísmico a lo largo del tiempo.

Mapa 13: Área de influencia del peligro por sismo según Intensidad Máximas periodo 1960-2014



Con base en los mapas presentados, se concluye que el área de influencia del proyecto frente al peligro de inundación fluvial se restringe al entorno inmediato del cauce del río y de los elementos vulnerables cercanos. En contraste, el área de influencia del peligro sísmico es de carácter regional, dado que abarca una extensa zona del sur del Perú donde se han registrado intensidades elevadas. Esto evidencia que la intervención se encuentra expuesta a escenarios de peligrosidad significativa tanto a nivel local (inundación fluvial) como regional (sismo).

8.3 Recopilación y análisis de información

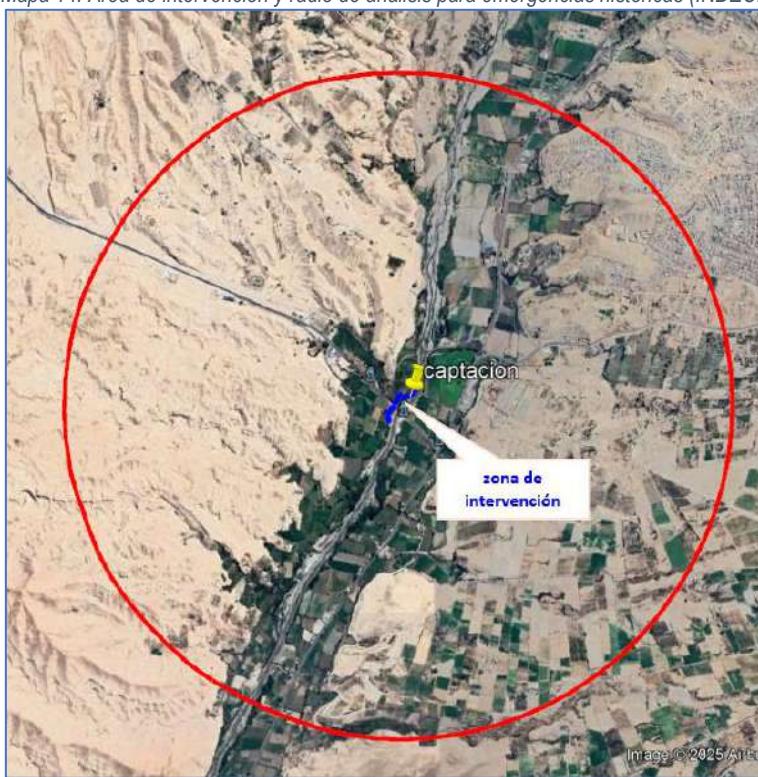
8.3.1 Información de emergencias históricas (INDECI)

Con el fin de reconocer la recurrencia y el patrón espacial de los eventos peligrosos en el entorno del proyecto, se recopiló la base de emergencias registradas por INDECI para el ámbito distrital y un radio aproximado de 2 km alrededor del área de intervención.

Es importante señalar que dentro de esta base se incluían también emergencias de origen antrópico; sin embargo, para efectos del presente estudio se depuró la información, considerando únicamente aquellas emergencias originadas por fenómenos naturales. Esta información depurada permite identificar con mayor precisión qué fenómenos naturales han generado daños en la zona y con qué frecuencia se han presentado.

En la siguiente figura se presenta la ubicación del área de intervención y el radio de análisis considerado para la recopilación de la información de emergencias históricas. Este radio permitió sistematizar los datos registrados por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y contextualizar la ocurrencia de eventos peligrosos en el entorno del proyecto.

Mapa 14: Área de intervención y radio de análisis para emergencias históricas (INDECI)



De esta manera, la información obtenida constituye la base para analizar los tipos de peligros naturales que históricamente han afectado a la zona. En los cuadros siguientes se presenta, primero, el detalle de las emergencias recopiladas y, posteriormente, una sistematización y análisis de dicha información.

Para sustentar el análisis, en el siguiente cuadro se presentan los eventos registrados (fenómeno, fecha y localización referencial) dentro del ámbito considerado. Esta relación permite observar la repetición de precipitaciones intensas y la aparición de eventos disparadores como huaycos y derrumbes.

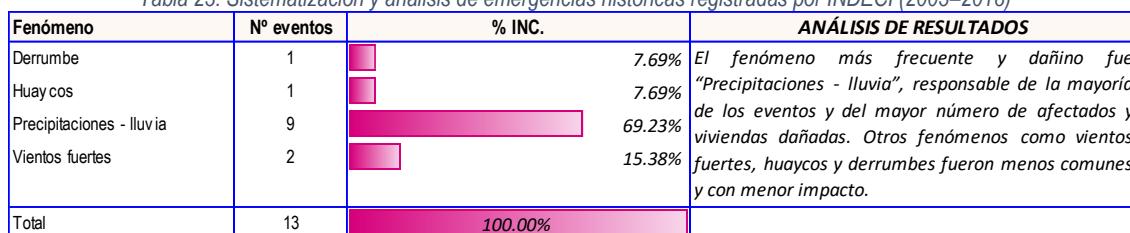
Tabla 22: Emergencias históricas registradas por INDECI en el área de análisis (2003–2018), con detalle de daños reportados

FECHA	FENÓMENO	DAÑOS REGISTRADOS
13/02/2012	Precipitaciones - Lluvia	50 damnificados, 200 afectados, 2 viviendas destruidas, 43 viviendas afectadas
07/01/2008	Precipitaciones - Lluvia	900 afectados, 150 viviendas afectadas
08/08/2008	Vientos fuertes	26 afectados, 11 viviendas afectadas
01/02/2011	Precipitaciones - Lluvia	8 damnificados, 1 vivienda destruida
14/02/2011	Precipitaciones - Lluvia	6 damnificados, 12 afectados, 4 viviendas destruidas, 2 viviendas afectadas
04/01/2017	Vientos fuertes	3 afectados, 1 vivienda afectada
12/02/2012	Precipitaciones - Lluvia	27 damnificados, 120 afectados, 5 viviendas destruidas, 30 viviendas afectadas
19/12/2009	Derrumbe	4 damnificados, 1 vivienda destruida
05/01/2012	Precipitaciones - Lluvia	2 damnificados, 330 afectados, 2 viviendas destruidas
05/01/2012	Huaycos	5 damnificados
03/03/2011	Precipitaciones - Lluvia	5 afectados, 1 vivienda afectada
14/02/2011	Precipitaciones - Lluvia	1 damnificado
13/02/2012	Precipitaciones - Lluvia	Sin registros adicionales según INDECI (2003–2018).

Fuente: INDECI – Emergencias registradas 2003 - 2018

Asimismo, el cuadro siguiente resume los daños reportados por evento (damnificados, afectados, viviendas y/o infraestructura dañada). Esta sistematización facilita dimensionar la severidad de los impactos y reconocer los sectores más sensibles del área de estudio.

Tabla 23: Sistematización y análisis de emergencias históricas registradas por INDECI (2003–2018)



Fuente: Elaboración propia con base en emergencias registradas 2003-2018 - INDECI

Interpretación técnica. Del conjunto de registros se concluye que:

- Predominan las precipitaciones intensas, con efectos recurrentes de anegamientos, socavación y afectación de vías y defensas ribereñas en el cauce principal.
- Se evidencian movimientos en masa (huaycos/derrumbes) asociados a laderas inestables, especialmente durante picos de lluvia.
- La temporalidad de los reportes se concentra entre enero y marzo, con incrementos en años lluviosos; esto confirma la estacionalidad del peligro hidrometeorológico en el área.
- Los daños más frecuentes corresponden a afectación de viviendas de material ligero, cortes de tránsito y deterioro de infraestructura de riego y protección ribereña.

Alcances y limitaciones. La información de INDECI puede presentar subregistro y localizaciones referenciales; sin embargo, constituye un insumo oficial y estandarizado que valida la presencia y recurrencia de los peligros identificados. Estos resultados serán integrados en la caracterización de peligrosidad y en la matriz de exposición del presente estudio.

8.3.2 Información geoespacial del SIGRID

Con el objetivo de complementar la información de emergencias históricas y disponer de una visión espacial de los peligros que afectan al área de intervención, se consultó la cartografía oficial disponible en el Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID), desarrollada por el CENEPRED. Este visor geoespacial constituye una fuente estandarizada y actualizada para la identificación de amenazas a nivel nacional.

Para este estudio, se delimitó en el visor del SIGRID el polígono correspondiente al área de intervención del proyecto (bocatoma y canal proyectados) y se activaron las capas temáticas de cartografía de peligros. Como resultado, se extrajeron mapas asociados a los siguientes peligros:

- Inundación fluvial
- Movimientos en masa
- Sismo
- Vulcanismo
- Susceptibilidad a heladas
- Lluvias intensas
- Movimientos en masa asociados a lluvias fuertes

A continuación, se describen los resultados obtenidos a partir de la cartografía geoespacial del SIGRID para cada peligro, acompañados de los mapas respectivos.

INUNDACIÓN FLUVIAL

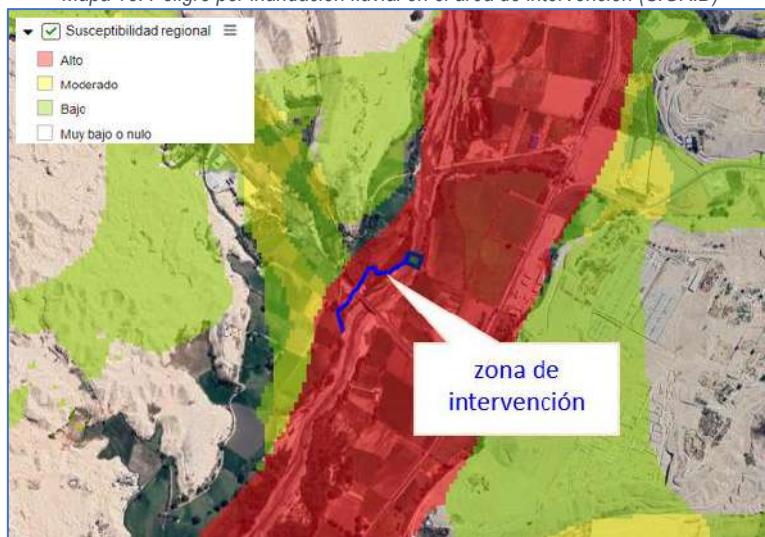
El ámbito del proyecto, que comprende la bocatoma y canal proyectados del sistema de riego Embudo Exlembur, se localiza en la margen del río Moquegua, en el sector Montalvo. La cartografía del SIGRID evidencia que el área de intervención se encuentra dentro de una zona clasificada con alta susceptibilidad a inundaciones.

De acuerdo con el mapa de peligros, el cauce principal del río y sus márgenes inmediatas han sido categorizados en nivel alto (color rojo), mientras que en las zonas adyacentes se registran niveles moderados (amarillo) y bajos (verde). El área de intervención se superpone claramente a la franja de mayor susceptibilidad, lo que confirma la alta exposición de la infraestructura de captación y conducción de riego frente a crecidas fluviales.

Este resultado es consistente con los antecedentes observados en la zona, donde las crecidas del río Moquegua han ocasionado daños a la infraestructura hidráulica y vial, así como procesos de erosión y transporte de sedimentos. La ubicación de la bocatoma proyectada, aguas arriba del puente y en una sección angosta del cauce, incrementa el nivel de riesgo debido a la concentración de las fuerzas hidráulicas en eventos extraordinarios.

En conclusión, el peligro de inundación fluvial en el área de intervención es alto, constituyéndose en el principal factor de amenaza para la sostenibilidad del proyecto de riego, con riesgo de socavación, colmatación de estructuras y afectación directa al canal de conducción.

Mapa 15: Peligro por inundación fluvial en el área de intervención (SIGRID)



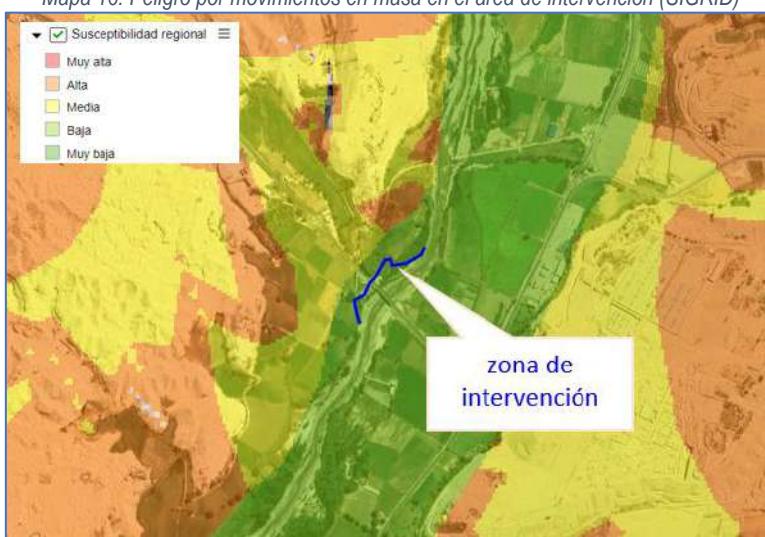
MOVIMIENTOS EN MASA

La cartografía del SIGRID muestra que el área del proyecto se encuentra en una franja clasificada como de susceptibilidad baja a movimientos en masa. Esto significa que la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos o derrumbes que afecten directamente la infraestructura proyectada es limitada.

No obstante, en zonas adyacentes se identifican áreas con susceptibilidad media y alta, asociadas a laderas inestables del valle. Dichas áreas pueden constituir fuentes de aporte de material detrítico hacia el cauce principal durante eventos de lluvias intensas, incrementando la carga sólida que llega a la bocatoma.

En este contexto, aunque el nivel de peligro en el área de intervención se considera bajo, es necesario implementar medidas de mantenimiento y monitoreo permanente de las laderas cercanas, a fin de prevenir procesos secundarios que pudieran afectar la operatividad del sistema de riego.

Mapa 16: Peligro por movimientos en masa en el área de intervención (SIGRID)



SISMO

De acuerdo con la cartografía del SIGRID, el área de intervención se ubica en una zona con registro histórico de intensidades sísmicas máximas IX a X en la escala Mercalli Modificada, correspondientes al periodo 1400 – 1900. Estos niveles reflejan la ocurrencia de sismos de gran magnitud capaces de generar daños graves en estructuras, deformaciones del terreno y deslizamientos en laderas.

Si bien la infraestructura proyectada corresponde principalmente a obras hidráulicas, estas pueden verse afectadas indirectamente por procesos inducidos asociados a la sismicidad, tales como deslizamientos de laderas, caída de rocas, colapso de taludes y modificación de cauces.

Por lo tanto, el peligro sísmico en la zona de estudio es alto, debiendo ser considerado en el diseño estructural y en los criterios de seguridad del proyecto, priorizando la estabilidad de las estructuras de concreto y la protección de las márgenes del canal frente a procesos de inestabilidad inducidos.

Mapa 17: Intensidad sísmica histórica en el área de intervención (SIGRID)



VULCANISMO

El análisis de la cartografía de peligros volcánicos del SIGRID muestra que el área de intervención se encuentra fuera de las zonas de peligro alto o medio por caída de ceniza y pómez. No obstante, se ubica dentro del radio de influencia de volcanes activos como Ubinas, Ticsani y Huaynaputina.

Esto implica que, aunque el nivel de peligro volcánico directo es bajo, no puede descartarse la posibilidad de afectación indirecta en escenarios eruptivos mayores, especialmente en forma de caída de ceniza fina que podría alterar la calidad del agua o acelerar el desgaste de estructuras hidráulicas expuestas.

Mapa 18: Peligro volcánico en el área de intervención (SIGRID)



SUSCEPTIBILIDAD A HELADAS

De acuerdo con la cartografía climática del SIGRID, la zona del proyecto presenta baja a muy baja susceptibilidad a heladas. En este sentido, el riesgo directo a la infraestructura hidráulica es mínimo, dado que las estructuras de concreto y metal no sufren daños relevantes por este fenómeno.

Sin embargo, el impacto de las heladas puede ser indirecto, afectando principalmente a la producción agrícola de los usuarios del sistema de riego, lo que a su vez condiciona la demanda y aprovechamiento del recurso hídrico.

Mapa 19: Susceptibilidad a heladas en el área de intervención (SIGRID)



LLUVIAS INTENSAS

Respecto a la susceptibilidad a lluvias intensas, el área de intervención se ubica en un sector de susceptibilidad media, vinculado principalmente a eventos extraordinarios como los asociados al fenómeno El Niño.

Estos eventos pueden incrementar los procesos de socavación y sedimentación en la bocatoma y el canal, reduciendo la capacidad operativa del sistema de riego y elevando los costos de mantenimiento. Además, las lluvias intensas constituyen un factor desencadenante de procesos secundarios como deslizamientos y caída de rocas en áreas adyacentes.

Mapa 20: Peligro por lluvias intensas en el área de intervención (SIGRID)



MOVIMIENTOS EN MASA ASOCIADOS A LLUVIAS FUERTES

La cartografía del SIGRID también identifica zonas con susceptibilidad media a movimientos en masa asociados a lluvias fuertes en el área de intervención. Este nivel indica que, durante eventos de precipitaciones extremas, existe la posibilidad de ocurrencia de deslizamientos, caída de rocas o aportes de sedimentos hacia el canal de conducción.

Aunque la infraestructura principal no se ubica directamente en una franja de alta susceptibilidad, la afectación indirecta por procesos de remoción de masas puede comprometer la estabilidad de los taludes cercanos y la seguridad del canal.

Mapa 21: Movimientos en masa asociados a lluvias fuertes en el área de intervención (SIGRID)



8.3.3 Evidencias identificadas en campo

Con el objetivo de complementar la información recopilada de fuentes oficiales y brindar mayor sustento al análisis de peligros en el área de intervención, se realizaron visitas de campo en el sector Montalvo, margen derecha del río Moquegua. Durante estas inspecciones se identificaron evidencias directas de exposición a procesos de inundación fluvial, socavación lateral, erosión y acumulación de sedimentos, así como la proximidad de infraestructuras viales y obras hidráulicas que podrían influir en el nivel de riesgo del proyecto.

En las siguientes figuras se muestran los registros fotográficos obtenidos en campo, acompañados de su respectiva descripción técnica:

Foto 1: Ubicación de la bocatoma proyectada en el río Moquegua



Foto 2: Ubicación de la bocatoma proyectada en el río Moquegua



Foto 3: Evidencia de infraestructura existente en la margen derecha del río Moquegua



Foto 4: Evidencia del cruce proyectado de la línea de conducción en zona próxima a puente y enrocado del MTC



Foto 5: Evidencia de la línea de conducción proyectada paralela al cauce del río Moquegua



Las evidencias de campo permiten corroborar las condiciones de alta susceptibilidad a inundaciones y socavaciones en la zona de intervención, así como la exposición de la infraestructura proyectada a procesos de colmatación, erosión y afectación por obras viales colindantes. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de considerar medidas de protección estructural y no estructural en la etapa de diseño del proyecto, de modo que se garantice la sostenibilidad y operatividad del sistema de riego frente a eventos hidrometeorológicos extremos.

8.3.4 Información de noticias y antecedentes locales

Con el propósito de complementar la información recopilada en campo y en fuentes oficiales, se revisaron noticias y reportes locales que registran antecedentes de desastres ocurridos en el área de estudio. Estos reportes permiten evidenciar la magnitud de los daños ocasionados en infraestructuras críticas y su impacto en la conectividad regional.

En la siguiente figura se muestra el colapso del Puente Montalvo, ocurrido el 8 de febrero de 2019 a consecuencia de un desborde extraordinario del río Moquegua. Este hecho constituye un antecedente relevante que confirma la alta vulnerabilidad de las infraestructuras hidráulicas y viales frente a avenidas fluviales de gran magnitud.

Foto 6: Puente Montalvo colapsado por el desborde del río Moquegua (2019)



8.3.5 Análisis integral de la información

El análisis integral de información secundaria y evidencias de campo permitió identificar los peligros más relevantes que podrían afectar la zona de intervención del proyecto. Para ello se utilizaron como insumos las siguientes fuentes:

- Fuente: INDECI – Emergencias registradas 2003 – 2018, donde se sistematizaron 13 eventos en un radio de 2 km, siendo el fenómeno más recurrente y dañino las precipitaciones intensas (69.23% de eventos), seguidas de vientos fuertes, huaycos y derrumbes.
- Fuente: Información recopilada del Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID), que mostró la presencia de franjas de inundación fluvial de nivel alto en el cauce del río Moquegua, así como una alta susceptibilidad sísmica (intensidades históricas IX–X MMI).
- Fuente: Evidencias de peligros identificados en campo, donde se verificaron procesos activos de socavación lateral, erosión fluvial y acumulación de sedimentos, afectando directamente las zonas de la bocatoma proyectados.

Fuente: Información recopilada de noticias, particularmente el colapso del Puente Montalvo en 2019 tras el desborde del río Moquegua, lo que constituye un antecedente histórico de gran impacto en la conectividad y que confirma la magnitud destructiva de las inundaciones fluviales en la zona.

En el siguiente cuadro se presenta la síntesis del análisis de peligros, en el cual se jerarquizan los fenómenos naturales identificados en función de su recurrencia, magnitud e impacto potencial sobre la infraestructura proyectada.

Tabla 24: Peligros con mayor probabilidad y potencial de daño en la zona de intervención

CLASIFICACIÓN	FENÓMENO	PRESENCIA	NIVEL	JUSTIFICACIÓN DE PRESENCIA	JUSTIFICACIÓN DEL NIVEL
PELIGROS GENERADOS POR FENÓMENOS DE GEODINÁMICA INTERNA	Sismos	Sí	Alto	Área dentro de zona sísmica activa, reportes históricos (IX–X MMI, SIGRID).	Alta sismicidad regional por subducción de la placa de Nazca.
	Tsunamis o maremotos	No	—	Zona continental, sin exposición marina.	—
	Vulcanismo	No	—	Área fuera de influencia directa de volcanes activos.	—
PELIGROS GENERADOS POR FENÓMENOS DE GEODINÁMICA EXTERNA	Caídas	No	—	No se identifican laderas rocosas verticales.	—
	Volcamiento	No	—	No existen bloques sueltos con riesgo.	—
	Deslizamiento de roca o suelo	No	—	Pendientes moderadas, sin antecedentes de deslizamiento.	—
	Propagación lateral	No	—	No hay condiciones de licuefacción.	—
	Flujo	Sí	Medio	INDECI reporta eventos de huaycos (2012) en un radio de 2 km del área de intervención.	Se trata de eventos puntuales, pero destructivos. Sin embargo, la zona específica del proyecto no presenta evidencias de afectación directa por flujos.
	Reptación	No	—	No se evidencian suelos blandos con deformaciones.	—
	Deformaciones gravitacionales profundas	No	—	No corresponde al ámbito geológico de la zona.	—

CLASIFICACIÓN	FENÓMENO	PRESENCIA	NIVEL	JUSTIFICACION DE PRESENCIA	JUSTIFICACION DEL NIVEL
PELIGROS GENERADOS POR FENÓMENOS DE ORIGEN NATURAL	Inundaciones	Sí	Alto	SIGRID: franja de inundación alta; antecedentes INDECI; colapso Puente Montalvo 2019.	Proyecto en contacto directo con el cauce del río Moquegua.
	Lluvias intensas	Sí	Medio-Alto	INDECI: 69% de emergencias registradas por lluvias; SIGRID: susceptibilidad media.	Recurrentes, con daños a viviendas y cultivos.
	Oleajes anómalos	No	—	No aplica por ubicación continental.	—
	Sequía	No	—	No se reportan impactos críticos en el área de estudio.	—
	Descenso de temperatura	Sí (baja)	Bajo	SIGRID: susceptibilidad baja a muy baja.	Afecta principalmente cultivos, no infraestructura.
	Granizadas	No	—	No se identificaron reportes en el área.	—
	Fenómeno El Niño	No (directo)	—	Impactos indirectos vía lluvias intensas.	—
	Tormentas eléctricas	No	—	No se registran antecedentes significativos.	—
	Vientos fuertes	Sí	Medio	INDECI: reportes 2008 y 2017.	Se trata de eventos ocasionales que generan daños en viviendas ligeras y cultivos. En relación con el proyecto, podrían afectar la infraestructura aérea de conducción y estructuras temporales de obra, aunque no representan un peligro crítico para la captación o canal protegido.
	Erosión	Sí	Alto	Evidencias en campo de erosión y socavación en márgenes del río.	Amenaza directa a la bocatoma y desarenador proyectados.
	Incendios forestales	Sí	Bajo	Reportados por INDECI en la región.	Baja frecuencia y vegetación limitada en la zona.
	Olas de calor y frío	No	—	No hay registros relevantes de impacto.	—
	Deglaciación	No	—	Zona fuera de influencia de glaciares.	—
	Fenómeno La Niña	No (directo)	—	Impactos indirectos (déficit hídrico), no significativos.	—

Fuente: Elaboración propia con base en información de INDECI, SIGRID y observaciones de campo (2025).

Del análisis sistematizado se concluye que los peligros con mayor potencial de generar daños en la zona de intervención son:

- a) **Sismos:** La zona del proyecto se encuentra dentro de un ámbito de alta sismicidad, con registros históricos de intensidades IX–X MMI. Este peligro representa una amenaza directa sobre las obras hidráulicas proyectadas (bocatoma y canal), al poder ocasionar fallas estructurales graves y pérdida de funcionalidad del sistema.
- b) **Inundación fluvial:** La dinámica del río Moquegua y los antecedentes históricos evidencian que este peligro constituye la amenaza más severa para el proyecto. Las crecidas extraordinarias pueden provocar procesos de socavación, erosión, sedimentación y colmatación de estructuras críticas. El colapso del Puente Montalvo en 2019 constituye la evidencia más clara de los impactos destructivos que pueden producir las avenidas fluviales.

En contraste, otros peligros identificados, como movimientos en masa, lluvias intensas, heladas o vulcanismo, presentan una menor probabilidad de ocurrencia o afectan de manera indirecta al área de intervención. Aunque deben considerarse dentro del contexto general de riesgo, su impacto esperado es limitado frente a los daños potenciales derivados de los sismos y las inundaciones fluviales.

En consecuencia, los peligros sísmicos e inundación fluvial son los que, de acuerdo con la información recopilada y analizada, deben ser considerados como peligros principales a evaluar en detalle en el

presente Estudio de Evaluación del Riesgo (EVAR), al ser los que han generado y pueden generar los mayores daños en la zona de intervención del sistema de riego proyectado.

8.4 Determinación del nivel de Peligro ante sismos

8.4.1 Preselección de las zonas

Para efectos de la evaluación del peligro sísmico, se tomó como zona de análisis la totalidad de los elementos vulnerables proyectados que forman parte del sistema de riego Embudo Exlembur: bocatoma, canal de conducción y estructuras complementarias.

Esta delimitación corresponde al área de intervención definida en el proyecto y coincide con el ámbito de análisis de elementos expuestos que será desarrollado en el Capítulo 9. En esta sección se considera únicamente como preselección de zonas, a fin de establecer que todos los componentes proyectados serán evaluados frente al peligro sísmico, sin repetir la descripción detallada que se presentará posteriormente.

8.4.2 Identificación y Caracterización del Peligro – Sismos

• Análisis de peligrosidad

El análisis de peligrosidad sísmica constituye una etapa fundamental para comprender el nivel de amenaza que representa la sismicidad en el área de intervención del proyecto. Su propósito es identificar la probabilidad y magnitud de los efectos que los sismos pueden generar sobre el terreno y la infraestructura proyectada, considerando tanto factores condicionantes como desencadenantes.

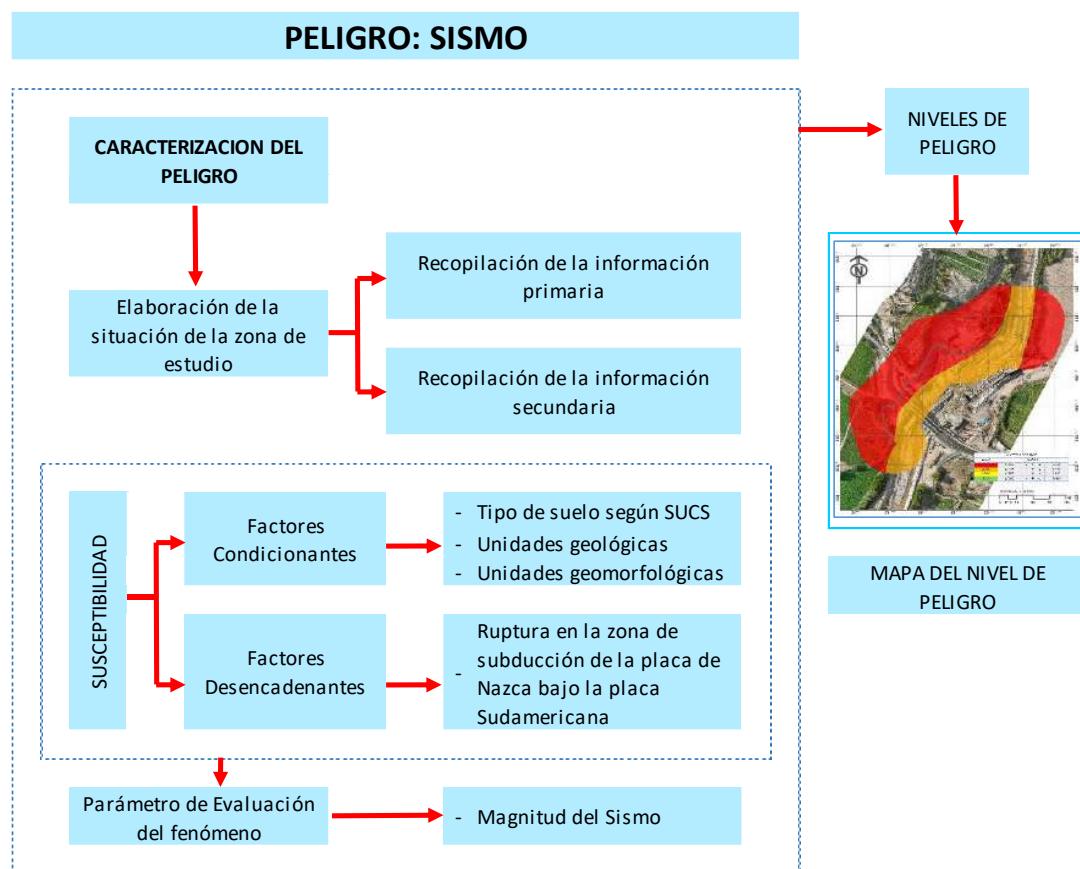
Para este estudio, la peligrosidad se evaluó a partir de la recopilación de información secundaria y de campo, así como de la integración de parámetros representativos del fenómeno sísmico. Se consideraron principalmente tres componentes:

- **Factores condicionantes**, vinculados a las características del terreno (tipo de suelo, unidades geológicas y geomorfológicas) que influyen en la respuesta sísmica local.
- **Factores desencadenantes**, definido como la ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, que es la fuente principal de sismicidad de gran magnitud en la región.
- **Parámetro de evaluación**, expresado en función de la magnitud del sismo, utilizada para representar la severidad del evento sísmico.

En la siguiente figura se presenta el esquema metodológico aplicado para la caracterización del peligro sísmico, el cual sintetiza los pasos seguidos desde la recopilación de información hasta la definición de los niveles de peligro y la elaboración del mapa correspondiente.

El siguiente esquema permite visualizar cómo se organiza el análisis de peligrosidad y de qué manera cada componente se articula para obtener un diagnóstico integral del peligro sísmico. Los resultados específicos incluyendo la definición del parámetro de evaluación, el análisis de susceptibilidad, los escenarios de riesgo, la estimación y estratificación del peligro, así como el mapa de peligro serán presentados en los apartados siguientes.

Tabla 25: Caracterización de peligro por sismo



Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

• Parámetro de evaluación

Para la caracterización del peligro sísmico se utilizó como parámetro de evaluación la magnitud del sismo, entendida como una medida cuantitativa de la energía liberada durante la ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana. Este parámetro fue seleccionado debido a que permite representar de manera directa la severidad del evento sísmico que podría afectar el área de estudio.

Con el fin de graduar este parámetro, se establecieron cinco descriptores ordenados de mayor a menor magnitud, los cuales permiten diferenciar los niveles de peligro asociados a un evento sísmico. Los descriptores se definieron en función del rango de magnitudes que caracterizan a los sismos generados en la zona de subducción y a su potencial de producir daños sobre la infraestructura:

- Descriptor 1 (Magnitud ≥ 8.5 , Muy alto): Corresponde a sismos de gran ruptura, capaces de generar daños catastróficos, colapsos estructurales generalizados, fallas de terreno y afectación crítica de la operatividad del sistema.
- Descriptor 2 (Magnitud 8.0 – 8.4, Alto): Representa sismos severos con alta probabilidad de producir fallas significativas en la infraestructura, asentamientos diferenciales y afectación importante de los servicios.

- Descriptor 3 (Magnitud 7.5 – 7.9, Medio): Agrupa sismos capaces de generar daños moderados, como fisuras estructurales, asentamientos menores y deslizamientos superficiales.
- Descriptor 4 (Magnitud 7.0 – 7.4, Bajo): Considera eventos que pueden producir daños leves, restringidos principalmente a elementos no estructurales y requerir solo intervenciones menores.
- Descriptor 5 (Magnitud < 7.0, Muy bajo): Nivel en el que los efectos sobre la infraestructura son reducidos y generalmente no comprometen la operatividad del sistema.

La jerarquización de estos descriptores responde a la progresión lógica de los efectos que un sismo puede ocasionar según su magnitud, desde la pérdida total de funcionalidad de las estructuras hasta la ausencia de impactos significativos. De esta manera, se garantiza que la estimación del peligro refleje coherentemente la severidad del evento sísmico considerado en el análisis..

En el siguiente cuadro se presentan los descriptores establecidos y los valores de ponderación resultantes, obtenidos mediante el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ). Dichos valores permiten asignar un peso relativo a cada descriptor, reflejando su importancia dentro del análisis global de peligrosidad sísmica.

Tabla 26: Parámetro de evaluación – Magnitud de sismo

Magnitud del Sismo	Peso. Pond.	1
Mayor a 8.0: Grandes terremotos	0.518	
6.0 a 7.9: sismo mayor	0.241	
4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	0.134	
3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	0.065	
Menor a 3.4: No es sentido en general pero es registrado por sismógrafos	0.042	

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

• Análisis de susceptibilidad

La susceptibilidad sísmica en el área de intervención se evaluó considerando dos grandes grupos de factores: condicionantes y desencadenantes. Esta diferenciación permite integrar tanto las características intrínsecas del terreno como la magnitud del fenómeno que puede afectarlo.

a) Factores condicionantes

Corresponden a las características propias del terreno que influyen en la respuesta frente a un sismo. Se analizaron los siguientes parámetros:

- **Tipo de suelo según SUCS:** Se consideraron desde suelos de relleno y materiales sueltos (alta vulnerabilidad), hasta suelos densos y rocas competentes (baja vulnerabilidad). Este parámetro es el de mayor peso relativo (0.714) dentro de los factores condicionantes, lo que confirma que el comportamiento sísmico del área está fuertemente determinado por las propiedades del suelo. Los suelos blandos o de baja densidad tienden a amplificar las ondas sísmicas y, en consecuencia, incrementan los daños potenciales en las estructuras proyectadas.
- **Unidades geológicas:** La presencia de depósitos aluviales recientes y gravas representa mayor susceptibilidad frente a la sismicidad, en contraste con formaciones rocosas más consolidadas. Este factor alcanza un peso intermedio (0.143), mostrando que aunque no es el determinante principal, sí constituye un aporte significativo en la respuesta local del terreno.

- Unidades geomorfológicas:** Los fondos de valle aluvial y planicies presentan mayor susceptibilidad por su capacidad de amplificación sísmica, a diferencia de colinas en roca volcánica o montañas en roca consolidada. Este parámetro también presenta un peso relativo de 0.143, reforzando la importancia de las características geomorfológicas para comprender la variabilidad espacial del peligro.

Estos parámetros condicionantes reflejan la capacidad del terreno para amplificar las ondas sísmicas y, por tanto, aumentar los efectos del sismo en la infraestructura proyectada.

Tabla 27: Ponderación de factores condicionantes

FACTORES CONDICIONANTES	Peso. Pond.	1
Tipo de suelo según SUCS	0.714	
Unidades geológicas	0.143	
Unidades geomorfológicas	0.143	

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

Tabla 28: Factor condicionante - Tipo de suelo según SUCS

Tipo de suelo según SUCS	Peso. Pond.	0.714
SP, SM, SP-SM, SW-SM, ML, PT, RE (rellenos).	0.503	
GC, GP-GM, GW-GM, GW-GC, CL blanda.	0.260	
CL media-firme, ML-CL, SC, SW (densidad media).	0.134	
GP, GW, SW denso.	0.068	
R (roca competente) / suelos muy densos o cementados.	0.035	

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

Tabla 29: Factor condicionante - Unidades geológicas

Unidades geológicas	Peso. Pond.	0.143
Depósitos aluviales recientes, Depósitos aluviales recientes, gravas-limos y Pueblo	0.582	
Depósitos aluviales recientes, gravas, y Depósitos aluviales recientes, bloques	0.199	
Formación Sotillo	0.110	
Formación Moquegua superior	0.067	
Formación Guaneros, riolitas	0.041	

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

Tabla 30: Factor condicionante - Unidades geomorfológicas

Unidades geomorfológicas	Peso. Pond.	0.143
Fondos de valle aluvial	0.503	
Planicie aluvial	0.260	
Colina en roca sedimentaria	0.134	
Colina en roca volcánica	0.068	
Montaña en roca volcánica	0.035	

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

b) Factores desencadenantes:

El factor desencadenante del peligro sísmico corresponde a la ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, principal fuente generadora de los grandes terremotos que afectan al sur del Perú. Para este estudio, se consideró la proximidad de la zona de estudio respecto a la fosa de subducción, dado que la distancia influye en la severidad potencial de los efectos del evento sísmico:

Con base en esta relación geodinámica, se establecieron cinco descriptores:

- **Descriptor 1 (Muy cercano: 0 a 150 km)**
Alta influencia directa de rupturas interplaca de gran magnitud.
- **Descriptor 2 (Cercano: 150 a 250 km)**
Influencia significativa de la ruptura sísmica.
- **Descriptor 3 (Intermedio: 250 a 350 km)**
Condición moderada respecto al plano de subducción.
- **Descriptor 4 (Lejano: 350 a 450 km)**
Influencia reducida de la ruptura interplaca.
- **Descriptor 5 (Muy lejano: más de 450 km)**
Mínima influencia directa de la zona de subducción.

Esta clasificación permite identificar el nivel de aporte del fenómeno detonante en la generación de los sismos que podrían afectar el área de estudio

Tabla 31: Factor desencadenante – Ruptura de placas

Ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana	Peso. Pond.	1
Muy cercana a la zona de subducción de 0 a 150 km desde la fosa de subducción	0.503	
Cercana a la zona de subducción de 150 a 250 km desde la fosa	0.260	
Intermedia respecto al plano de subducción de 250 a 350 km desde la fosa	0.134	
Lejana del plano de subducción de 350 a 450 km desde la fosa	0.068	
Muy lejana del plano de subducción de Más de 450 km desde la fosa	0.035	

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

c) Integración de los factores

La combinación de factores condicionantes y desencadenantes permite establecer niveles de susceptibilidad diferenciados para el área de estudio. De esta forma, se reconoce que:

- Los condicionantes determinan el grado de amplificación y vulnerabilidad intrínseca del terreno.
- Los desencadenantes definen la fuerza del fenómeno que puede activar dichos efectos.

Esta integración asegura una visión más completa de la peligrosidad sísmica y permite fundamentar los escenarios de riesgo que serán desarrollados en los siguientes apartados del estudio.

En conclusión, el análisis de susceptibilidad sísmica evidencia que la combinación de suelos blandos y poco competentes (según la clasificación SUCS y las unidades geológicas y geomorfológicas identificadas) con la ocurrencia de grandes terremotos ($Mw > 8.0$) constituye el escenario crítico para el área de intervención. Esta interacción incrementa significativamente la amplificación de las ondas sísmicas y, en consecuencia, el nivel de daño esperado sobre la infraestructura proyectada. Por ello, la susceptibilidad sísmica en el proyecto debe considerarse alta y prioritaria en la definición de medidas de diseño y mitigación.

• Definición de escenarios de riesgos

El escenario crítico corresponde a un sismo de gran magnitud ($Mw > 8.0$), cuyo factor desencadenante es la ruptura interplaca en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, considerando una distancia de 150 a 250 km desde la fosa, rango en el que se ubica el área de estudio.

La evaluación se aplica sobre los elementos vulnerables del proyecto IOARR "Reparación de bocatoma y canal en el sistema de riego Embudo Exlembur, distrito de San Antonio, provincia Mariscal Nieto, departamento Moquegua", incluyendo la bocatoma, el canal de conducción y las estructuras complementarias.

• Estimación del Nivel de Peligro por sismo

El cálculo del nivel de peligrosidad se realizó integrando el parámetro de evaluación y la susceptibilidad, aplicando una ponderación de 30 % y 70 %, respectivamente.

La susceptibilidad se obtuvo de la combinación de los factores condicionantes y el factor desencadenante, con ponderaciones internas de 90 % y 10 %.

- El valor de los factores condicionantes (tipo de suelo, unidad geológica y unidad geomorfológica) se calculó a partir de la multiplicación de cada parámetro por su descriptor correspondiente.
- El factor desencadenante se representó por la magnitud del sismo, siguiendo la misma lógica de asignación de valores por descriptor.

En síntesis, el procedimiento seguido fue:

- Cálculo de los valores de cada factor condicionante.
- Integración de los factores condicionantes y el desencadenante para obtener la susceptibilidad.
- Combinación de la susceptibilidad (70 %) con el parámetro de evaluación (30 %) para obtener el nivel final de peligrosidad.

Este resultado se estratificó en categorías cualitativas, con el fin de facilitar su interpretación y representación cartográfica. Para ello, los valores obtenidos del índice de peligrosidad —expresados en una escala continua entre 0 y 1— fueron clasificados en cuatro rangos:

- Muy alto: valores próximos a 1, que indican condiciones de máxima peligrosidad por la combinación de suelos blandos, depósitos recientes y la ocurrencia de grandes terremotos ($Mw > 8.0$). En este nivel se espera la ocurrencia de daños severos y pérdida de operatividad de la infraestructura.
- Alto: valores intermedios-altos, que reflejan condiciones de peligro significativo, con probabilidad de daños estructurales importantes en la bocatoma, canal y estructuras complementarias.
- Medio: valores intermedios, que corresponden a sectores con susceptibilidad moderada y en los que los efectos de los sismos podrían ocasionar daños menores o reparables.
- Bajo: valores próximos a 0, que indican condiciones de terreno más estables y con baja probabilidad de afectación significativa frente a sismos.

La clasificación cualitativa permite traducir los resultados numéricos en información útil para la toma de decisiones, tanto en la formulación de escenarios de riesgo como en la priorización de medidas de

mitigación. Estos rangos son los que se presentan en los cuadros de síntesis y se representan gráficamente en el Mapa de Peligro por Sismo, que constituye el insumo final de este apartado.

Tabla 32: Parámetro de evaluación y factor desencadenante

Parámetro de Evaluación		Factor Desencadenante			
Magnitud del Sismo		VALOR	Ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana		VALOR
PARÁMETRO	DESCRIPTOR		PARÁMETRO	DESCRIPTOR	
1	0.518	0.518	1	0.503	0.503
1	0.241	0.241	1	0.260	0.260
1	0.134	0.134	1	0.134	0.134
1	0.065	0.065	1	0.068	0.068
1	0.042	0.042	1	0.035	0.035

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

Tabla 33: Determinación del valor de los factores condicionantes

Factores Condicionantes						VALOR	
Tipo de suelo según SUCS		Unidades geológicas		Unidades geomorfológicas			
PARÁMETRO	DESCRIPTOR	PARÁMETRO	DESCRIPTOR	PARÁMETRO	DESCRIPTOR		
0.714	0.503	0.143	0.582	0.143	0.503	0.514	
0.714	0.260	0.143	0.199	0.143	0.260	0.252	
0.714	0.134	0.143	0.110	0.143	0.134	0.131	
0.714	0.068	0.143	0.067	0.143	0.068	0.068	
0.714	0.035	0.143	0.041	0.143	0.035	0.036	

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

Tabla 34: Determinación de valor de susceptibilidad

Susceptibilidad				VALOR	
Factores Condicionantes		Factor Desencadenante			
PARÁMETRO	DESCRIPTOR	PARÁMETRO	DESCRIPTOR		
0.514	90%	0.503	10%	0.513	
0.252	90%	0.260	10%	0.252	
0.131	90%	0.134	10%	0.131	
0.068	90%	0.068	10%	0.068	
0.036	90%	0.035	10%	0.036	

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

Tabla 35: Determinación de los niveles de peligrosidad

NIVELES DE PELIGROSIDAD				
Parámetro de Evaluación		Susceptibilidad		VALOR
PARÁMETRO	DESCRIPTOR	PARÁMETRO	DESCRIPTOR	
0.518	30%	0.513	70%	0.514
0.241	30%	0.252	70%	0.249
0.134	30%	0.131	70%	0.132
0.065	30%	0.068	70%	0.067
0.042	30%	0.036	70%	0.038

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

Tabla 36: Valores de los niveles de peligro por sismo

NIVELES DE PELIGRO			
NIVEL	RANGO		
MUY ALTO	0.249	$\leq P \leq$	0.514
ALTO	0.132	$\leq P <$	0.249
MEDIO	0.067	$\leq P <$	0.132
BAJO	0.038	$\leq P <$	0.067

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

• Estratificación del Peligro por sismo

La estratificación del peligro sísmico constituye la etapa final del proceso de estimación, en la cual los valores numéricos obtenidos en los cálculos son traducidos en categorías cualitativas que facilitan su interpretación y aplicación práctica. Para este análisis, se consideraron las ponderaciones establecidas para los factores condicionantes, los factores desencadenantes y el parámetro de evaluación, lo que permitió integrar las características del terreno con la magnitud del fenómeno sísmico.

El resultado de este procedimiento permitió clasificar los niveles de peligrosidad en cuatro rangos diferenciados: muy alto, alto, medio y bajo. Cada categoría no solo responde a un intervalo numérico de valores de peligrosidad, sino que también incorpora la descripción de los efectos sísmicos esperados (desde colapsos de estructuras hasta daños leves o imperceptibles) y su relación con las condiciones del terreno en el área de estudio.

De esta manera, la estratificación refleja cómo la interacción entre suelos, unidades geológicas y geomorfológicas, junto con la magnitud del sismo considerado, determinan la respuesta del entorno y los posibles impactos sobre la infraestructura proyectada.

En el siguiente cuadro se presentan los rangos de peligrosidad definidos, acompañados de la descripción de los efectos característicos y las condiciones geotécnicas y geomorfológicas asociadas:

Tabla 37: Estratificación de los niveles de peligrosidad por sismo

Nivel de Peligro	Descripción	Rangos
PELIGRO MUY ALTO	Peligro sísmico ocasionado por la ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, ubicada a una distancia de 150 a 250 km desde la fosa, con sismos de magnitud mayor a 8 (grandes terremotos).	
	Tipo de suelo según SUCS SP, SM, SP-SM, SW-SM, ML, PT, RE (rellenos).	0.249≤P≤0.514
	Unidades geológicas Depósitos aluviales recientes, Depósitos aluviales recientes, gravas-limos y Pueblo	
PELIGRO ALTO	Unidades geomorfológicas Fondos de valle aluvial	
	Peligro sísmico ocasionado por la ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, ubicada a una distancia de 150 a 250 km desde la fosa, con sismos de magnitud mayor a 8 (grandes terremotos).	
	Tipo de suelo según SUCS GC, GP-GM, GW-GM, GW-GC, CL blanda.	0.132≤P≤0.249
PELIGRO MEDIO	Unidades geológicas Depósitos aluviales recientes, gravas, y Depósitos aluviales recientes, bloques	
	Unidades geomorfológicas Planicie aluvial	
	Peligro sísmico ocasionado por la ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, ubicada a una distancia de 150 a 250 km desde la fosa, con sismos de magnitud mayor a 8 (grandes terremotos).	
PELIGRO BAJO	Tipo de suelo según SUCS CL media-firme, ML-CL, SC, SW (densidad media).	0.067≤P≤0.132
	Unidades geológicas Formación Sotillo	
	Unidades geomorfológicas Colina en roca sedimentaria	
	Peligro sísmico ocasionado por la ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, ubicada a una distancia de 150 a 250 km desde la fosa, con sismos de magnitud mayor a 8 (grandes terremotos).	
	Tipo de suelo según SUCS R (roca competente) / suelos muy densos o cementados. y R (roca competente) / suelos muy densos o cementados.	0.038≤P≤0.067
	Unidades geológicas Formación Moquegua superior y Formación Guaneros, riolitas	
	Unidades geomorfológicas Colina en roca volcánica y Montaña en roca volcánica	

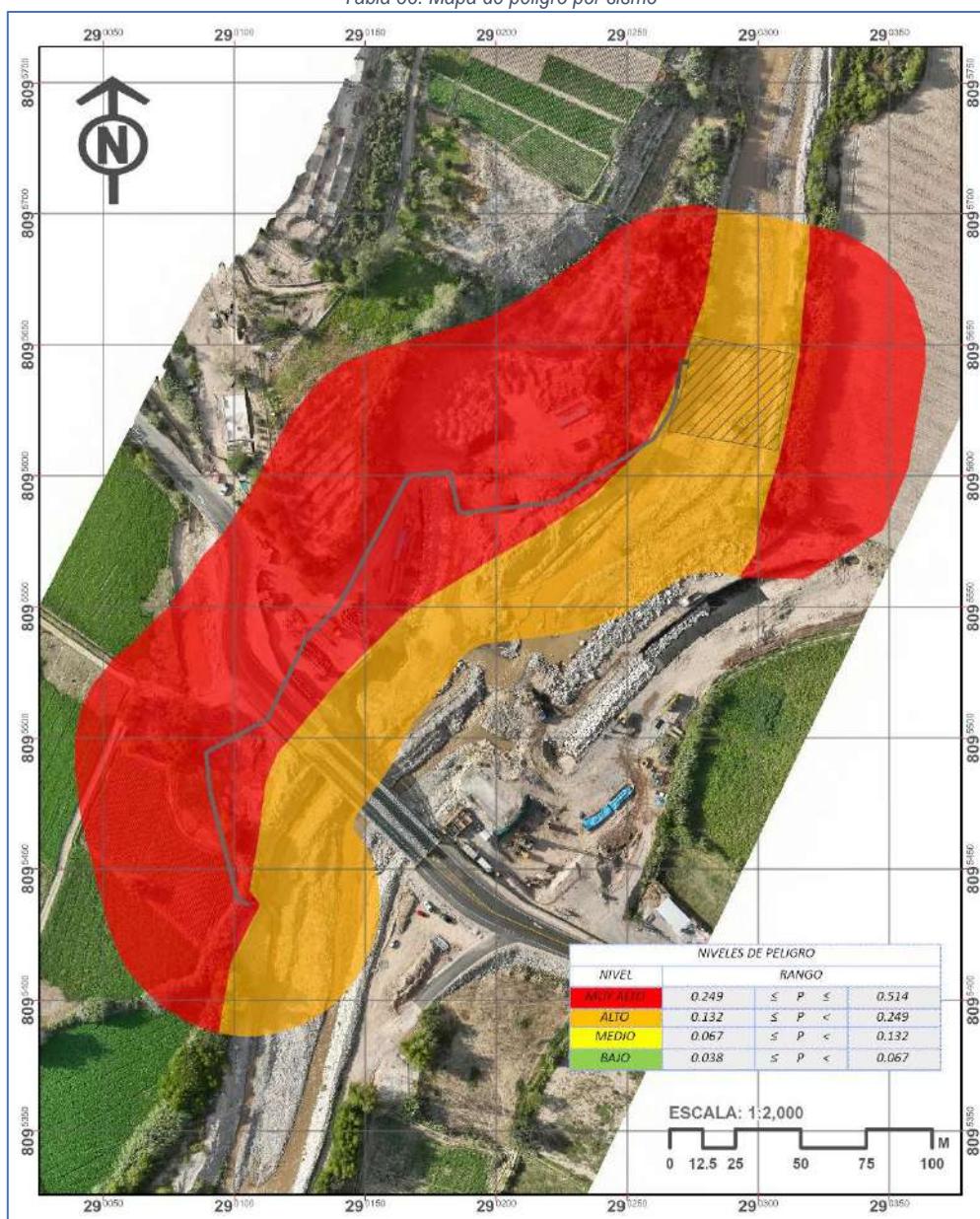
Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

- Mapa de peligro por sismo**

El mapa de peligro por sismo constituye la representación espacial de los resultados obtenidos en la estratificación de peligrosidad. En él se identifican las zonas del área de intervención que presentan diferentes niveles de peligro (muy alto, alto, medio y bajo), en función de la combinación del parámetro de evaluación, los factores condicionantes y el factor desencadenante previamente definidos.

Esta representación gráfica permite visualizar de manera clara la distribución de las áreas con mayor o menor grado de peligrosidad sísmica dentro de la zona de estudio, brindando una base objetiva para la continuidad del análisis en los capítulos siguientes del presente estudio.

Tabla 38: Mapa de peligro por sismo



8.5 Determinación del nivel de Peligro ante Vulcanismo

8.5.1 Preselección de las zonas

El área de intervención se encuentra dentro del ámbito regional de influencia de los volcanes Ubinas, Ticsani y Huaynaputina. Sin embargo, de acuerdo con la cartografía oficial del SIGRID – CENEPRED, la zona del proyecto se ubica fuera de las áreas de peligro alto o medio por caída de ceniza y pómex. En ese sentido, no se identifican condiciones de exposición directa frente a este fenómeno.

8.5.2 Identificación y Caracterización del peligro – Vulcanismo

- **Análisis de Peligrosidad**

La peligrosidad volcánica para el área de estudio es baja, ya que no existen antecedentes de afectación directa en la zona del proyecto. Únicamente podría presentarse afectación indirecta en escenarios eruptivos mayores, en forma de dispersión de ceniza fina, cuya ocurrencia es poco probable.

- **Análisis de Susceptibilidad**

La susceptibilidad local frente al fenómeno volcánico es nula o muy baja, debido a que el terreno del proyecto no se encuentra emplazado en depósitos volcánicos, flujos de lava o lahares.

- **Definición de escenarios de riesgos**

El único escenario considerado corresponde a una posible afectación indirecta por caída ligera de ceniza en caso de erupciones mayores de volcanes cercanos. Dicho escenario tendría impactos temporales y reversibles, principalmente sobre la calidad del agua o la operatividad de las estructuras hidráulicas proyectadas.

- **Estimación Preliminar del Nivel de Peligro – Vulcanismo**

Con base en la información cartográfica oficial y en las condiciones observadas en campo, el nivel de peligro por vulcanismo se clasifica como Bajo, al no existir evidencias de amenazas directas sobre la zona de intervención.

- **Estratificación del peligro por vulcanismo**

No resulta necesario realizar estratificaciones internas (muy alto, alto, medio, bajo), dado que la totalidad del área de estudio se encuentra en un nivel bajo de peligro volcánico.

En síntesis, el análisis efectuado permite establecer que el nivel de peligro por vulcanismo en el área de intervención es bajo, al no encontrarse dentro de las zonas de influencia directa de caída de ceniza y pómex. La eventual afectación estaría limitada únicamente a escenarios eruptivos extraordinarios de volcanes cercanos, cuya probabilidad es reducida y cuyos efectos serían indirectos y de carácter temporal. Por lo tanto, este peligro no representa un factor crítico para la infraestructura proyectada.

8.6 Determinación del Nivel de peligro antes Flujo de detritos

8.6.1 Preselección de las zonas

El área de intervención se localiza en la margen del río Moquegua, en un sector caracterizado por cauces definidos y defensas ribereñas. De acuerdo con la revisión de la cartografía oficial del SIGRID y las observaciones de campo, no se identifican quebradas activas ni conos de deyección que puedan constituir zonas de aporte de flujos de detritos hacia la infraestructura proyectada.

8.6.2 Identificación y Caracterización del Peligro – Flujo de Detritos

- **Análisis de Peligrosidad**

La peligrosidad por flujos de detritos en el área de intervención es baja, debido a que el río principal presenta un cauce confinado y no existen evidencias geomorfológicas de depósitos de detritos en las inmediaciones. Los eventos pasados en la zona han estado más asociados a inundaciones fluviales que a procesos de remoción en masa de tipo torrencial.

- **Análisis de Susceptibilidad**

La susceptibilidad del área frente a flujos de detritos es reducida, ya que las laderas cercanas muestran pendientes moderadas y estabilizadas, además de no registrar acumulación de material suelto susceptible de ser movilizado. En consecuencia, no existen condiciones que favorezcan la ocurrencia de este fenómeno en el ámbito del proyecto.

- **Definición de Escenarios de riesgos**

Para efectos de este estudio, no se considera necesario plantear escenarios específicos de riesgo por flujos de detritos, debido a la ausencia de fuentes de aporte significativas y a la nula evidencia de eventos históricos de esta naturaleza que afecten directamente la zona de intervención.

- **Estimación Preliminar de Nivel de Peligro – Flujo de Detritos**

El nivel de peligro por flujos de detritos en el área de estudio se clasifica como bajo, dado que no se cumplen las condiciones geomorfológicas ni hidrológicas que permitan la ocurrencia de este fenómeno.

- **Estratificación del peligro por flujo de detritos**

La estratificación realizada para este peligro ubica a la zona de intervención en la categoría de peligro bajo, al no encontrarse expuesta a procesos torrenciales asociados a quebradas o depósitos inestables.

8.7 Determinación del nivel de Peligro ante movimiento de masa

8.7.1 Preselección de las zonas

El análisis se enfocó en el área de intervención del proyecto (bocatoma y canal proyectados) y su entorno inmediato. Esta zona se encuentra en la margen del río Moquegua, caracterizada por depósitos aluviales y laderas cercanas de moderada pendiente.

8.8.2 Identificación y caracterización del Peligro – Movimiento de masa

- **Análisis de Peligrosidad**

La cartografía oficial del SIGRID – CENEPRED muestra que el área de intervención del proyecto se encuentra dentro de una franja de susceptibilidad baja a movimientos en masa. No se identifican deslizamientos activos ni cicatrices mayores en las inmediaciones de la bocatoma y el canal proyectado.

- **Análisis de susceptibilidad**

Aunque la zona del proyecto presenta baja susceptibilidad, en áreas adyacentes se registran sectores con susceptibilidad media y alta, asociados a laderas inestables del valle. Estos podrían constituir fuentes de aporte de material detrítico hacia el cauce principal durante lluvias intensas, aumentando la carga sólida en la bocatoma.

- **Definición de Escenario de riesgos**

El escenario considerado corresponde a la ocurrencia de deslizamientos puntuales en laderas cercanas que generen aporte de sedimentos y rocas al cauce principal durante episodios de lluvias extraordinarias, afectando indirectamente la infraestructura proyectada.

- **Estimación Preliminar del Nivel de Peligro – Movimiento en Masa**

De acuerdo con la información geoespacial y las condiciones del terreno, el nivel de peligro por movimientos en masa en el área de intervención es clasificado como bajo, dado que no se evidencian procesos activos que comprometan directamente la infraestructura.

- **Estratificación de Peligro por Movimiento en Masa**

El nivel de peligro identificado se ubica en la categoría baja, reconociendo que los impactos más relevantes provendrían de procesos secundarios de aporte de material desde laderas inestables adyacentes, y no de deslizamientos directos sobre el área del proyecto.

8.8 Determinación del Nivel de Peligro antes Inundación Fluvial

8.8.1 Preselección de las zonas

Para la evaluación del peligro de inundación fluvial se consideró la totalidad de la infraestructura proyectada en el sistema de riego, a fin de garantizar que todos los elementos que forman parte del proyecto estén incluidos en el análisis, independientemente de que su nivel de afectación potencial sea alto, medio o bajo.

Dentro de este conjunto de obras se incluyen la bocatoma con sus estructuras complementarias, el canal de conducción y las distintas estructuras previstas a lo largo de su trazo (como cruces de carretera, acueductos y obras de paso), así como el desarenador y demás instalaciones asociadas al funcionamiento integral del sistema.

El área de influencia fue delimitada con base en la lámina de agua obtenida mediante la modelación hidráulica para un periodo de retorno de 100 años, a la cual se incorporó una franja marginal adicional de 20 metros a cada lado del cauce. Esta extensión se definió con el fin de considerar afectaciones indirectas como socavación, erosión lateral o saturación de suelos.

De esta manera, la preselección de zonas abarca tanto el corredor fluvial efectivamente activo como las áreas adyacentes con influencia hidráulica, constituyendo la base metodológica para la identificación, caracterización y estimación del nivel de peligro por inundación fluvial que se desarrolla en los apartados siguientes.

8.8.2 Identificación y caracterización del Peligro – Inundación Fluvial

• Análisis de peligrosidad

La peligrosidad por inundación fluvial en el área de estudio se evaluó considerando la combinación de factores condicionantes, desencadenantes y el parámetro de evaluación del fenómeno, siguiendo la metodología del CENEPRED.

En cuanto a los factores condicionantes, se analizaron las características intrínsecas del terreno que pueden favorecer la acumulación o la propagación del agua durante eventos de crecida, como la pendiente del terreno, la naturaleza de las unidades geológicas y las unidades geomorfológicas presentes en la zona. Estos elementos determinan la capacidad del área para concentrar o disipar los flujos de agua.

Los factores desencadenantes corresponden a la ocurrencia de precipitaciones máximas diarias (mm/24h), que constituyen el principal evento hidrometeorológico capaz de activar procesos de desborde y generar inundaciones fluviales en el río Moquegua y sus márgenes inmediatas.

El parámetro de evaluación del fenómeno empleado fue la altura de lámina de agua en la zona inundable, criterio que permite estimar la severidad del impacto directo sobre las infraestructuras proyectadas. Este parámetro facilita la diferenciación de rangos de peligrosidad, al relacionar la magnitud de la inundación con el potencial de daños estructurales.

Para sustentar este análisis, en el siguiente cuadro se presentan los descriptores y valores de ponderación empleados para cada parámetro considerado, lo que permite objetivar el proceso de evaluación y establecer una base cuantitativa para la determinación del nivel de peligro:

Tabla 39: Caracterización de peligro por inundación fluvial



Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

• Parámetro de evaluación

Para la estimación del nivel de peligrosidad por inundación fluvial en el área de intervención se adoptó como parámetro de evaluación la altura de lámina de agua en la zona inundable. Este criterio resulta adecuado, ya que permite cuantificar directamente el grado de afectación que podría experimentar la infraestructura proyectada en función de la magnitud del anegamiento.

La clasificación de este parámetro se realizó en cinco categorías, desde muy bajo hasta muy alto, las cuales expresan la severidad de los daños esperados. Estas categorías van desde impactos leves o nulos (cuando el nivel de agua es inferior a 0.2 m) hasta situaciones catastróficas (cuando la altura de la lámina de agua supera los 1.5 m, generando socavación severa y daños estructurales críticos).

Los pesos ponderados asignados a cada descriptor fueron obtenidos mediante el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ) de Saaty, cuyo detalle se presenta en los anexos del presente informe. Dicho procedimiento permitió jerarquizar los descriptores de acuerdo con su relevancia en la determinación del peligro, asegurando objetividad en la valoración.

Tabla 40: Parámetro de evaluación - altura de agua en zona inundable

Altura de agua en zona inundable	Peso. Pond.	1
Muy alto: > 1.5 m – daños catastróficos y socavación severa.	0.518	
Alto: 1.0 – 1.5 m – daños severos, posible pérdida de funcionalidad.	0.241	
Medio: 0.5 – 1.0 m – daños moderados, erosión de bordes.	0.134	
Bajo: 0.2 – 0.5 m – afectación menor, encaramamientos importantes.	0.065	
Muy bajo: 0 – 0.2 m (o sin anegamiento) – impacto leve o nulo.	0.042	

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

• Análisis de susceptibilidad

La susceptibilidad sísmica en el área de intervención se evaluó considerando dos grandes grupos de factores: condicionantes y desencadenantes. Esta diferenciación permite integrar tanto las características intrínsecas del terreno como la magnitud del fenómeno que puede afectarlo.

a) Factor desencadenante

En el análisis del peligro de inundación fluvial, se consideró como único factor desencadenante la precipitación diaria acumulada (mm/24 h), debido a que constituye el principal elemento detonante de crecidas y desbordes en el río Moquegua. Esta decisión metodológica responde a la evidencia histórica de que los episodios de lluvias intensas, particularmente concentradas en la temporada estival (enero a marzo), generan incrementos súbitos del caudal con capacidad de afectar la infraestructura hidráulica y agrícola en la zona.

Criterio de selección

La precipitación diaria tiene un rol determinante en la ocurrencia de avenidas extraordinarias, ya que, cuando se superan ciertos umbrales críticos, se incrementa la escorrentía superficial y la capacidad erosiva del río. Esto se ve agravado en sectores con depósitos aluviales recientes y suelos de alta permeabilidad, donde la rápida concentración de escorrentía potencia los procesos de socavación lateral y colmatación.

Definición de descriptores

Con base en los registros históricos de precipitación de la estación Moquegua (periodo 1931–2014) y en la clasificación adoptada en estudios previos, se definieron cinco rangos de lluvia diaria representativos. Estos intervalos permiten diferenciar la severidad del fenómeno, desde episodios de lluvias extremas (≥ 15 mm en 24 h), asociados a condiciones climáticas anómalas como El Niño, hasta condiciones de día seco (< 0.1 mm), donde el impacto sobre el sistema es nulo o irrelevante.

Los descriptores se muestran en la siguiente tabla, junto con la ponderación respectiva obtenida mediante el método de comparación de pares (PAJ), cuyos cálculos se incluyen en el anexo:

La incorporación de este factor permite representar objetivamente la magnitud del evento detonante de inundaciones, utilizando información pluviométrica histórica confiable. Su inclusión asegura coherencia metodológica con los lineamientos del CENEPRED y con la evidencia de eventos extremos ocurridos en la región, donde precipitaciones superiores a 15 mm/24 h han estado asociadas a crecidas extraordinarias y daños severos en infraestructura hidráulica.

Tabla 41: Factor desencadenante – Precipitación diaria (mm/24 horas)

Precipitación diaria (mm/24 horas)	Peso. Pond.	1
Día extremadamente lluvioso (≥ 15 mm)	0.503	
Día muy lluvioso (10 – 14.9 mm)	0.260	
Día moderadamente lluvioso (5 – 9.9 mm)	0.134	
Día con llovizna o lluvia ligera (0.1 – 4.9 mm)	0.068	
Día seco sin registro de lluvia significativa (< 0.1 mm (lluvia nula o imperceptible))	0.035	

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

b) Factores condicionantes

En la evaluación de la susceptibilidad frente a inundaciones fluviales se aplicó el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), a fin de ponderar tres factores condicionantes: pendiente de terreno, unidades geológicas y unidades geomorfológicas.

- Pendiente de terreno (0.714): es el factor más relevante, al provenir de un levantamiento topográfico detallado que refleja con mayor precisión las condiciones locales de acumulación y escurrimiento de agua.
- Unidades geológicas (0.143) y unidades geomorfológicas (0.143): recibieron menor peso, ya que provienen de la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) a escala 1:50 000, información de carácter regional que presenta un mayor nivel de generalización.

En conjunto, esta ponderación evidencia que la pendiente de terreno es el factor más determinante en la susceptibilidad a inundaciones, mientras que las unidades geológicas y geomorfológicas contribuyen de manera complementaria a caracterizar la dinámica hídrica del área de estudio.

Tabla 42: Ponderación de factores condicionantes

FACTORES CONDICIONANTES	Peso. Pond.	1
Pendientes de terreno	0.714	
Unidades geológicas	0.143	
Unidades geomorfológicas	0.143	

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

Pendiente de terreno:

La pendiente del terreno constituye el factor condicionante más relevante, pues influye directamente en el escurrimiento superficial y la capacidad de acumulación de agua. Pendientes bajas favorecen el anegamiento y la inundación, mientras que pendientes pronunciadas reducen significativamente esta probabilidad al facilitar el drenaje.

- Muy alto (0–1.5°): favorece encharcamiento e inundaciones.
- Alto (>1.5–3°): drenaje deficiente, riesgo de acumulación.
- Medio (>3–6°): mayor escurrimiento, probabilidad intermedia.
- Bajo (>6–12°): buena capacidad de drenaje.
- Muy bajo (>12°): escurrimiento inmediato, mínima susceptibilidad.

Tabla 43: Factor condicionante - Pendientes de terreno

Pendientes de terreno	Peso. Pond.
Muy alto: 0-1.5°	0.714
Alto: >1.5-3°	0.503
Medio: >3-6°	0.260
Bajo: >6-12°	0.134
Muy bajo: >12°	0.068
	0.035

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

Unidades geológicas:

Las características litológicas del terreno influyen en la permeabilidad, infiltración y respuesta frente a procesos de escurrimiento. Los depósitos aluviales recientes son los más susceptibles por su baja cohesión y alta porosidad, mientras que las formaciones consolidadas, como la Moquegua superior y las riolitas, presentan menor vulnerabilidad.

- Depósitos aluviales recientes, gravas-limos y Pueblo (0.582): alta susceptibilidad por suelos sueltos y poco consolidados.
- Depósitos aluviales recientes con bloques y gravas (0.199): vulnerabilidad media, inestables ante crecidas.
- Formación Sotillo (0.110): depósitos sedimentarios relativamente más consolidados.
- Formación Moquegua superior (0.067): materiales más cementados, baja susceptibilidad.
- Formación Guaneros – riolitas (0.041): rocas ígneas resistentes, mínima vulnerabilidad.

Tabla 44: Factor de condicionante - Unidades geológicas

Unidades geológicas	Peso. Pond.
Depósitos aluviales recientes, Depósitos aluviales recientes, gravas-limos y Pueblo	0.582
Depósitos aluviales recientes, gravas, y Depósitos aluviales recientes, bloques	0.199
Formación Sotillo	0.110
Formación Moquegua superior	0.067
Formación Guaneros, riolitas	0.041

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

Unidades geomorfológicas:

La configuración del relieve influye en el escurrimiento y la acumulación de agua. Los fondos de valle y planicies aluviales concentran la mayor susceptibilidad, mientras que colinas y montañas en roca volcánica representan ambientes estables con baja vulnerabilidad.

- Fondos de valle aluvial (0.503): máxima susceptibilidad por acumulación de sedimentos y agua.
- Planicie aluvial (0.260): menor que la anterior, pero aún con riesgo de anegamientos.
- Colina en roca sedimentaria (0.134): susceptibilidad intermedia, materiales menos competentes.
- Colina en roca volcánica (0.068): baja susceptibilidad, mayor consolidación del sustrato.
- Montaña en roca volcánica (0.035): mínima susceptibilidad, buen drenaje natural.

Tabla 45: Factor condicionante - Unidades geomorfológicas

Unidades geomorfológicas	Peso. Pond.
Fondos de valle aluvial	0.503
Planicie aluvial	0.260
Colina en roca sedimentaria	0.134
Colina en roca volcánica	0.068
Montaña en roca volcánica	0.035

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

• Definición de escenarios de riesgos

Para la estimación del peligro por inundación fluvial en el área de intervención, se definió un escenario representativo a partir del factor desencadenante más crítico: la precipitación diaria extrema (≥ 15 mm en 24 horas), clasificada como día extremadamente lluvioso.

Este escenario corresponde a la condición de mayor severidad identificada en el análisis de precipitaciones históricas, asociada a eventos extraordinarios registrados en el valle bajo de Moquegua. Dichos episodios, aunque poco frecuentes, han generado históricamente desbordes, socavaciones y daños significativos en infraestructura hidráulica y vial.

La elección de este escenario permite caracterizar de manera conservadora el nivel máximo de peligrosidad por inundación fluvial que podría afectar a los componentes del proyecto (bocatoma, canal de conducción, cruces de vía y obras complementarias). De esta forma, se asegura que el análisis posterior considere las condiciones hidrometeorológicas más desfavorables, garantizando una adecuada identificación del riesgo en la infraestructura proyectada.

• Estimación del Nivel de Peligro por inundación fluvial

El cálculo del nivel de peligrosidad por inundación fluvial se realizó integrando el parámetro de evaluación y la susceptibilidad, aplicando una ponderación de 30 % y 70 %, respectivamente.

La susceptibilidad se obtuvo de la combinación de los factores condicionantes (pendiente de terreno, unidades geológicas y unidades geomorfológicas) y del factor desencadenante (precipitación máxima diaria acumulada), con ponderaciones internas de 90 % y 10 %, respectivamente.

- El valor de los factores condicionantes se calculó multiplicando cada parámetro por su descriptor correspondiente, considerando el mayor peso relativo en la pendiente de terreno (0.714), y menor peso en unidades geológicas (0.143) y unidades geomorfológicas (0.143).
- El factor desencadenante se representó mediante la precipitación diaria máxima en 24 horas, organizada en cinco descriptores, desde días extremadamente lluviosos (≥ 15 mm) hasta días secos sin registro de lluvia (< 0.1 mm).

En síntesis, el procedimiento seguido fue:

- Cálculo de los valores de cada factor condicionante.
- Integración de factores condicionantes y desencadenantes para obtener la susceptibilidad.
- Combinación de la susceptibilidad (70 %) con el parámetro de evaluación (30 %) para obtener el nivel final de peligrosidad.

El resultado se estratificó en cuatro categorías cualitativas para facilitar su interpretación:

- Muy alto: valores próximos a 1, que indican máxima peligrosidad, donde se espera afectación severa en la infraestructura proyectada.
- Alto: valores intermedios-altos, que reflejan condiciones de riesgo significativo.
- Medio: valores intermedios, asociados a posibles afectaciones moderadas.
- Bajo: valores próximos a 0, que corresponden a condiciones de baja susceptibilidad.

Estas categorías permiten traducir los resultados numéricos en información útil para la toma de decisiones y para la representación cartográfica, constituyendo insumos directos para el Mapa de Peligro por Inundación Fluvial.

Tabla 46: Parámetro de evaluación y factor desencadenante (Inundación fluvial)

Parámetro de Evaluación		Factor Desencadenante			
Altura de agua en zona inundable		VALOR	Precipitación diaria (mm/24 horas)		VALOR
PARÁMETRO	DESCRIPTOR		PARÁMETRO	DESCRIPTOR	
1	0.518	0.518	1	0.503	0.503
1	0.241	0.241	1	0.260	0.260
1	0.134	0.134	1	0.134	0.134
1	0.065	0.065	1	0.068	0.068
1	0.042	0.042	1	0.035	0.035

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

Tabla 47: Determinación del valor de los factores condicionantes (inundación fluvial)

Factores Condicionantes						VALOR
Pendientes de terreno		Unidades geológicas		Unidades geomorfológicas		VALOR
PARÁMETRO	DESCRIPTOR	PARÁMETRO	DESCRIPTOR	PARÁMETRO	DESCRIPTOR	
0.714	0.503	0.143	0.582	0.143	0.503	0.514
0.714	0.260	0.143	0.199	0.143	0.260	0.252
0.714	0.134	0.143	0.110	0.143	0.134	0.131
0.714	0.068	0.143	0.067	0.143	0.068	0.068
0.714	0.035	0.143	0.041	0.143	0.035	0.036

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

Tabla 48: Determinación de valor de susceptibilidad (Inundación fluvial)

Susceptibilidad				
Factores Condicionantes		Factor Desencadenante		VALOR
PARÁMETRO	DESCRIPTOR	PARÁMETRO	DESCRIPTOR	
0.514	90%	0.503	10%	0.513
0.252	90%	0.260	10%	0.252
0.131	90%	0.134	10%	0.131
0.068	90%	0.068	10%	0.068
0.036	90%	0.035	10%	0.036

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

Tabla 49: Determinación de los niveles de peligrosidad (inundación fluvial)

NIVELES DE PELIGROSIDAD				
Parámetro de Evaluación		Susceptibilidad		VALOR
PARÁMETRO	DESCRIPTOR	PARÁMETRO	DESCRIPTOR	
0.518	70%	0.513	30%	0.516
0.241	70%	0.252	30%	0.244
0.134	70%	0.131	30%	0.133
0.065	70%	0.068	30%	0.066
0.042	70%	0.036	30%	0.040

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

Tabla 50: Valores de los niveles de peligro por inundación fluvial

NIVELES DE PELIGRO			
NIVEL	RANGO		
MUY ALTO	0.244	$\leq P \leq$	0.516
ALTO	0.133	$\leq P <$	0.244
MEDIO	0.066	$\leq P <$	0.133
BAJO	0.040	$\leq P <$	0.066

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

• Estratificación del Peligro por inundación fluvial

La estratificación del peligro por inundación fluvial se realizó a partir de los valores obtenidos en la estimación del nivel de peligrosidad, organizados en cuatro categorías cualitativas: muy alto, alto, medio y bajo. Cada categoría corresponde a un rango específico de valores del índice de peligrosidad y está asociada a condiciones hidrológicas, geológicas y geomorfológicas diferenciadas.

- Peligro muy alto ($0.244 \leq P \leq 0.516$): corresponde a escenarios de precipitación extrema (≥ 15 mm/día) con alturas de inundación mayores a 1.5 m, sobre suelos aluviales recientes y pendientes planas ($0-1.5^\circ$), donde se espera la ocurrencia de daños catastróficos y socavación severa en la infraestructura.
- Peligro alto ($0.133 \leq P < 0.244$): representa condiciones de anegamiento severo (1.0–1.5 m), en pendientes bajas ($1.5-3^\circ$) y depósitos aluviales con bloques y gravas, generando daños estructurales significativos y posible pérdida de funcionalidad.
- Peligro medio ($0.066 \leq P < 0.133$): abarca sectores con pendientes moderadas ($3-6^\circ$), depósitos sedimentarios consolidados y colinas en roca sedimentaria, donde los daños previstos son moderados y, en general, reparables.
- Peligro bajo ($0.040 \leq P < 0.066$): se relaciona con pendientes mayores a 12° y formaciones rocosas competentes (Moquegua superior y riolitas), donde la capacidad de drenaje es alta y la probabilidad de afectación es mínima.

Esta clasificación cualitativa permite identificar las zonas más críticas frente al peligro de inundación fluvial, diferenciando entre áreas con alta susceptibilidad por acumulación de agua y aquellas con baja probabilidad de afectación.

A continuación, se presenta la tabla con la estratificación obtenida:

Tabla 51: Estratificación del Peligro por inundación fluvial

Nivel de Peligro	Descripción		Rangos
PELIGRO MUY ALTO	<i>Inundación pluvial ocasionado por una Precipitación diaria (mm/24 horas) - Día extremadamente lluvioso (≥ 15 mm) cuya inundación es de nivel Muy alto: > 1.5 m – daños catastróficos y socavación severa.</i>		
	<i>Pendientes de terreno</i> <i>Muy alto: 0–1.5°</i>		$0.244 \leq P \leq 0.516$
	<i>Unidades geológicas</i> <i>Depósitos aluviales recientes, Depósitos aluviales recientes, gravas-limos y Pueblo</i>		
PELIGRO ALTO	<i>Unidades geomorfológicas</i> <i>Fondos de valle aluvial</i>		
	<i>Inundación pluvial ocasionado por una Precipitación diaria (mm/24 horas) - Día extremadamente lluvioso (≥ 15 mm) cuya inundación es de nivel Alto: 1.0 – 1.5 m – daños severos, posible pérdida de funcionalidad.</i>		
	<i>Pendientes de terreno</i> <i>Alto: >1.5–3°</i>		$0.133 \leq P \leq 0.244$
PELIGRO MEDIO	<i>Unidades geológicas</i> <i>Depósitos aluviales recientes, gravas, y Depósitos aluviales recientes, bloques</i>		
	<i>Unidades geomorfológicas</i> <i>Planicie aluvial</i>		
	<i>Inundación pluvial ocasionado por una Precipitación diaria (mm/24 horas) - Día extremadamente lluvioso (≥ 15 mm) cuya inundación es de nivel Medio: 0.5 – 1.0 m – daños moderados, erosión de bordes.</i>		
PELIGRO BAJO	<i>Pendientes de terreno</i> <i>Medio: >3–6°</i>		$0.066 \leq P \leq 0.133$
	<i>Unidades geológicas</i> <i>Formación Sotillo</i>		
	<i>Unidades geomorfológicas</i> <i>Colina en roca sedimentaria</i>		
PELIGRO BAJO	<i>Inundación pluvial ocasionado por una Precipitación diaria (mm/24 horas) - Día extremadamente lluvioso (≥ 15 mm) cuya inundación es de nivel Bajo: 0.2 – 0.5 m – afectación menor, encaramamientos importantes y Muy bajo: 0 – 0.2 m (o sin anegamiento) – impacto leve o nulo.</i>		
	<i>Pendientes de terreno</i> <i>Muy bajo: >12° y Muy bajo: >12°</i>		$0.04 \leq P \leq 0.066$
	<i>Unidades geológicas</i> <i>Formación Moquegua superior y Formación Guaneros, riolitas</i>		
	<i>Unidades geomorfológicas</i> <i>Colina en roca volcánica y Montaña en roca volcánica</i>		

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

• Mapa de peligro por inundación fluvial

El mapa de peligro por inundación fluvial representa la distribución espacial de los niveles de peligrosidad obtenidos en el área de intervención. La zonificación se elaboró en función de la combinación de factores condicionantes, factores desencadenantes y el parámetro de evaluación, previamente descritos en este capítulo.

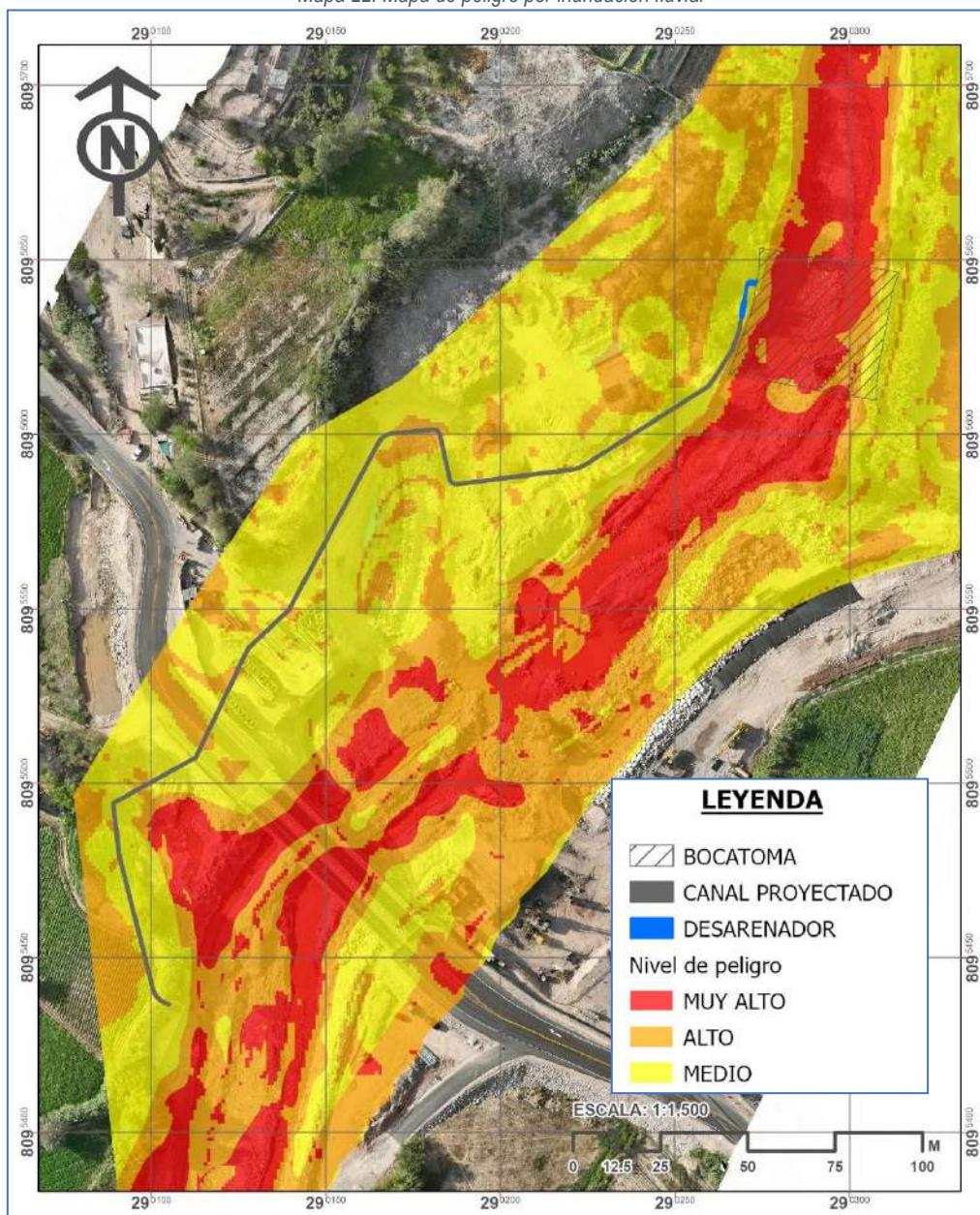
En la cartografía se diferencian claramente tres categorías de peligro:

- Muy alto: asociado a zonas próximas al cauce principal, con pendientes planas y depósitos aluviales recientes, donde la acumulación de agua y la socavación representan el mayor riesgo para la infraestructura.
- Alto: corresponde a sectores aledaños con pendientes bajas y materiales de menor cohesión, donde persiste un riesgo significativo de inundación.

- Medio: incluye áreas con mayor capacidad de drenaje o materiales parcialmente consolidados, donde la probabilidad de afectación es menor, aunque no despreciable.

Este mapa permite identificar las áreas más críticas frente a posibles eventos de inundación, sirviendo como insumo principal para la evaluación de riesgo y la formulación de recomendaciones técnicas orientadas a la protección de la infraestructura proyectada.

Mapa 22: Mapa de peligro por inundación fluvial



9. Elementos Expuestos

9.1 Delimitación de elementos expuestos

En el presente estudio se realizó la identificación y delimitación de los elementos expuestos en el área de intervención, considerando tanto las estructuras proyectadas como aquellas existentes y en ejecución. Esta información es fundamental para comprender el grado de exposición frente a los peligros naturales analizados, dado que la vulnerabilidad y el riesgo no dependen únicamente de la magnitud del fenómeno, sino también de la localización, características y funcionalidad de la infraestructura susceptible de afectación.

En el marco del proyecto se ha previsto la construcción de una bocatoma, la cual incluye obras complementarias indispensables para su adecuado funcionamiento. Asociado a esta infraestructura se encuentra un desarenador, cuya función será la de retener los sedimentos arrastrados por el caudal, evitando su ingreso al sistema de riego. Ambos componentes han sido representados en el mapa de elementos expuestos, permitiendo visualizar con claridad su localización y el contorno de la infraestructura proyectada.

Asimismo, se ha delimitado el canal de conducción proyectado, el cual tendrá una longitud aproximada de 340 metros. Este canal de concreto constituye uno de los principales elementos expuestos, dado que atraviesa áreas con influencia de procesos fluviales. En su trazo se identifican dos puntos críticos:

- El acueducto, que cruzará sobre un enrocado actualmente en construcción, el cual forma parte de una obra ejecutada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).
- El cruce de vía, correspondiente a una carretera en ejecución, por donde el canal deberá atravesar, constituyendo un sector de especial interés por la interferencia entre ambas infraestructuras.

Adicionalmente, en el mapa se incluyó la proyección del nuevo puente vehicular que se encuentra en proceso de construcción por el MTC, así como el enrocado de protección (representado en color plomo) que forma parte de las obras complementarias del mismo. Dichos componentes, aunque no pertenecen directamente al proyecto de riego, forman parte del entorno inmediato y resultan relevantes al momento de evaluar la exposición de la zona frente a peligros naturales.

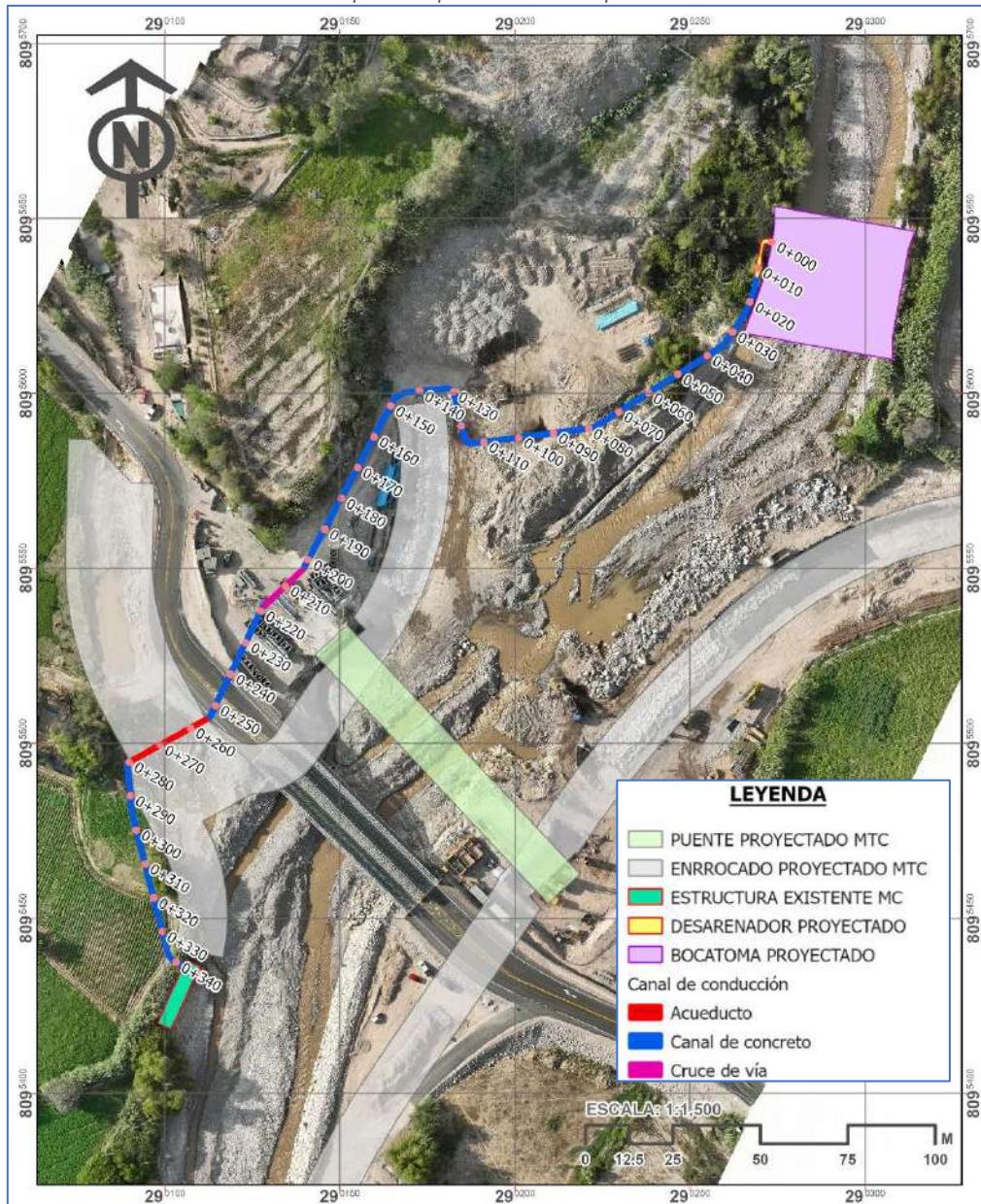
El canal proyectado conecta finalmente con una estructura existente conformada por un muro de contención, que protege el canal frente a la socavación del río. Esta obra de protección, aunque no forma parte de las nuevas edificaciones, constituye un elemento expuesto adicional dentro del área de estudio, pues su integridad es clave para garantizar la continuidad del sistema de conducción.

Es importante señalar que en este capítulo únicamente se presentan los elementos expuestos como síntesis gráfica, sin realizar una nueva superposición con las zonas de peligro. Esto se debe a que dicha superposición ya fue desarrollada en los capítulos anteriores, específicamente en el Mapa de Peligro por Inundación Fluvial y en el Mapa de Peligro por Sismo, donde se integraron los niveles de peligrosidad con la localización de los elementos expuestos. Incluir nuevamente esa representación sería redundante; sin embargo, su referencia en este punto permite vincular de manera coherente la delimitación de elementos expuestos con el análisis de peligros previamente realizado.

En la siguiente figura se presentan los elementos expuestos identificados, lo que permite reconocer de manera integral la infraestructura proyectada, las obras existentes y en ejecución, así como las estructuras

complementarias del entorno inmediato, que en conjunto constituyen los objetos de análisis frente a la ocurrencia de peligros naturales.

Mapa 23: Mapa de elementos expuestos



10. Estimación de la Vulnerabilidad

10.1 Análisis de vulnerabilidad

El análisis de vulnerabilidad constituye una etapa fundamental en el proceso de evaluación del riesgo, ya que permite determinar en qué medida los elementos expuestos del proyecto pueden resultar afectados ante la ocurrencia de un peligro. A diferencia del análisis de peligrosidad que se centra en la probabilidad e intensidad de los fenómenos naturales, la vulnerabilidad analiza las condiciones internas de los elementos expuestos, considerando su grado de fragilidad, la magnitud de su exposición y la capacidad de resiliencia que poseen para recuperarse tras un evento adverso.

La metodología adoptada para este estudio considera tres dimensiones de la vulnerabilidad: social, económica y ambiental. Cada una de estas dimensiones se evalúa a partir de tres componentes: exposición, fragilidad y resiliencia, lo que permite una visión integral de la susceptibilidad del área de intervención.

En el caso de la vulnerabilidad social, no se efectuó un análisis cuantitativo detallado debido a que el proyecto no involucra directamente población residente dentro del área de influencia inmediata. La infraestructura proyectada corresponde principalmente a obras hidráulicas (bocatoma y canal de conducción), por lo que no existen asentamientos humanos en riesgo directo. Sin embargo, es necesario reconocer que la interrupción del servicio de riego ocasionada por un evento adverso podría afectar indirectamente a los agricultores de la zona, reduciendo la disponibilidad de agua para cultivos y generando un impacto en la seguridad alimentaria y la economía local. Por este motivo, aunque no se cuantifica en este capítulo, se reconoce la existencia de una vulnerabilidad social indirecta vinculada al servicio que provee la infraestructura.

En lo referente a la vulnerabilidad económica, se aplicaron criterios orientados a identificar las pérdidas potenciales sobre la infraestructura del proyecto. La exposición se define como el porcentaje del costo de reposición del proyecto que podría ser afectado, lo cual resulta clave en un análisis costo - beneficio de las medidas de mitigación. La fragilidad está determinada por los materiales y las configuraciones constructivas empleadas: estructuras de concreto, enrocados, y elementos hidráulicos que, si bien son de diseño especializado, pueden sufrir daños de distinta magnitud en función de la intensidad del fenómeno. Finalmente, la resiliencia se refiere a la capacidad del sistema de riego de recuperar su funcionalidad en un plazo razonable tras un evento adverso, lo cual dependerá de la disponibilidad de recursos para la reparación, la accesibilidad del área y la rapidez de respuesta institucional.

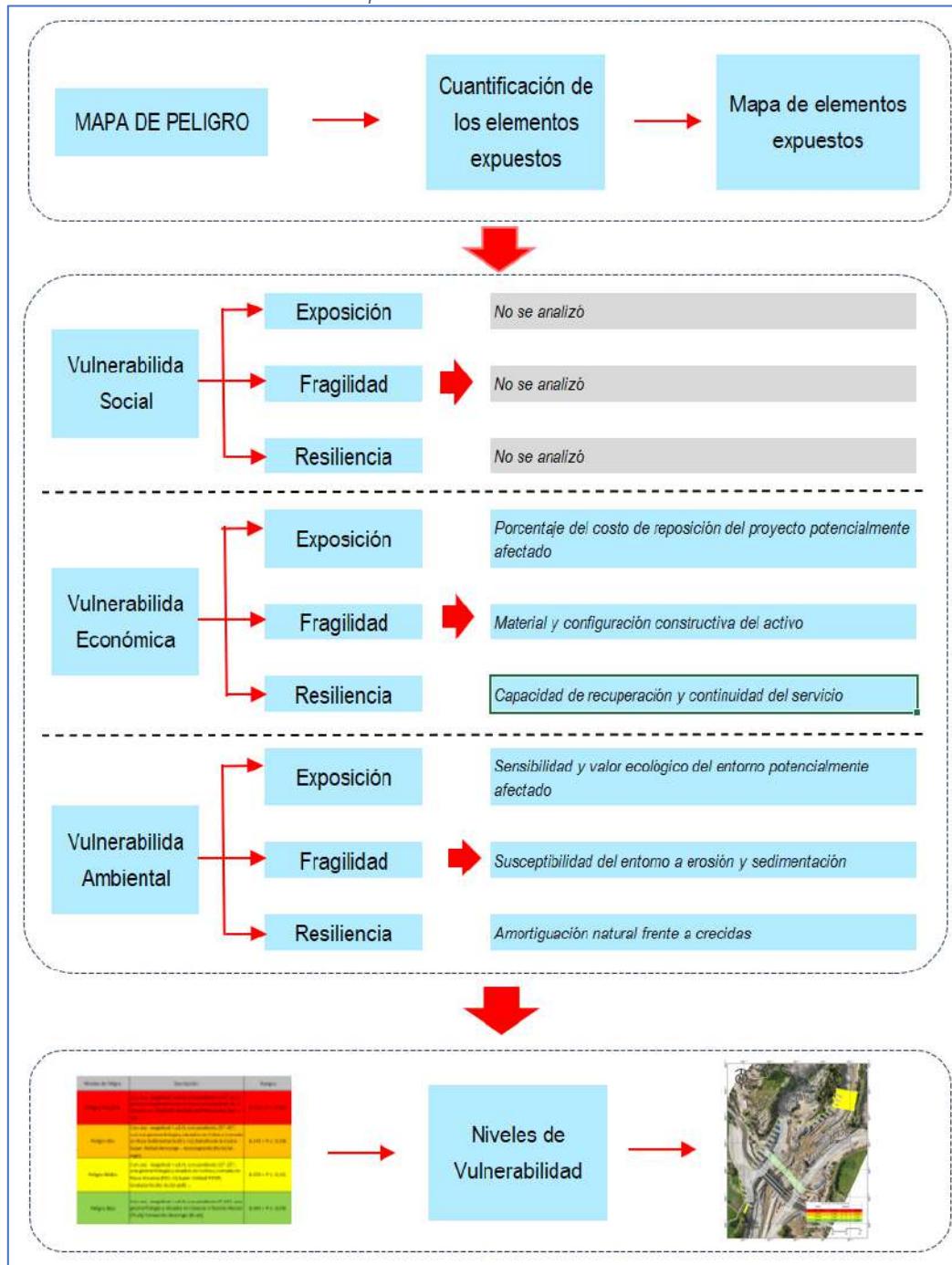
En relación con la vulnerabilidad ambiental, el análisis considera la interacción entre las obras proyectadas y el entorno natural en el que se emplazan. La exposición se asocia con la sensibilidad y valor ecológico de los ecosistemas adyacentes, principalmente áreas agrícolas irrigadas por el sistema y zonas ribereñas. La fragilidad se vincula con la susceptibilidad del entorno a procesos erosivos y de sedimentación, especialmente en un contexto de crecidas fluviales que pueden movilizar grandes volúmenes de material y afectar tanto la calidad del agua como la estabilidad de las estructuras hidráulicas. La resiliencia ambiental, por su parte, se entiende como la capacidad natural de amortiguación frente a crecidas, proporcionada por elementos del paisaje como la vegetación ribereña, la morfología del cauce y la presencia de estructuras de defensa existentes.

Es importante resaltar que la aplicación de estos criterios no se limita a una descripción cualitativa, sino que permite estructurar un proceso metodológico claro, mediante el cual se identifican los aspectos críticos de cada dimensión. Este enfoque hace posible priorizar aquellos elementos más vulnerables y, en

consecuencia, orientar la propuesta de medidas de mitigación y reducción del riesgo en etapas posteriores del estudio.

El proceso seguido se sintetiza en el cuadro que se presenta a continuación, el cual resume las dimensiones de la vulnerabilidad, los criterios de exposición, fragilidad y resiliencia, y su forma de aplicación en el contexto del proyecto:

Mapa 24: Análisis de vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

10.2 Vulnerabilidad en la dimensión social

En el área de intervención no se identificaron asentamientos humanos ni infraestructura social directamente expuesta, por lo que no se realizó un análisis cuantitativo detallado. Sin embargo, se reconoce una vulnerabilidad social indirecta, dado que la infraestructura de riego proyectada (bocatoma y canal de conducción) es de importancia estratégica para los agricultores del valle bajo de Moquegua.

Una eventual afectación podría interrumpir el suministro de agua, con impactos en la producción agrícola y en la economía de las familias usuarias. En ese sentido, aunque el nivel de exposición directa es nulo, la dependencia de la población respecto del servicio de riego constituye un factor de vulnerabilidad social a considerar.

10.3 Vulnerabilidad en la dimensión económica

10.3.1 Exposición económica

El parámetro “porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado” se utiliza como indicador de la vulnerabilidad económica, ya que permite vincular directamente el nivel de daño con la magnitud de la inversión comprometida. En proyectos de infraestructura hidráulica, como la bocatoma y el canal de conducción, los costos de reposición constituyen un componente crítico, pues cualquier afectación implica gastos significativos en materiales, equipos y mano de obra especializada.

Los rangos de afectación (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo) se han establecido considerando criterios técnicos y de gestión del riesgo, donde se reconoce que a partir del 40 % del costo del proyecto afectado se estaría frente a un escenario crítico con graves repercusiones económicas y de viabilidad. Los niveles intermedios (20–39 % y 10–19 %) permiten identificar situaciones de afectación significativa o moderada, que, aunque menos severas, aún demandan recursos considerables para la reposición. Finalmente, los rangos bajos (<10 %) reflejan daños limitados, que pueden ser manejados dentro de los márgenes presupuestales de operación y mantenimiento.

De esta manera, este parámetro ofrece una base objetiva para diferenciar grados de vulnerabilidad económica, asegurando que la evaluación refleje tanto la magnitud del posible daño como el impacto financiero en la sostenibilidad del proyecto.

Mapa 25: Exposición económica - Porcentaje del costo de reposición del Proyecto

Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado	Peso. Pond.
Muy alto: 40% del costo del proyecto quedaría afectado	1.000
Alto: 20–39% afectado	0.573
Medio: 10–19% afectado	0.202
Bajo: 5–9% afectado	0.123
Muy bajo: < 5% afectado.	0.063
	0.039

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

10.3.2 Fragilidad económica

El parámetro “material y configuración constructiva del activo” resulta fundamental para evaluar la fragilidad económica del proyecto, ya que la resistencia de las estructuras y su nivel de protección determinan el grado de daño que puede ocasionar un evento adverso. En infraestructura hidráulica, las pérdidas no dependen únicamente del costo de reposición, sino también de la calidad de los materiales empleados y de la forma en que fueron diseñados y construidos.

Los rangos establecidos permiten diferenciar con claridad entre estructuras altamente vulnerables —como las construidas en materiales precarios (madera, adobe, canales de tierra o concreto simple delgado)— y aquellas más resistentes, como las cimentadas en roca, concreto armado dúctil o con sistemas de aislamiento y disipación. De esta manera, las categorías de fragilidad económica reflejan la relación directa entre calidad constructiva y nivel de riesgo financiero: a menor resistencia estructural, mayor será el impacto económico asociado a reparaciones o reposiciones frecuentes.

En consecuencia, este parámetro asegura que la evaluación de vulnerabilidad económica no solo contempla el monto del daño potencial, sino también la probabilidad de que dicho daño ocurra en función de la robustez del activo. Esto permite orientar con mayor precisión la priorización de medidas de refuerzo y el diseño de estrategias de protección que reduzcan los costos de recuperación ante un evento.

Mapa 26: Fragilidad económica - Material y configuración constructiva del activo

Material y configuración constructiva del activo	Peso. Pond.
Muy alta: madera/adobe/piedra seca o concreto simple delgado; canal de tierra; tubería de concreto expuesta; acueducto sin protección.	0.473
Alta: mampostería pobre o concreto simple; canal de concreto simple; tubería de concreto enterrada sin cama o PVC expuesto; acueducto sin topes.	0.277
Media: concreto armado básico; canal de concreto simple con refuerzo puntual; HDPE/PVC enterrado con cama granular; acueducto con apoyos elastoméricos.	0.144
Baja: concreto armado bien detallado y protección; canal de concreto armado en puntos críticos; HDPE/PVC enterrado con juntas flexibles; acueducto con topes y diafragmas.	0.067
Muy baja: cimentación en roca o pilotes, concreto armado dúctil; canal monolítico/encajonado; tubería de acero enterrada; acueducto con aisladores y disipadores.	0.039

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

10.3.3 Resiliencia económica

El parámetro “capacidad de recuperación y continuidad del servicio” se emplea para evaluar la resiliencia económica del proyecto, entendida como la rapidez y eficacia con que la infraestructura puede retomar sus operaciones tras la ocurrencia de un evento adverso. En este caso, no basta con estimar los costos de reparación o la calidad constructiva, sino que resulta crucial determinar el tiempo y los recursos necesarios para restablecer la funcionalidad del sistema de riego.

Los niveles definidos permiten diferenciar escenarios de muy baja resiliencia, asociados a la ausencia de planes de contingencia y largos períodos de interrupción (más de 30 días), de aquellos con muy alta resiliencia, donde la existencia de fondos, kits inmediatos y convenios activos aseguran la reactivación en menos de 48 horas. Entre ambos extremos se ubican condiciones intermedias que reflejan distintos grados de organización, disponibilidad de recursos y capacidad de respuesta.

Esta clasificación resulta clave porque el tiempo de interrupción del servicio tiene un impacto directo en los costos económicos indirectos, vinculados a la pérdida de productividad agrícola y a la afectación de los usuarios del sistema. En consecuencia, la resiliencia económica permite complementar el análisis de exposición y fragilidad, proporcionando una visión integral del grado de vulnerabilidad de la infraestructura frente a escenarios de desastre.

Mapa 27: Resiliencia económica - Capacidad de recuperación y continuidad del servicio

Capacidad de recuperación y continuidad del servicio	Peso. Pond.
Muy baja: sin plan ni recursos, sin derivación temporal, sin stock/convenios; recuperación >30 días.	0.429
Baja: recursos limitados y poco stock; sin convenios activos; recuperación 15–30 días.	0.303
Media: organización básica y cuadrilla; stock mínimo y contratos de emergencia; 7–15 días.	0.150
Alta: derivación temporal parcial, stock y maquinaria local, plan activo; 2–7 días.	0.081
Muy alta: derivación temporal total, fondos y kits inmediatos, convenios 24/7; <48 horas.	0.036

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

10.4 Vulnerabilidad en la dimensión ambiental

10.4.1 Exposición ambiental

La exposición ambiental se evaluó a través del parámetro “sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado”, que permite identificar el grado en que los ecosistemas y suelos circundantes podrían verse comprometidos frente a un evento de inundación fluvial. Este parámetro es relevante porque no solo mide la cercanía física del fenómeno, sino también la importancia ecológica y productiva de las áreas expuestas.

Los niveles definidos abarcan desde condiciones de muy alta sensibilidad, que incluyen ecosistemas frágiles como cauces activos, humedales o áreas naturales protegidas con alto valor ecológico, hasta situaciones de muy baja sensibilidad, donde predominan superficies degradadas, rocas expuestas o zonas ya intervenidas con infraestructura existente. Entre estos extremos se encuentran franjas agrícolas intensivas, terrazas aluviales con cultivos de baja intensidad y zonas de matorral ralo, las cuales representan distintos grados de susceptibilidad ambiental.

La justificación de este enfoque radica en que, ante un evento extremo, las áreas con alto valor ecológico o agrícola intensivo no solo sufren un impacto directo en su productividad o biodiversidad, sino que también requieren mayores esfuerzos de recuperación y conservación. Por el contrario, las áreas poco fértiles o sin hábitats sensibles presentan una exposición ambiental baja, dado que las consecuencias de la inundación serían mínimas o fácilmente recuperables.

En síntesis, el análisis de la exposición ambiental permite reconocer que la magnitud de los impactos no depende únicamente de la extensión del área afectada, sino del valor ecológico y funcional de los espacios comprometidos, aportando así una visión más integral de la vulnerabilidad del entorno.

Mapa 28: Exposición ambiental - Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado

Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado	Peso. Pond.
Muy alta: dentro de cauce/humedal o área protegida; alto valor ecológico.	0.466
Alta: franja ribereña/planicie aluvial y suelos agrícolas intensivos.	0.266
Media: terrazas aluviales, cultivos de baja intensidad y barbechos.	0.142
Baja: matorral ralo/zonas intervenidas y suelos poco fértiles.	0.084
Muy baja: roca desnuda/infraestructura existente; áreas sin hábitat sensible.	0.041

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

10.4.2 Fragilidad ambiental

La fragilidad ambiental se evaluó con el parámetro “susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación”, pues refleja la capacidad del medio para resistir procesos de degradación durante inundaciones.

Los valores más altos corresponden a riberas y humedales sin defensa, con suelos muy erosionables, mientras que en nivel alto se ubican planicies aluviales con poca cobertura y suelos finos. En niveles intermedios están las terrazas con vegetación secundaria, con erosión moderada. Los niveles bajos se asocian a áreas con defensas o buena cobertura, y los más bajos a roca consolidada o defensas estructurales, donde la erosión es mínima.

Este enfoque permite identificar sectores más vulnerables a la pérdida de suelos y sedimentación, diferenciándolos de aquellos con mayor capacidad natural de resistencia.

Mapa 29: Fragilidad ambiental - Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación

Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación	Peso. Pond.	1.000
Muy alta: ribera/humedal sin defensa; suelos muy erosionables.	0.487	
Alta: planicie aluvial con cobertura escasa y suelos finos.	0.272	
Media: terrazas con vegetación secundaria; erosión moderada.	0.137	
Baja: áreas intervenidas con buena cobertura o protecciones.	0.066	
Muy baja: roca/defensas consolidadas; erosión mínima.	0.038	

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

10.4.3 Resiliencia ambiental

La resiliencia ambiental se analizó mediante el parámetro “amortiguación natural frente a crecidas”, que mide la capacidad del entorno para absorber o reducir los impactos de las inundaciones.

Los niveles más bajos de resiliencia se encuentran en franjas ribereñas mínimas sin vegetación, donde el impacto de las crecidas llega de forma directa. En condición baja, las franjas estrechas con poca cobertura vegetal ofrecen amortiguación limitada. Los valores intermedios corresponden a franjas medias con vegetación, con un nivel moderado de absorción.

La resiliencia aumenta en sectores con franjas anchas y vegetadas, que logran un buen nivel de protección, y alcanza su mayor expresión en llanuras de inundación amplias y boscosas, donde la absorción y la capacidad de mitigación natural son altas.

Este parámetro permite diferenciar áreas con mayor capacidad de recuperación natural frente a eventos de crecida, frente a aquellas más expuestas por la ausencia de cobertura protectora.

Mapa 30: Resiliencia ambiental - Amortiguación natural frente a crecidas

Amortiguación natural frente a crecidas	Peso. Pond.	1.000
Muy baja: franja ribereña mínima; sin vegetación; todo impacto llega.	0.503	
Baja: franja estrecha; poca vegetación; amortigua poco.	0.260	
Media: franja media con vegetación; amortiguación moderada.	0.134	
Alta: franja ancha y vegetada; buen amortiguamiento.	0.068	
Muy alta: llanura de inundación amplia y boscosa; alta absorción.	0.035	

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

10.5 Estratificación de la vulnerabilidad

La clasificación de los niveles de vulnerabilidad se obtuvo integrando los resultados de exposición, fragilidad y resiliencia en las dimensiones económica y ambiental. Los valores fueron normalizados y organizados en una escala de cuatro categorías: muy alta, alta, media y baja.

- Vulnerabilidad muy alta ($0.261 \leq V \leq 0.493$): refleja condiciones críticas donde los costos de reposición y las limitaciones constructivas y ambientales incrementan notablemente la susceptibilidad.
- Vulnerabilidad alta ($0.139 \leq V < 0.261$): asociada a escenarios de compromiso significativo de inversión, materiales de resistencia media y entornos de elevada sensibilidad.
- Vulnerabilidad media ($0.068 \leq V < 0.139$): corresponde a sectores con costos intermedios y materiales de resistencia aceptable, en contextos de menor fragilidad ambiental.
- Vulnerabilidad baja ($0.038 \leq V < 0.068$): representa condiciones favorables, con costos de reposición reducidos, infraestructura robusta y ambientes de baja susceptibilidad.

Esta clasificación permite jerarquizar la vulnerabilidad del área de intervención y orientar la priorización de medidas de prevención y mitigación.

Mapa 31: Estratificación de la vulnerabilidad

Nivel de Vulnerabilidad	DESCRIPCIÓN	Rangos
VULNERABILIDAD MUY ALTO	Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Muy alto: 40% del costo del proyecto quedaría afectado, Material y configuración constructiva del activo - Muy alta: madera/adobe/piedra seca o concreto simple delgado; canal de tierra; tubería de concreto expuesta; acueducto sin protección., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Muy baja: sin plan ni recursos, sin derivación temporal, sin stock/convenios; recuperación >30 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Muy alta: dentro de cauce/humedal o área protegida; alto valor ecológico., K24, Amortiguación natural frente a crecidas - Muy baja: franja ribereña mínima; sin vegetación; todo impacto llega. ".	<i>0.261≤V≤0.493</i>
VULNERABILIDAD ALTO	Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Alta: 20-39% afectado, Material y configuración constructiva del activo - Alta: mampostería pobre o concreto simple; canal de concreto enterrada sin cama o PVC expuesto; acueducto sin topes., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Baja: recursos limitados y poco stock; sin convenios activos; recuperación 15-30 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Alta: franja ribereña/planicie aluvial y suelos agrícolas intensivos., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Alta: planicie aluvial con cobertura escasa y suelos finos., Amortiguación natural frente a crecidas - Baja: franja estrecha; poca vegetación; amortiguación poco. ".	<i>0.139≤V≤0.261</i>
VULNERABILIDAD MEDIO	Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Medio: 10-19% afectado, Material y configuración constructiva del activo - Media: concreto armado básico; canal de concreto simple con refuerzo puntual; HDPE/PVC enterrado con cama granular; acueducto con apoyos elastoméricos., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Media: organización básica y cuadrilla; stock mínimo y contratos de emergencia; 7-15 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Medio: terrazas aluviales, cultivos de bajo intensidad y barbechos., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Media: terrazas con vegetación secundaria; erosión moderada., Amortiguación natural frente a crecidas - Media: franja media con vegetación; amortiguación moderada. ".	<i>0.068≤V≤0.139</i>
VULNERABILIDAD BAJO	Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Bajo: 5-9% afectado y Muy bajo: < 5% afectado., Material y configuración constructiva del activo - Baja: concreto armado bien detallado y protección; canal de concreto armado en puntos críticos; HDPE/PVC enterrado con juntas flexibles; acueducto con topes y diafragmas. y Muy bajo: cimentación en roca o pilotes, concreto armado dúctil; canal monolítico/encajonado; tubería de acero enterrada; acueducto con aisladores y dispositores., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Alta: derivación temporal parcial, stock y maquinaria local, plan activo; 2-7 días. y Muy alta: derivación temporal total, fondos y kits inmediatos, convenios 24/7; <48 horas., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Baja: matorral rolo/zonas intervenidas y suelos poco fértil., y Muy bajo: roca desnuda/infraestructura existente; áreas sin hábitat sensible., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Baja: áreas intervenidas con buena cobertura o protecciones. y Muy bajo: roca/despensas consolidadas; erosión mínima., Amortiguación natural frente a crecidas - Alta: franja ancha y vegetada; buen amortiguamiento. y Muy alta: llanura de inundación amplia y boscosa; alta absorción. ".	<i>0.038≤V≤0.068</i>

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

10.6 Niveles de vulnerabilidad

Los niveles de vulnerabilidad se establecieron a partir de la integración de los parámetros analizados, clasificándose en cuatro rangos: muy alto, alto, medio y bajo. Esta categorización, presentada en la tabla respectiva, resume la condición de la infraestructura y su entorno frente a posibles daños, y servirá de base para la integración con el análisis de peligros en la estimación del riesgo del proyecto.

Mapa 32: Niveles de vulnerabilidad

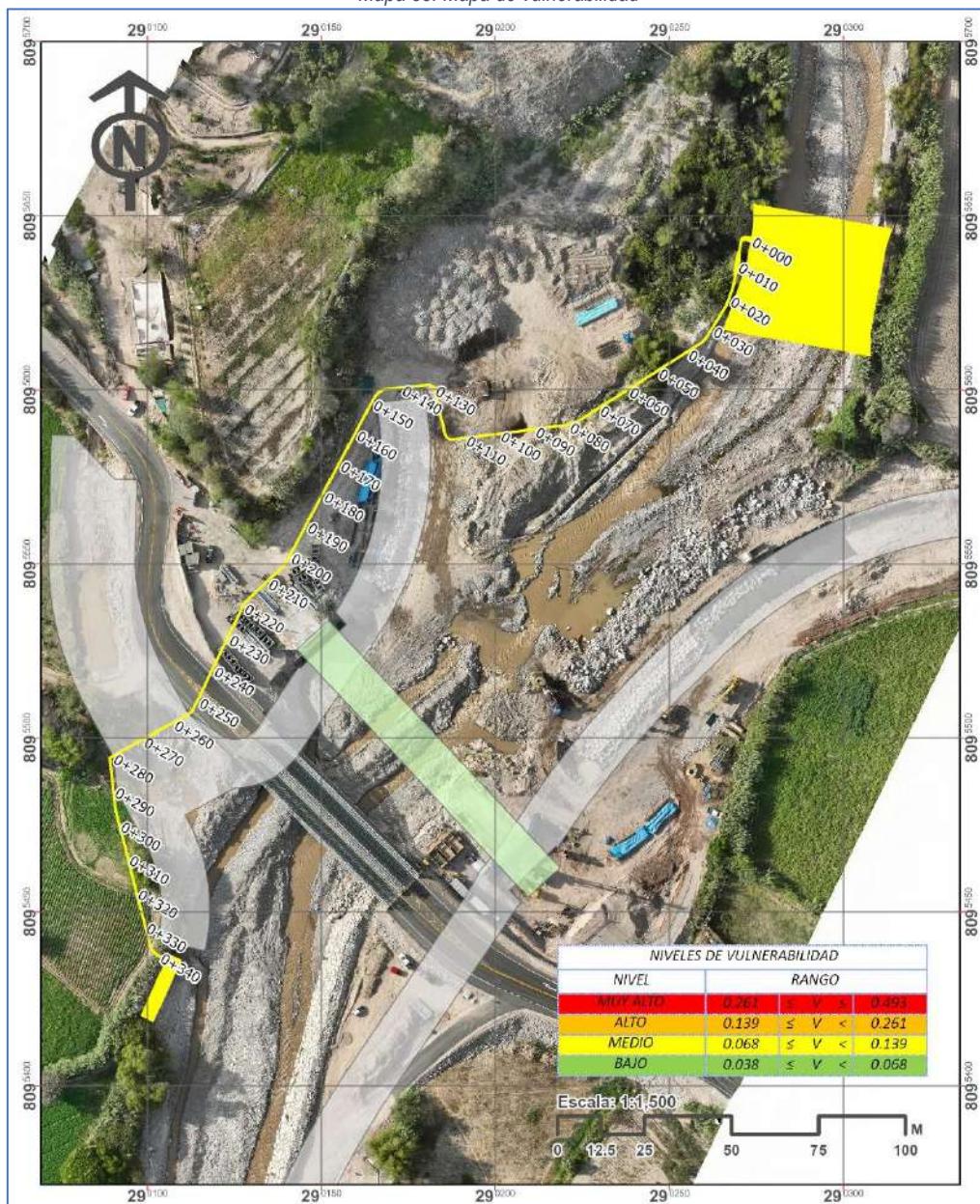
NIVEL	RANGO		
MUY ALTO	<i>0.261</i>	<i>≤ V ≤</i>	<i>0.493</i>
ALTO	<i>0.139</i>	<i>≤ V <</i>	<i>0.261</i>
MEDIO	<i>0.068</i>	<i>≤ V <</i>	<i>0.139</i>
BAJO	<i>0.038</i>	<i>≤ V <</i>	<i>0.068</i>

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

10.7 Mapa de vulnerabilidad

El mapa de vulnerabilidad muestra la distribución espacial de los niveles de afectación potencial en la infraestructura proyectada y su entorno inmediato. A partir de la integración de los parámetros económicos y ambientales analizados, se identifican zonas con diferente grado de vulnerabilidad —muy alta, alta, media y baja, lo que permite visualizar de manera clara las áreas críticas que requieren mayor atención en la gestión del riesgo. Esta representación constituye un insumo fundamental para la posterior estimación del nivel de riesgo y la formulación de medidas de prevención y mitigación.

Mapa 33: Mapa de vulnerabilidad



11. Nivel de Riesgo

11.1 Metodología para el cálculo del riesgo

El cálculo del riesgo se fundamenta en la relación entre los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad, entendidos como componentes esenciales para estimar las posibles consecuencias de la ocurrencia de fenómenos naturales en el área de intervención.

De acuerdo con el Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales (CENEPRED, 2014), el riesgo se expresa conceptualmente mediante la siguiente función:

$$Rie|t=f(P_i,V_e)|t$$

donde:

- R: Riesgo.
- f: En función.
- P_i: Peligro con la intensidad mayor o igual a i durante un período de exposición t.
- V_e: Vulnerabilidad de un elemento expuesto e.

El procedimiento metodológico aplicado se estructura en tres etapas principales:

i. Determinación del nivel de peligrosidad:

Se integran los factores condicionantes y desencadenantes de cada fenómeno, además de los parámetros de evaluación establecidos, con el fin de definir las categorías de peligrosidad (muy alta, alta, media y baja).

ii. Determinación del nivel de vulnerabilidad:

Se consideran las dimensiones económica y ambiental, tomando en cuenta la exposición, fragilidad y resiliencia de los elementos expuestos. Este análisis permitió clasificar la vulnerabilidad en los mismos cuatro niveles.

iii. Estimación del nivel de riesgo:

Los valores de peligrosidad y vulnerabilidad se combinan mediante una matriz de doble entrada, en la cual se interrelacionan ambos factores. De esta manera, la ubicación de cada par de valores en el plano cartesiano determina el nivel de riesgo resultante para el área de estudio.

11.2 Estimación del Nivel de Riesgo

11.2.1 Sismo

Niveles de riesgo

El nivel de riesgo sísmico se estimó a partir de la combinación del nivel de peligrosidad por sismo y el nivel de vulnerabilidad previamente calculado. El producto resultante ($R = P \times V$) se estratificó en cuatro categorías cualitativas: muy alto ($0.065 \leq R \leq 0.254$), alto ($0.018 \leq R < 0.065$), medio ($0.005 \leq R < 0.018$) y bajo ($0.001 \leq R < 0.005$). Esta clasificación permite identificar el grado de amenaza que enfrentan los diferentes componentes de la infraestructura proyectada frente a la ocurrencia de un sismo severo.

Tabla 52: Niveles de riesgo

NIVEL	RANGO
MUY ALTO	0.065 $\leq R \leq$ 0.254
ALTO	0.018 $\leq R <$ 0.065
MEDIO	0.005 $\leq R <$ 0.018
BAJO	0.001 $\leq R <$ 0.005

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

• Estratificación del nivel de riesgo

A continuación se muestra la estratificación del nivel de riesgo:

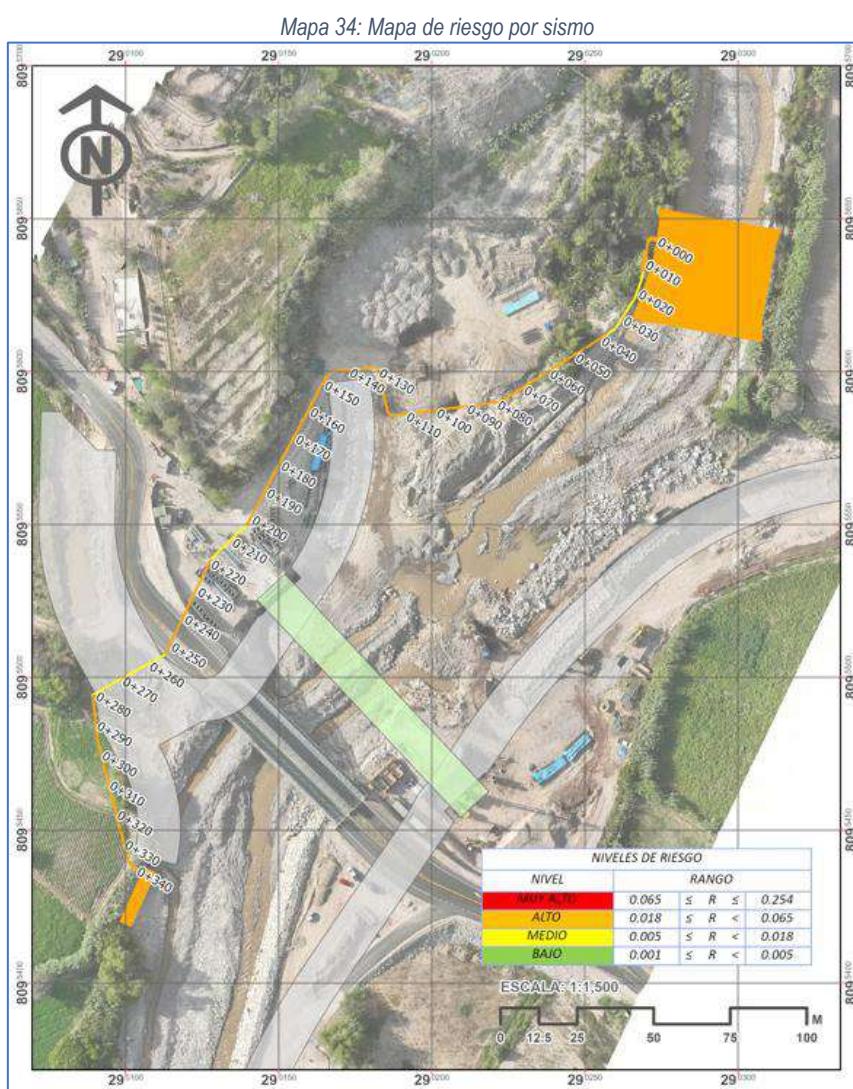
Tabla 53: Estratificación del nivel de riesgo por sismo

Nivel de Riesgo	DESCRIPCIÓN	Rangos
RIESGO MUY ALTO	<p>Peligro sísmico ocasionado por la ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, ubicada a una distancia de 150 a 250 km desde la fosa, con sismos de magnitud mayor a 8 (grandes terremotos).</p> <p>Tipo de suelo según SUCS SP, SM, SP-SM, SW-SM, ML, PT, RE (rellenos).</p> <p>Unidades geológicas Depósitos aluviales recientes, Depósitos aluviales recientes, gravas-limos.</p> <p>Unidades geomorfológicas Fondos de valle aluvial</p> <p>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Muy alto: 40% del costo del proyecto quedaría afectado. Material y configuración constructiva del activo - Muy alta: madera/adobe/piedra seca o concreto simple delgado; canal de tierra; tubería de concreto expuesto; acueducto sin protección., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Muy baja: sin plan ni recursos, sin derivación temporal, sin stock/convenios; recuperación >30 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Muy alta: dentro de cauce/humedal o área protegida; alto valor ecológico., K24, Amortiguación natural frente a crecidas - Muy baja: franja ribereña mínima; sin vegetación; todo impacto llega..".</p>	0.065 $\leq R \leq$ 0.254
RIESGO ALTO	<p>Peligro sísmico ocasionado por la ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, ubicada a una distancia de 150 a 250 km desde la fosa, con sismos de magnitud mayor a 8 (grandes terremotos).</p> <p>Tipo de suelo según SUCS GC, GP-GM, GW-GM, GW-GC, CL blanda.</p> <p>Unidades geológicas Depósitos aluviales recientes, gravas, y Depósitos aluviales recientes, bloques.</p> <p>Unidades geomorfológicas Planicie aluvial</p> <p>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Alto: 20–39% afectado, Material y configuración constructiva del activo - Alta: mampostería pobre o concreto simple; canal de concreto simple; tubería de concreto enterrada sin cama o PVC expuesto; acueducto sin topes., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Alta: recursos limitados y poco stock; sin convenios activos; recuperación 15–30 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Alta: franja ribereña/planicie aluvial y suelos agrícolas intensivos., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Alta: planicie aluvial con cobertura escasa y suelos finos., Amortiguación natural frente a crecidas - Alta: franja estrecha; poca vegetación; amortiguación poco..".</p>	0.018 $\leq R <$ 0.065
RIESGO MEDIO	<p>Peligro sísmico ocasionado por la ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, ubicada a una distancia de 150 a 250 km desde la fosa, con sismos de magnitud mayor a 8 (grandes terremotos).</p> <p>Tipo de suelo según SUCS CL media-firme, ML-CL, SC, SW (densidad media).</p> <p>Unidades geológicas Formación Sotillo</p> <p>Unidades geomorfológicas Colina en roca sedimentaria</p> <p>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Medio: 10–19% afectado, Material y configuración constructiva del activo - Media: concreto armado básico; canal de concreto simple con refuerzo puntual; HDPE/PVC enterrado con cama granular; acueducto con apoyos elastoméricos., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Media: organización básica y cuadrilla; stock mínimo y contratos de emergencia; 7–15 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Media: terrazas aluviales, cultivos de baja intensidad y barbechos., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Media: terrazas con vegetación secundaria; erosión moderada., Amortiguación natural frente a crecidas - Media: franja media con vegetación; amortiguación moderada..".</p>	0.005 $\leq R <$ 0.018
RIESGO BAJO	<p>Peligro sísmico ocasionado por la ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, ubicada a una distancia de 150 a 250 km desde la fosa, con sismos de magnitud mayor a 8 (grandes terremotos).</p> <p>Tipo de suelo según SUCS R (roca competente) / suelos muy densos o cementados. y R (roca competente) / suelos muy blandos.</p> <p>Unidades geológicas Formación Moquegua superior y Formación Guaneros, riolitas</p> <p>Unidades geomorfológicas Colina en roca volcánica y Montaña en roca volcánica</p> <p>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Bajo: 5–9% afectado y Muy bajo: < 5% afectado., Material y configuración constructiva del activo - Baja: concreto armado bien detallado y protección; canal de concreto armado en puntos críticos; HDPE/PVC enterrado con juntas flexibles; acueducto con topes y diafragmas., y Muy baja: cimentación en roca o pilotes, concreto armado dúctil; canal monolítico/encajonado; tubería de acero enterrada; acueducto con aisladores y disipadores., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Alta: derivación temporal parcial, stock y maquinaria local, plan activo; 2–7 días. y Muy alta: derivación temporal total, fondos y kits inmediatos, convenios 24/7, <48 horas., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Baja: matorral ralo/zonas intervenidas y suelos poco fértiles. y Muy baja: roca desnuda/infraestructura existente; áreas sin hábitat sensible., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Baja: áreas intervenidas con buena cobertura o protecciones. y Muy baja: roca/defensas consolidadas; erosión mínima., Amortiguación natural frente a crecidas - Alta: franja ancha y vegetada; buen amortiguamiento. y Muy alta: llanura de inundación amplia y boscosa; alta absorción..".</p>	0.001 $\leq R <$ 0.005

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

• Mapa de riesgos

El Mapa de Riesgo por Sismo constituye la síntesis espacial de la evaluación, mostrando la distribución de las zonas clasificadas en niveles de riesgo. En él se aprecia que determinados tramos del canal proyectado y el entorno de la bocatoma que incluye el desarenador se encuentran en condición de riesgo alto a muy alto, debido a la combinación de su localización en suelos aluviales y a la fragilidad estructural de la infraestructura proyectada. Otros sectores, como el área de cruce con infraestructura vial y zonas con mayor protección natural, presentan condiciones de riesgo medio o bajo.



• Matriz de riesgo

La estimación del nivel de riesgo por sismo requiere integrar los valores obtenidos previamente en la determinación del nivel de peligro y de vulnerabilidad. Para este propósito, se emplea la Matriz de Riesgo, herramienta metodológica recomendada en el Manual de Evaluación de Riesgos del CENEPRED. Esta matriz cruza los niveles de peligro identificados con los niveles de vulnerabilidad, permitiendo clasificar de manera cualitativa el riesgo en categorías que van desde muy bajo hasta muy alto.

De esta forma, el uso de la matriz asegura una evaluación sistemática y estandarizada, facilitando la identificación de aquellas zonas y elementos que concentran los mayores niveles de riesgo. En el caso específico del proyecto, la matriz de riesgo por sismo constituye la base para priorizar medidas de prevención y mitigación, así como para orientar la toma de decisiones en la gestión del riesgo.

En la siguiente matriz se presenta el resultado del cruce entre los niveles de peligro sísmico y los niveles de vulnerabilidad obtenidos en los capítulos anteriores:

Tabla 54: Matriz de riesgo

PMA	0.514	0.034952	0.071446	0.134154	0.3
PA	0.249	0.016932	0.034611	0.064989	0.1
PM	0.132	0.008976	0.018348	0.034452	0.1
PB	0.067	0.004556	0.009313	0.017487	0
		0.068	0.139	0.261	0.5
	VB	VM	VA	VMA	

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

Donde:

- PMA : Peligro muy alto
- PA : Peligro alto
- PM : Peligro medio
- PB : Peligro bajo
- VMA : Vulnerabilidad muy alta
- VA : Vulnerabilidad alta
- VM : Vulnerabilidad media
- VB : Vulnerabilidad baja

11.2.2 Vulcanismo

En el marco de la presente Evaluación de Riesgo, se analizó inicialmente la posible incidencia del peligro de origen volcánico en el área de intervención. Sin embargo, a partir de la revisión de la información geológica regional, de la cartografía oficial de peligros volcánicos y de la inspección de campo, se determinó que la infraestructura proyectada no se encuentra dentro de zonas de influencia directa ni indirecta de procesos volcánicos activos.

La ubicación del proyecto se halla fuera de los alcances de flujos piroclásticos, caídas de ceniza o lahar, por lo que la probabilidad de afectación es nula o muy baja. En consecuencia, el riesgo asociado a vulcanismo no ha sido considerado en el presente estudio, priorizándose la evaluación de los peligros que sí representan un nivel significativo de amenaza para la infraestructura y los elementos expuestos, como son el sismo y la inundación fluvial.

11.2.3 Flujo de Detritos

Durante el proceso de identificación de peligros se evaluó la posibilidad de afectación al área de intervención por flujos de detritos. Estos fenómenos suelen generarse en quebradas de fuerte pendiente, con disponibilidad de material suelto y una fuente de agua que actúe como desencadenante.

De la revisión de la cartografía oficial, estudios previos y la inspección de campo, se constató que el proyecto no se encuentra ubicado en el cauce ni en la zona de influencia de quebradas con condiciones para la generación de huaicos o flujos de detritos. La traza del canal de conducción y las obras complementarias se desarrollan sobre el valle principal, donde el peligro predominante es la inundación fluvial asociada al incremento del caudal del río, más no la movilización de grandes volúmenes de detritos.

En consecuencia, se concluye que el riesgo por flujo de detritos es nulo para la infraestructura proyectada, motivo por el cual no se ha considerado este peligro dentro de la estimación de riesgo.

11.2.4 Movimiento en masa

Se evaluó la posible incidencia de movimientos en masa en el área de intervención del proyecto. Este tipo de fenómenos se asocia principalmente a laderas inestables con fuertes pendientes, presencia de suelos poco consolidados y condiciones de saturación por lluvias intensas.

Del análisis de la cartografía geológica y geomorfológica disponible, así como de la verificación en campo, se determinó que la infraestructura proyectada no se emplaza sobre laderas inestables ni zonas identificadas con antecedentes de deslizamientos, derrumbes o caídas de roca. El área corresponde a un valle aluvial de pendiente suave, donde el peligro predominante es la inundación fluvial vinculada al cauce principal del río.

Por ello, se concluye que el riesgo por movimientos en masa no es significativo para el proyecto, razón por la cual no se ha considerado dentro de la estimación final de riesgos. El análisis se focaliza en los peligros de sismo e inundación fluvial, que constituyen los escenarios más relevantes de amenaza para la infraestructura y los elementos expuestos.

11.2.5 Inundación Fluvial

• Niveles de riesgo

El análisis del riesgo por inundación fluvial se realizó combinando los valores de peligrosidad y vulnerabilidad, de acuerdo con la metodología establecida por el Manual de Evaluación de Riesgos del CENEPRED. El resultado permitió definir una clasificación cualitativa en cuatro niveles de riesgo, que expresan el grado de afectación potencial de la infraestructura proyectada y de los elementos expuestos frente a la ocurrencia de eventos de inundación.

Los niveles obtenidos son los siguientes:

Tabla 55: Niveles de riesgo por peligro de inundación fluvial

NIVEL	RANGO		
MUY ALTO	0.064	≤ R ≤	0.255
ALTO	0.019	≤ R <	0.064
MEDIO	0.004	≤ R <	0.019
BAJO	0.002	≤ R <	0.004

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

Esta clasificación constituye la base para la representación cartográfica del riesgo y la posterior definición de medidas de prevención y mitigación.

• Estratificación del nivel de riesgo

La estratificación del riesgo por inundación fluvial se obtuvo a partir de la combinación de los valores de peligrosidad y vulnerabilidad, lo que permitió establecer una clasificación en cuatro niveles: muy alto, alto, medio y bajo. Cada rango integra las condiciones de pendiente del terreno, unidades geológicas, unidades geomorfológicas y parámetros económicos y ambientales, reflejando el grado de afectación esperado para la infraestructura y los elementos expuestos. El detalle de esta clasificación se muestra en el cuadro siguiente.

Tabla 56: Estratificación del nivel de riesgo por inundación fluvial

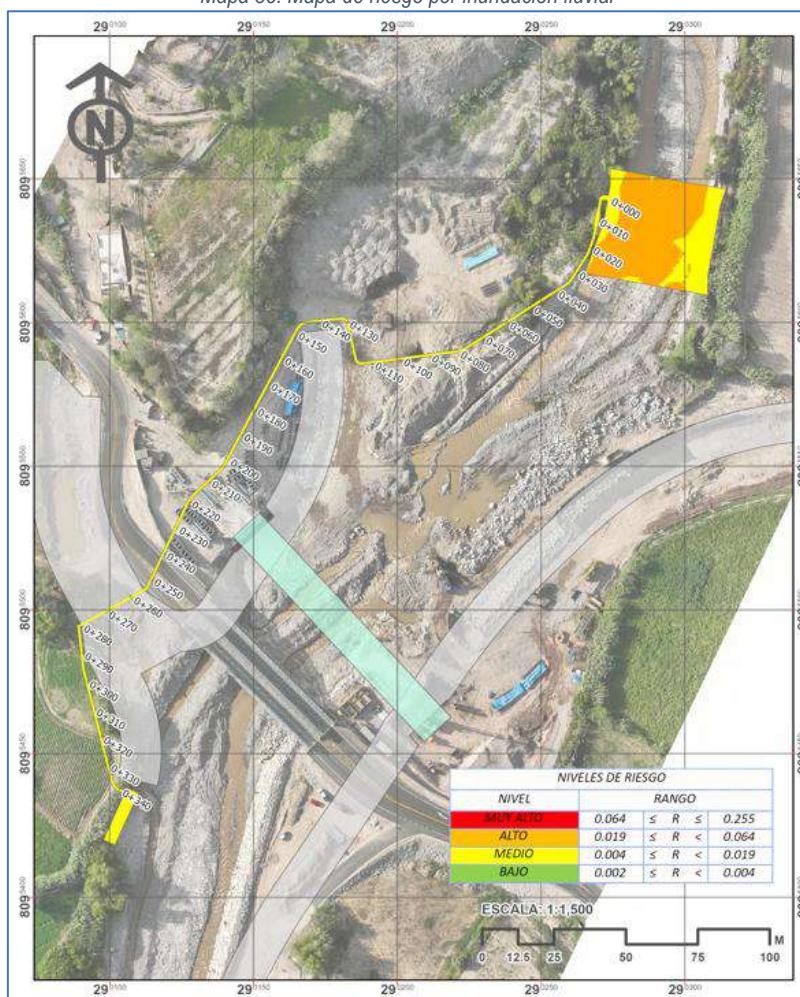
Nivel de Riesgo	DESCRIPCIÓN	Rangos
RIESGO MUY ALTO	<p>Inundación pluvial ocasionado por una Precipitación diaria (mm/24 horas) - Día extremadamente lluvioso (≥ 15 mm) cuya inundación es de nivel Muy alto: > 1.5 m – daños catastróficos y socavación severa.</p> <p>Pendientes de terreno Muy alto: 0–1.5°</p> <p>Unidades geológicas Depósitos aluviales recientes, Depósitos aluviales recientes, gravas-limos</p> <p>Unidades geomorfológicas Fondos de valle aluvial</p> <p>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Muy alto: 40% del costo del proyecto quedaría afectado, Material y configuración constructiva del activo - Muy alta: madera/adobe/piedra seca o concreto simple delgado; canal de tierra; tubería de concreto expuesta; acueducto sin protección., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Muy baja: sin plan ni recursos, sin derivación temporal, sin stock/convenios; recuperación >30 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Muy alta: dentro de cauce/humeral o área protegida; alto valor ecológico., K24, Amortiguación natural frente a crecidas - Muy baja: franja ribereña mínima; sin vegetación; todo impacto llega..".</p>	$0.064 \leq R \leq 0.255$
RIESGO ALTO	<p>Inundación pluvial ocasionado por una Precipitación diaria (mm/24 horas) - Día extremadamente lluvioso (≥ 15 mm) cuya inundación es de nivel Alto: 1.0 – 1.5 m – daños severos, posible pérdida de funcionalidad.</p> <p>Pendientes de terreno Alto: >1.5–3°</p> <p>Unidades geológicas Depósitos aluviales recientes, gravas, y Depósitos aluviales recientes, bloques</p> <p>Unidades geomorfológicas Planicie aluvial</p> <p>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Alto: 20–39% afectado, Material y configuración constructiva del activo - Alta: mampostería pobre o concreto simple; canal de concreto simple; tubería de concreto enterrada sin cama o PVC expuesto; acueducto sin topes., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Baja: recursos limitados y poco stock; sin convenios activos; recuperación 15–30 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Alta: franja ribereña/planicie aluvial y suelos agrícolas intensivos., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Alta: planicie aluvial con cobertura escasa y suelos finos., Amortiguación natural frente a crecidas - Baja: franja estrecha; poca vegetación; amortiguación poco..".</p>	$0.019 \leq R \leq 0.064$
RIESGO MEDIO	<p>Inundación pluvial ocasionado por una Precipitación diaria (mm/24 horas) - Día extremadamente lluvioso (≥ 15 mm) cuya inundación es de nivel Medio: 0.5 – 1.0 m – daños moderados, erosión de bordes.</p> <p>Pendientes de terreno Medio: >3–6°</p> <p>Unidades geológicas Formación Sotillo</p> <p>Unidades geomorfológicas Colina en roca sedimentaria</p> <p>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Medio: 10–19% afectado, Material y configuración constructiva del activo - Media: concreto armado básico; canal de concreto simple con refuerzo puntual; HDPE/PVC enterrado con cama granular; acueducto con apoyos elastoméricos., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Media: organización básica y cuadrilla; stock mínimo y contratos de emergencia; 7–15 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Media: terrazas aluviales, cultivos de baja intensidad y barbechos., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Media: terrazas con vegetación secundaria; erosión moderada., Amortiguación natural frente a crecidas - Media: franja media con vegetación; amortiguación moderada..".</p>	$0.004 \leq R \leq 0.019$
RIESGO BAJO	<p>Inundación pluvial ocasionado por una Precipitación diaria (mm/24 horas) - Día extremadamente lluvioso (≥ 15 mm) cuya inundación es de nivel Bajo: 0.2 – 0.5 m – afectación menor, encharcamientos importantes y Muy bajo: 0 – 0.2 m (o sin aneaamiento) – impacto leve o nulo.</p> <p>Pendientes de terreno Muy bajo: >12° y Muy bajo: >12°</p> <p>Unidades geológicas Formación Moquegua superior y Formación Guaneras, riolitas</p> <p>Unidades geomorfológicas Colina en roca volcánica y Montaña en roca volcánica</p> <p>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Bajo: 5–9% afectado y Muy bajo: < 5% afectado., Material y configuración constructiva del activo - Baja: concreto armado bien detallado y protección; canal de concreto armado en puntos críticos; HDPE/PVC enterrado con juntas flexibles; acueducto con topes y diafragmas. y Muy baja: cimentación en roca o pilotes, concreto armado dúctil; canal monolítico/encajonado; tubería de acero enterrada; acueducto con aisladores y disipadores., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Alta: derivación temporal parcial, stock y maquinaria local, plan activo; 2–7 días. y Muy alta: derivación temporal total, fondos y kits inmediatos, convenios 24/7; <48 horas., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Baja: matorral ralo/zonas intervenidas y suelos poco fértiles. y Muy baja: roca desnuda/infraestructura existente; áreas sin hábitat sensible., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Baja: áreas intervenidas con buena cobertura o protección., y Muy baja: roca/defensas consolidadas; erosión mínima., Amortiguación natural frente a crecidas - Alta: franja ancha y vegetada; buen amortiguamiento. y Muy alta: llanura de inundación amplia y boscosa; alta absorción..".</p>	$0.002 \leq R \leq 0.004$

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

• Mapa de riesgos

El mapa de riesgos por inundación fluvial integra la información de los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad previamente analizados, permitiendo visualizar espacialmente las zonas del área de intervención con distinto grado de riesgo. Se identifican sectores clasificados en niveles muy alto, alto, medio y bajo, lo que facilita la localización de las áreas críticas y orienta la toma de decisiones en materia de gestión, prevención y mitigación.

Mapa 35: Mapa de riesgo por inundación fluvial



• Matriz de riesgo

La matriz de riesgo por inundación fluvial constituye la síntesis del cruce entre los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad obtenidos en el análisis. En ella se representan las combinaciones posibles de escenarios, clasificadas en niveles de riesgo que van desde muy bajo hasta muy alto. Esta herramienta permite identificar con claridad los sectores más críticos dentro del área de intervención, facilitando la priorización de medidas de gestión, prevención y reducción del riesgo.

Tabla 57: Matriz de riesgo por inundación fluvial

PMA	0.516	0.03509	0.07172	0.13468	0.25439
PA	0.244	0.01659	0.03392	0.06368	0.12029
PM	0.133	0.00904	0.01849	0.03471	0.06557
PB	0.066	0.00449	0.00917	0.01723	0.03254
		0.068	0.139	0.261	0.493
		VB	VM	VA	VMA

Fuente: Elaboración propia según metodología del CENEPRED (2014).

Donde:

- | | | | |
|-----|--------------------|-----|---------------------------|
| PMA | : Peligro muy alto | VMA | : Vulnerabilidad muy alto |
| PA | : Peligro alto | VA | : Vulnerabilidad alto |
| PM | : Peligro medio | VM | : Vulnerabilidad medio |
| PB | : Peligro bajo | VB | : Vulnerabilidad bajo |

11.3 Calculo de efecto probables (daños y pérdidas)

La estimación de efectos probables comprende la identificación y valoración económica de las posibles consecuencias directas e indirectas que podrían ocasionar los peligros priorizados en el área de intervención. En este caso, se han considerado los peligros de sismo e inundación fluvial, cuyos escenarios fueron desarrollados en los capítulos previos.

Se distinguen cuatro tipos de efectos: daños probables, pérdidas probables, costos adicionales y costos de rehabilitación. A continuación, se presenta el análisis correspondiente.

11.3.1 Calculo de efecto probables por sismo (daños y pérdidas)

a) Daños probables

Los daños probables corresponden a la afectación física directa sobre las estructuras proyectadas del sistema de riego (bocatoma, canal de conducción, acueducto y cruce de carretera).

En el caso del sismo, se prevé la aparición de fisuras, desprendimiento de elementos menores y posibles afectaciones puntuales en estructuras de concreto armado y escolleras.

En el caso de la inundación fluvial, los daños se relacionan principalmente con procesos de socavación, arrastre de material y afectación localizada de los bordes del canal y obras de protección.

Tabla 58: Costo de daños probables

Nº	Actividad	U.M.	Cantidad	Costo unitario aprox. S/.	Sub total S/.
A)	BOCATOMA				15,780.00
1	Reposición o reacomodo de bloques de roca en escolleras de ingreso y salida	m ³	20.00	220.00	4,400.00
2	Sellado e inyección de fisuras en muros de encauzamiento de concreto armado ($f_c=280 \text{ kg/cm}^2$)	m	30.00	95.00	2,850.00
3	Reparación superficial de solera de ingreso y colchón amortiguador (concreto ciclópeo y armado)	m ²	30.00	180.00	5,400.00
4	Reposición de juntas frías y de construcción en elementos de concreto	m	20.00	65.00	1,300.00
5	Inyección de lechada epóxica en muros fisurados	m	6.00	95.00	570.00
6	Parcheo superficial de solera con mortero de reparación estructural	m ²	2.00	180.00	360.00
7	Recolocación y fijación de rejillas metálicas deformadas o desprendidas	und	2.00	450.00	900.00
B)	CANAL DE CONDUCCIÓN				9,950.00
1	Reparación puntual de fisuras en losa y muros laterales de canal (inyección de resina epólica)	m	50.00	45.00	2,250.00
2	Reparación de secciones dañadas en revestimiento de concreto armado (parche estructural con mortero >210 KG/CM ²)	m ²	30.00	120.00	3,600.00
3	Reposición o reacomodo de elementos estructurales menores (rejillas, juntas de dilatación y accesorios metálicos del canal)	glb	1.00	2,500.00	2,500.00
4	Reconformación y compactación de taludes afectados en bordes de canal (relleno con material granular)	m ³	20.00	80.00	1,600.00
				PARCIAL	25,730.00

Fuente: Elaboración propia según Guía de Efectos Probables del CENEPRED (2020)

b) Pérdidas probables

Las pérdidas probables corresponden a los efectos económicos derivados de la interrupción del servicio de riego y educativo (según la metodología de CENEPRED), durante el tiempo necesario para realizar reparaciones o mientras las condiciones de seguridad se restablecen.

Para el sismo, se estima la suspensión temporal por los trabajos de reparación en los componentes dañados.

Para la inundación fluvial, la suspensión se daría por la imposibilidad de operar la bocatoma y el canal durante o después del evento, hasta concluir la limpieza y aseguramiento de la infraestructura.

Tabla 59: Costo de pérdidas probables

Nº	Actividad	U.M.	Cantidad	Costo unitario aprox. S/.	Sub total S/.
1	Interrupción temporal del servicio de riego aguas abajo	día	2.00	10,000.00	20,000.00
2	Restricción/gestión de tránsito en cruce de carretera durante inspección post-sismo	día	1.00	4,000.00	4,000.00
3	Pérdida operativa por reducción de caudal útil en limpieza y pruebas	día	2.00	2,500.00	5,000.00
				PARCIAL	29,000.00

Fuente: Elaboración propia según Guía de Efectos Probables del CENEPRED (2020)

c) Costos adicionales probables

Los costos adicionales comprenden los gastos inmediatos y complementarios que deben asumirse como parte de la respuesta post-evento, distintos a la reparación de los daños estructurales.

Para el sismo, incluyen acciones de inspección, apuntalamiento menor y movilización de recursos técnicos.

Para la inundación fluvial, comprenden la remoción de material arrastrado, limpieza de áreas afectadas y medidas inmediatas de protección temporal.

Tabla 60: Costos adicionales probables

Nº	Actividad	U.M.	Cantidad	Costo unitario aprox. S/.	Sub total S/.
1	Señalización, vallado y control de accesos (cintas, vallas, conos; reposición diaria)	glb	1.00	1,000.00	1,000.00
2	Inspección técnica de emergencia y monitoreo de estructuras (bocatoma, canal, desarenador)	glb	1.00	3,000.00	3,000.00
3	Limpieza y retiro de material suelto/escombros en accesos y bordes de canal	m³	100.00	45.00	4,500.00
			PARCIAL	8,500.00	

Fuente: Elaboración propia según Guía de Efectos Probables del CENEPRED (2020)

d) Costos de rehabilitación probables

Los costos de rehabilitación corresponden a actividades orientadas a recuperar la capacidad operativa de la infraestructura, sin llegar a constituir reconstrucción.

En el caso del sismo, se consideran labores de descolmatación menor, reposición puntual de material de protección y restitución de elementos no estructurales.

En el caso de la inundación fluvial, se contemplan trabajos de limpieza mayor del canal y desarenador, así como la restitución parcial de las condiciones de diseño.

Tabla 61: Costos de rehabilitación probable

Nº	Actividad	U.M.	Cantidad	Costo unitario aprox. S/.	Sub total S/.
1	Recolección puntual de bloques en escolleras	m³	10.00	220.00	2,200.00
			PARCIAL	2,200.00	

Fuente: Elaboración propia según Guía de Efectos Probables del CENEPRED (2020)

e) Costos total de efectos probables

En conjunto, los costos de efectos probables ascienden a la suma de S/. 65,430.00, correspondientes al escenario de un sismo severo considerado en la presente evaluación.

11.3.2 Calculo de efecto probables por inundación fluvial (daños y pérdidas)

a) Daños probables

Bajo el escenario de crecidas que superan la capacidad hidráulica del cauce, se prevé afectación reparable en componentes expuestos al contacto directo con el flujo. En la bocatoma, los daños se asocian a socavación local y erosión superficial (reacomodo de bloques de escollera y resane puntual de muros con concreto $f_c \geq 280 \text{ kg/cm}^2$). En el desarenador predomina la erosión superficial de la solera por ingreso de caudal extraordinario y la reposición de rejillas metálicas desprendidas por arrastre de material. En el canal de conducción se consideran resanes de juntas y reperfilado/restitución de taludes internos afectados por erosión lateral.

El detalle y los costos unitarios referenciales se muestran en la Tabla (Daños probables), con un subtotal de S/ 16 250,00.

Tabla 62: Daños probables por inundación fluvial

Nº	Actividad	U.M.	Cantidad	Costo unitario aprox. S/.	Sub total S/.
A)	BOCATOMA				12,700.00
1	Reacomodo de bloques en escolleras de ingreso y salida afectadas por socavación	m^3	25.00	220.00	5,500.00
2	Resane puntual de muros de encauzamiento con concreto $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ (erosión superficial)	m^2	20.00	180.00	3,600.00
3	Limpieza y reparación superficial de solera erosionada por ingreso de caudal extraordinario	m^2	15.00	180.00	2,700.00
4	Reposición de rejillas metálicas desprendidas por arrastre de material	und	2.00	450.00	900.00
B)	CANAL DE CONDUCCIÓN				3,550.00
1	Resane de juntas abiertas en solera y muros laterales	m	30.00	65.00	1,950.00
2	Reperfilado y restitución de taludes internos afectados por erosión lateral	m^3	20.00	80.00	1,600.00
				PARCIAL	16,250.00

Fuente: Elaboración propia según Guía de Efectos Probables del CENEPRED (2020)

b) Pérdidas probables

Corresponden a costos por interrupción temporal de servicio para ejecutar limpieza y verificaciones post-crecida; a la gestión de tránsito en el cruce de carretera durante el retiro de material y verificación de seguridad, y a la pérdida operativa asociada a reducción del caudal útil durante purga del canal y pruebas de restablecimiento.

El consolidado se presenta en la Tabla (Pérdidas probables), con subtotal de S/ 45 500,00.

Tabla 63: Pérdidas probables por inundación fluvial

Nº	Actividad	U.M.	Cantidad	Costo unitario aprox. S./	Sub total S./
1	Interrupción temporal del servicio de riego aguas abajo por cierre preventivo y limpieza post-crecida	día	3.00	10,000.00	30,000.00
2	Restricción/gestión de tránsito en cruce de carretera durante retiro de material y verificación de seguridad	día	2.00	4,000.00	8,000.00
3	Pérdida operativa por reducción de caudal útil durante purga del canal y pruebas de restablecimiento	día	3.00	2,500.00	7,500.00
PARCIAL					45,500.00

Fuente: Elaboración propia según Guía de Efectos Probables del CENEPRED (2020)

c) Costos adicionales probables

Incluyen gastos inmediatos de respuesta y control: señalización, vallado y control de accesos en zonas anegadas; inspección técnica de emergencia y monitoreo de estructuras y cauce; limpieza y retiro de material suelto en accesos y bordes externos (no estructural); alquiler y operación de bombeo/mangueras para by-pass temporal o drenaje localizado; y combustibles/lubricantes para maquinaria de atención inmediata.

El resumen figura en la Tabla (Costos adicionales probables), con subtotal de S/ 28 700,00.

Tabla 64: Costos adicionales probables por inundación fluvial

Nº	Actividad	U.M.	Cantidad	Costo unitario aprox. S./	Sub total S./
1	Señalización, vallado y control de accesos en áreas anegadas	dia	4.00	3,000.00	12,000.00
2	Inspección técnica de emergencia y monitoreo (estructuras y cauce)	jornada	4.00	1,200.00	4,800.00
3	Limpieza y retiro de material suelto en accesos y bordes externos (no estructural)	m³	120.00	45.00	5,400.00
4	Alquiler y operación de bombeo/mangueras para by-pass temporal o drenaje localizado	día	2.00	2,000.00	4,000.00
5	Combustibles y lubricantes para maquinaria de atención inmediata (retro, volquete, motobomba)	glb	1.00	2,500.00	2,500.00
PARCIAL					28,700.00

Fuente: Elaboración propia según Guía de Efectos Probables del CENEPRED (2020)

d) Costos de rehabilitación probables

Comprenden las actividades necesarias para restablecer la operatividad y estabilidad del sistema una vez controlado el evento: reposición/recolección de bloques de roca en escolleras marginales (tramos erosionados); rehabilitación del revestimiento del canal (parche estructural con mortero $\geq 210 \text{ kg/cm}^2$); rekonformación y compactación de taludes/bermas en bordes de canal; y recalce puntual con concreto ciclópeo en solera/elementos de ingreso donde se evidencie socavación.

Los montos se presentan en la Tabla (Costos de rehabilitación probables), con subtotal de S/ 17 000,00.

Tabla 65: Costos de rehabilitación probables por inundación fluvial

Nº	Actividad	U.M.	Cantidad	Costo unitario aprox. S/.	Sub total S/.
1	Reposición/recolocación de bloques de roca en escolleras marginales (tramos erosionados)	m ³	30.00	220.00	6,600.00
2	Rehabilitación de revestimiento de canal (parche estructural con mortero ≥210 kg/cm ²)	m ²	40.00	120.00	4,800.00
3	Reconformación y compactación de taludes/bermas afectadas en bordes de canal	m ³	50.00	80.00	4,000.00
4	Recalce puntual con concreto ciclópeo en solera/elementos de ingreso afectados por socavación	m ³	5.00	320.00	1,600.00
PARCIAL					17,000.00

Fuente: Elaboración propia según Guía de Efectos Probables del CENEPRED (2020)

e) Costos total de efectos probables

La suma de daños probables + pérdidas probables + costos adicionales probables + costos de rehabilitación probables asciende a S/. 107,450.00 soles.

12. Control de riesgo

12.1 Costo efectividad

El análisis de costo–efectividad permite contrastar los costos estimados de los efectos probables frente a la inversión requerida para implementar medidas de prevención y mitigación. En el presente estudio, se han cuantificado los efectos probables para los escenarios de sismo e inundación fluvial, que incluyen daños directos a la infraestructura proyectada, pérdidas económicas asociadas a la interrupción del servicio, costos adicionales y costos de rehabilitación.

Los resultados evidencian que, aun cuando la infraestructura propuesta presenta un diseño robusto, los costos de efectos probables en caso de ocurrencia de un evento sísmico o de inundación fluvial alcanzan montos significativos. Este hecho demuestra que el costo de no intervenir sería considerablemente mayor que el costo de incorporar medidas de reducción del riesgo desde la fase de diseño.

Si bien los costos de las medidas estructurales y no estructurales específicas serán definidos con mayor precisión en el expediente técnico del proyecto, puede afirmarse que la relación costo–efectividad es favorable, ya que la implementación de medidas como el refuerzo de estructuras críticas, la optimización de defensas ribereñas y la inclusión de protocolos de respuesta y mantenimiento reducirán de manera sustancial los efectos probables estimados.

En consecuencia, el análisis realizado respalda la necesidad de ejecutar medidas de prevención y mitigación como parte integral del proyecto, puesto que los beneficios derivados de la reducción de daños y pérdidas superan ampliamente a la inversión requerida para su implementación.

12.2 Control de riesgos

12.2.1 Aceptabilidad o tolerancia de riesgo

a.- Nivel de consecuencias

Considerando las características de la infraestructura proyectada (bocatoma y canal de conducción), así como los daños esperados ante la ocurrencia de fenómenos naturales como sismos o inundaciones fluviales, se determina que corresponde un **nivel de consecuencia 2 – medio**, dado que las consecuencias derivadas del impacto de dichos fenómenos pueden ser gestionadas con los recursos disponibles, mediante

labores de reparación y mantenimiento correctivo, sin comprometer la operatividad general de la infraestructura.

Tabla 66: Niveles de consecuencias

VALOR	NIVELES	DESCRIPCIÓN
4	muy alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas
3	alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo
2	media	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son gestionadas con los recursos disponibles
1	bajo	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad

CENEPRED (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales. Adaptado por el autor

b.- Nivel de frecuencia y ocurrencia

Considerando las condiciones ambientales y antecedentes históricos de la zona de intervención, se determina que los fenómenos naturales analizados (sismo e inundación fluvial) presentan una probabilidad de ocurrencia en períodos de tiempo largos, aunque posibles según las circunstancias. En tal sentido, corresponde asignar un nivel de **frecuencia 2 – medio**, dado que la ocurrencia de estos eventos no es permanente, pero sí factible dentro del horizonte de vida útil de la infraestructura proyectada.

Tabla 67: Niveles de frecuencia de ocurrencia

NIVEL	PROBABILIDAD	DESCRIPCIÓN
4	muy alta	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias
3	alta	Puede ocurrir en períodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias
2	media	Puede ocurrir en períodos de tiempo largos según las circunstancias
1	bajo	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales

CENEPRED (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales. Adaptado por el autor

c.- Nivel de consecuencia y daño

De acuerdo con la combinación de los valores asignados en la matriz de consecuencias y daños, considerando un nivel de consecuencia = 2 (media) y un nivel de frecuencia = 2 (media), se obtiene como resultado un **nivel de daño medio**.

Esto implica que, frente a la ocurrencia de fenómenos como sismos e inundaciones fluviales, los efectos sobre la infraestructura proyectada serían significativos pero manejables, pudiendo ser atendidos con recursos disponibles y medidas de rehabilitación sin comprometer la continuidad del servicio en el mediano plazo.

Tabla 68: Matriz de consecuencias y daños

CONSECUENCIAS	NIVEL	ZONA DE CONSECUENCIAS Y DAÑOS			
		Muy alta	Alta	Alta	Muy Alta
Alta	3	Medio	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Medio	Medio	Alta	Alta
Bajo	1	Bajo	Medio	Medio	Alta
	Nivel	1	2	3	4
	Frecuencia	Bajo	Medio	Alta	Muy Alta

CENEPRED (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales. Adaptado por el autor

d.- Aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo

Con base en el análisis realizado, el nivel de consecuencia y daño obtenido corresponde a nivel medio (2). De acuerdo con la matriz de aceptabilidad y tolerancia del riesgo, este resultado se clasifica como un riesgo tolerable.

Esto significa que, aunque el proyecto podría verse afectado por fenómenos como sismos e inundaciones fluviales, los impactos no comprometen de manera crítica la operatividad de la infraestructura. Sin embargo, se deben desarrollar e implementar medidas de manejo de riesgo orientadas a reforzar la capacidad de respuesta y reducir la vulnerabilidad, asegurando la continuidad del servicio en escenarios adversos.

Tabla 69: Aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo

VALOR	DESCRITOR	DESCRIPCIÓN
4	Inadmisible	Se debe aplicar inmediatamente medidas de control físico y de ser posible transferir inmediatamente recursos económicos para reducir los riesgos.
3	Inaceptable	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos.
2	Tolerable	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos.
1	.	El riesgo no presenta un peligro significativo

CENEPRED (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales. Adaptado por el autor

e.- Medidas cualitativas de consecuencias y daño

De acuerdo con la matriz de medidas cualitativas, el nivel de consecuencias y daño para la infraestructura hidráulica proyectada se ubica en el nivel 2 – Medio. Si bien la descripción del cuadro hace referencia a “tratamiento médico en personas”, en el presente caso —al tratarse de infraestructura y no de población expuesta— este criterio debe entenderse en el ámbito de las afectaciones físicas y financieras a la obra.

En ese sentido, las consecuencias esperadas ante la ocurrencia de fenómenos como sismos o inundaciones fluviales corresponden a pérdidas financieras altas y daños parciales en componentes estructurales (bocatoma y canal de conducción), los cuales, si bien pueden afectar temporalmente la operatividad del sistema, son reparables con recursos disponibles mediante actividades de resane, reposición localizada y mantenimiento correctivo.

Tabla 70: *Medidas cualitativas de consecuencia y daños*

NIVEL	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCION
4	Muy alta	Muerte de personas, enorme pérdida y bienes y financieros
3	Alta	Lesiones grandes en las personas, pérdida de la capacidad de producción, pérdida de bienes y financieras importantes
2	Media	Requiere tratamiento médico en las personas, pérdidas de bienes y financieras altas
1	Bajo	tratamiento de primeros auxilios a las personas, pérdidas de bienes y financieras altas

CENEPRED (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales. Adaptado por el autor

f.- Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo

De acuerdo con la evaluación realizada, considerando que el nivel de consecuencia es Medio (2) y la frecuencia de ocurrencia también se ubica en un nivel Medio (2), la intersección en la matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo corresponde a la categoría de Riesgo Tolerable.

Esto significa que, si bien el impacto de los fenómenos naturales (sismos e inundaciones fluviales) podría ocasionar afectaciones parciales en la infraestructura hidráulica proyectada, estos daños pueden ser gestionados mediante recursos disponibles y medidas de control previamente previstas, sin requerir intervenciones inmediatas o extraordinarias.

En ese sentido, el riesgo identificado es aceptable dentro de los márgenes de tolerancia establecidos por la metodología del CENEPRED, siempre y cuando se implementen las acciones de prevención, mitigación y mantenimiento recomendadas en el presente estudio.

Tabla 71: *Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo*

Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inapmisible	Riesgo Inapmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inapmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable
Riesgo aceptable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable

CENEPRED (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales. Adaptado por el autor

g.- Nivel de priorización

De acuerdo con los resultados obtenidos en la matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo, el proyecto se ubica en la categoría de Riesgo Tolerable (valor 2).

Esto significa que corresponde al Nivel de Priorización III, en el cual se deben desarrollar actividades específicas para el manejo del riesgo, orientadas a prevenir daños mayores y garantizar la continuidad de los servicios proyectados.

En este nivel, las medidas estructurales y no estructurales recomendadas en el estudio adquieren importancia como acciones de mitigación necesarias, aunque el riesgo identificado no compromete de manera inmediata la viabilidad del proyecto ni su sostenibilidad a largo plazo.

Tabla 72: Nivel de priorización

VALOR	DESCRIPTOR	NIVEL DE PRIORIZACIÓN
4	Inadmisible	I
3	Inaceptable	II
2	Tolerable	III
1	Aceptable	IV

CENEPRED (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales. Adaptado por el autor

13. Conclusiones

13.1 Sismo

- Se identificó el peligro sísmico en el área de influencia del proyecto mediante la recopilación de información cartográfica (geológica y geomorfológica), bases oficiales (IGP, CENEPRED) y verificación en campo, confirmando la presencia de condiciones de susceptibilidad que justifican su caracterización dentro del estudio.
- El peligro sísmico se caracterizó considerando como factores condicionantes el tipo de suelo según clasificación SUCS, las unidades geológicas y geomorfológicas; como factor desencadenante, la magnitud sísmica; y como parámetro de evaluación, la intensidad sísmica expresada en la Escala de Mercalli Modificada (MMI).
- Para la elaboración del mapa de peligro sísmico se consideró como escenario un evento mayor a 8.0 Mw, correspondiente a grandes terremotos. El análisis determinó que el **nivel de peligro por sismo es alto** en los componentes principales de la infraestructura proyectada, incluyendo la bocatoma y el canal de conducción.
- Los elementos expuestos frente al peligro sísmico comprenden las estructuras proyectadas del sistema de riego, que incluyen la bocatoma con sus obras complementarias, el canal de conducción y las estructuras asociadas (acueducto y cruce de carretera). Estos componentes constituyen la base de la infraestructura analizada y representan los principales activos que se verían afectados en caso de un evento sísmico.
- El análisis de vulnerabilidad permitió determinar que, en relación con las condiciones constructivas y el tipo de infraestructura proyectada, el nivel de **vulnerabilidad frente al peligro sísmico es medio**. Este valor refleja que, si bien la obra se ha diseñado con materiales y criterios técnicos adecuados, no existe una capacidad plena de resistencia antisísmica, por lo que persiste una susceptibilidad moderada ante la ocurrencia de un evento de gran magnitud.
- El análisis integral de peligro y vulnerabilidad permitió establecer que el **nivel de riesgo por sismo para el proyecto es alto**. Este resultado se explica porque, aunque la vulnerabilidad se ha calculado en un nivel medio, la alta peligrosidad sísmica que caracteriza al área de estudio eleva significativamente el riesgo, generando la necesidad de considerar medidas de prevención y mitigación específicas.

13.2 Vulcanismo

Se determinó que el área de intervención no se encuentra dentro de zonas de influencia directa de volcanes activos, por lo que el riesgo asociado a vulcanismo es nulo o muy bajo. Solo podría generarse una afectación indirecta por dispersión ligera de cenizas en caso de erupciones mayores, lo cual no representa una amenaza significativa para la operatividad del proyecto.

13.3 Flujo de Detritos

La ubicación del proyecto, en el valle principal y alejada de quebradas con alta pendiente y acumulación de detritos, descarta la probabilidad de afectación por huaicos o flujos de lodo. En consecuencia, el riesgo por flujo de detritos se considera nulo para la infraestructura proyectada.

13.4 Movimiento en masa

Del análisis de campo y la cartografía oficial se concluye que el área de estudio no presenta condiciones críticas de inestabilidad de taludes ni suelos susceptibles a deslizamientos. Por tanto, el riesgo por movimientos en masa es bajo o inexistente, no requiriéndose medidas específicas adicionales en este aspecto.

13.5 Inundación Fluvial

- Se identificó el peligro de inundación fluvial en el área de influencia del proyecto mediante la recopilación de información cartográfica (hidrológica e hidráulica), bases oficiales (ANA, CENEPRED) y verificación en campo, confirmando la presencia de condiciones de susceptibilidad asociadas a crecidas extraordinarias del río que justifican su caracterización dentro del estudio.
- El peligro de inundación fluvial se caracterizó considerando como factor condicionante la proximidad al cauce del río; como factor desencadenante, la precipitación máxima diaria acumulada; y como parámetro de evaluación, la altura relativa respecto al cauce.
- Para la elaboración del mapa de peligro se consideró como escenario de análisis la ocurrencia de crecidas que superen la capacidad hidráulica del cauce. El análisis determinó que el nivel de riesgo por inundación fluvial es alto en la bocatoma, y medio en el canal de conducción.
- Los elementos expuestos frente al peligro de inundación fluvial comprenden las estructuras proyectadas del sistema de riego, que incluyen la bocatoma con sus obras complementarias, el canal de conducción y las estructuras asociadas (acueducto y cruce de carretera).
- El análisis de vulnerabilidad permitió determinar que, en relación con las condiciones constructivas y el tipo de infraestructura proyectada, el nivel de vulnerabilidad frente a inundación fluvial es medio. Este valor refleja que, aunque la infraestructura se proyecta con criterios técnicos adecuados y en presencia de obras de protección ribereña, persiste una susceptibilidad moderada frente a crecidas de gran magnitud.
- El análisis integral de peligro y vulnerabilidad permitió establecer que el nivel de riesgo por inundación fluvial es alto en la parte central de la bocatoma y medio en el resto de los componentes del proyecto. Este resultado evidencia la necesidad de incorporar medidas de prevención y mitigación específicas para garantizar la continuidad del servicio de riego.

14. Recomendaciones

14.1 Recomendaciones no Estructurales

- Implementar un sistema de monitoreo y alerta temprana frente a crecidas extraordinarias del río y posibles eventos sísmicos, utilizando información hidrometeorológica y reportes del IGP, ANA y CENEPRED.
- Desarrollar e implementar un Plan de Contingencia y Continuidad Operativa del sistema de riego, que contemple protocolos de cierre temporal, desvío de caudales y limpieza inmediata posterior a un evento adverso.

- Realizar capacitaciones periódicas a los operadores y usuarios de la infraestructura sobre medidas de prevención, protocolos de respuesta y procedimientos de emergencia ante sismos e inundaciones.
- Establecer un programa de inspección y mantenimiento rutinario de las estructuras (bocatoma, canal y defensas ribereñas), con especial énfasis después de lluvias intensas o movimientos sísmicos.
- Fomentar la coordinación interinstitucional con entidades competentes (ANA, gobiernos locales, Defensa Civil) para fortalecer la gestión integral del riesgo y asegurar la disponibilidad de recursos en caso de emergencias.
- Implementar un sistema de registro y reporte de emergencias que permita documentar las afectaciones ocurridas y retroalimentar los planes de prevención y mitigación.
- Promover la concientización comunitaria mediante talleres y campañas informativas orientadas a los usuarios del sistema de riego, enfatizando la importancia del cuidado de la infraestructura y la reducción de vulnerabilidades.

14.2 Recomendaciones Estructurales

14.2.1 Sismo

- Diseñar y proyectar la infraestructura considerando los parámetros de sismo establecidos en la Norma E.030 “Diseño Sismorresistente” del RNE, incorporando factores de seguridad adecuados para obras hidráulicas.
- Garantizar que los elementos estructurales (muros de encauzamiento, soleras, canal de conducción y estructuras asociadas) cuenten con refuerzo suficiente de acero y concreto de resistencia $f_c \geq 280 \text{ kg/cm}^2$, tal como se ha considerado en el análisis.
- Implementar juntas de dilatación y dispositivos de disipación de energía en las estructuras rígidas, con el fin de reducir la concentración de esfuerzos durante un evento sísmico.
- Asegurar la compactación adecuada de suelos de cimentación y, en caso necesario, considerar técnicas de mejoramiento de suelos (rellenos seleccionados, enrocados o geotextiles) en zonas críticas.
- Incorporar en el diseño y construcción de la bocatoma anclajes y elementos de confinamiento adicional que eviten desplazamientos de bloques de roca o colapsos parciales por vibraciones sísmicas.
- Prever detalles de conexión y continuidad estructural en las obras del canal de conducción, que garanticen el comportamiento monolítico frente a movimientos sísmicos.
- Establecer un plan de mantenimiento correctivo post-sismo, que incluya inspecciones técnicas inmediatas y reposición de elementos dañados como escolleras, rejillas metálicas y juntas en soleras.
- Compactar la base y los apoyos del canal hasta alcanzar un grado de compactación superior al 95% Proctor modificado, con control de calidad en campo para garantizar un buen desempeño frente a vibraciones sísmicas.
- Incorporar juntas de construcción cada 3 m y juntas de dilatación cada 9 m, selladas con material elástico resistente a variaciones térmicas y movimientos sísmicos, a fin de controlar agrietamientos longitudinales y transversales.
- Colocar un refuerzo mínimo con malla electrosoldada ligera en la losa de fondo del canal y en las uniones piso-muro, con el objetivo de reducir la formación de fisuras por esfuerzos dinámicos.

- En los tramos críticos, como el acueducto y el cruce de la carretera, evaluar la sustitución del canal de concreto por tramos de tubería HDPE de alta resistencia, que ofrece mayor flexibilidad y reduce la probabilidad de daño estructural por movimientos sísmicos.
- Implementar un adecuado confinamiento lateral mediante taludes estables o pequeños muros de protección en zonas expuestas, evitando asentamientos diferenciales que puedan comprometer la continuidad del canal.

14.2.2 Vulcanismo

De acuerdo al análisis efectuado y a la revisión de la cartografía geológica y antecedentes históricos, en el ámbito inmediato del proyecto no se identificó exposición directa a procesos volcánicos (flujos piroclásticos, coladas de lava o caída de cenizas). Por este motivo, el nivel de peligro asociado al vulcanismo es nulo, y no resulta necesario plantear medidas estructurales específicas.

14.2.3 Flujo de Detritos

El análisis geomorfológico y de modelamiento hidráulico permitió determinar que el área de intervención no se encuentra en la trayectoria de quebradas activas ni cauces susceptibles de generar flujos de detritos. En consecuencia, el nivel de peligro por flujo de detritos es inexistente en el ámbito del proyecto, y no corresponde recomendar medidas estructurales.

14.2.4 Movimiento en masa

El análisis geomorfológico y de modelamiento hidráulico permitió determinar que el área de intervención no se encuentra en la trayectoria de quebradas activas ni cauces susceptibles de generar flujos de detritos. En consecuencia, el nivel de peligro por flujo de detritos es inexistente en el ámbito del proyecto, y no corresponde recomendar medidas estructurales.

14.2.5 Inundación Fluvial

- Implementar una protección lateral aguas arriba en la margen izquierda (mediante enrocado, gaviones u otra solución equivalente) que asegure el encauzamiento del flujo y evite que crecidas extraordinarias se desborden hacia la zona del desarenador y el canal de conducción.
- Asegurar la coronación de muros y barraje con un borde libre suficiente respecto al caudal de diseño (ajustado al periodo de retorno que defina el estudio hidráulico), para evitar que la crecida sobrepase la estructura.
- Proteger las zonas de entrada y salida con enrocado o bloques de gran diámetro (≥ 1 m) apoyados sobre geotextil filtro, para reducir la socavación y dispersar la energía del flujo.
- Integrar dentellones o anclajes de base en los cimientos de la obra de concreto, de manera que la socavación no comprometa la estabilidad de los muros ni del barraje.
- Fortalecer el desarenador y ventana de captación, previendo rejas o elementos de control que reduzcan el ingreso de sólidos gruesos, aun sabiendo que no podrán detener troncos muy grandes.
- Garantizar el mantenimiento periódico para retirar material acumulado en crecidas (bloques, gravas, palizadas), porque el diseño puede mitigar, pero nunca eliminar completamente la entrada de sólidos en un cauce activo.
- Revestir adecuadamente el canal con concreto de espesor uniforme para reducir filtraciones y daños por humedad lateral.

- Sellar juntas con material impermeable y flexible (sellos elastoméricos) para evitar ingreso de humedad y pérdida de agua por fisuras.
- Incorporar un sistema de drenaje lateral o subdren sencillo en sectores donde el nivel freático sea alto o exista acumulación de humedad en los taludes adyacentes.
- Mantener taludes exteriores con pendientes estables (ej. 1.5:1 en arcillas o tierra con revestimiento) y protegerlos con cobertura vegetal o hidrosiembra para reducir erosión superficial por lluvias.
- Ejecutar juntas de dilatación cada 8–10 m en tramos largos para controlar fisuración por cambios térmicos y humedad.

15. bibliografía

- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2010). Manual: Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico. Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales. Lima: ANA.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED). (2014). Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales (2^a versión). Dirección de Gestión de Procesos, Subdirección de Normas y Lineamientos. Lima: CENEPRED.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED). (2020). Guía para la evaluación de los efectos probables frente al impacto del peligro originado por fenómenos naturales. Dirección de Gestión de Procesos, Subdirección de Normas y Lineamientos. Lima: CENEPRED.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) & Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2023). SIGRID – Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres [visor de mapas y biblioteca digital]. Recuperado de <https://sigrid.cenepred.gob.pe/>
- Congreso de la República del Perú. (2011/2021). Ley N.º 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) [texto original publicado el 19 de febrero de 2011; versión actualizada a noviembre de 2021]. Diario Oficial El Peruano.
- Presidencia del Consejo de Ministros (PCM). (2011). Decreto Supremo N.º 048-2011-PCM, que aprueba el Reglamento de la Ley N.º 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD). Diario Oficial El Peruano, 19 de agosto de 2011.
- Gobierno Regional de Moquegua. (2019). Zonificación Ecológica y Económica de la Región Moquegua (escala 1:100 000). Aprobada mediante Ordenanza Regional N.º 03-2019-CR/GRM del 09 de julio de 2019. Ministerio del Ambiente – GeoServidor. Recuperado de <https://geoservidor.minam.gob.pe/>
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2003–2018). Base de datos de emergencias históricas [consultas realizadas en el SIGRID – Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres]. Recuperado de <https://sigrid.cenepred.gob.pe/>
- Instituto Geofísico del Perú (IGP). (s. f.). Mapas y bases históricas de intensidades y sismicidad del Perú (1400–1900; 1900–1960; 1960–2014). IGP.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2018). Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. Resultados definitivos: Población económicamente activa – Moquegua. Lima: INEI.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones (Decreto Supremo N.º 011-2006-VIVIENDA) [Contiene normas técnicas como E.030, E.050 y E.060]. Lima: MVCS.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2025). Series históricas de precipitación diaria y registros climatológicos de la estación Moquegua (1931–2014), con datos en tiempo real de temperatura y precipitación horaria. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/>
- Estudio hidrológico del río Moquegua – Sector Montalvo. (2025). [Informe técnico inédito del proyecto].
- Estudio hidráulico del río Moquegua – Sector Montalvo. (2025). [Informe técnico inédito del proyecto].
- Informe de suelos – Sector Montalvo. (2025). [Informe técnico inédito del proyecto].
- Levantamiento topográfico del proyecto. (2025). [Plano y memoria técnica inédita del proyecto].

16. Panel Fotográfico

Foto 7: *Conducción provisional de agua mediante tubería de HDPE instalada en el cauce del río Moquegua, expuesta a afectación por crecidas.*



Foto 8: *Vista aguas abajo del puente metálico tipo Bailey provisional en el sector Montalvo, donde se observa el cauce reducido con acumulación de sedimentos.*



Foto 9: Construcción del nuevo puente vehicular en el sector Montalvo a cargo del MTC, con cimentaciones y estribos en ejecución.

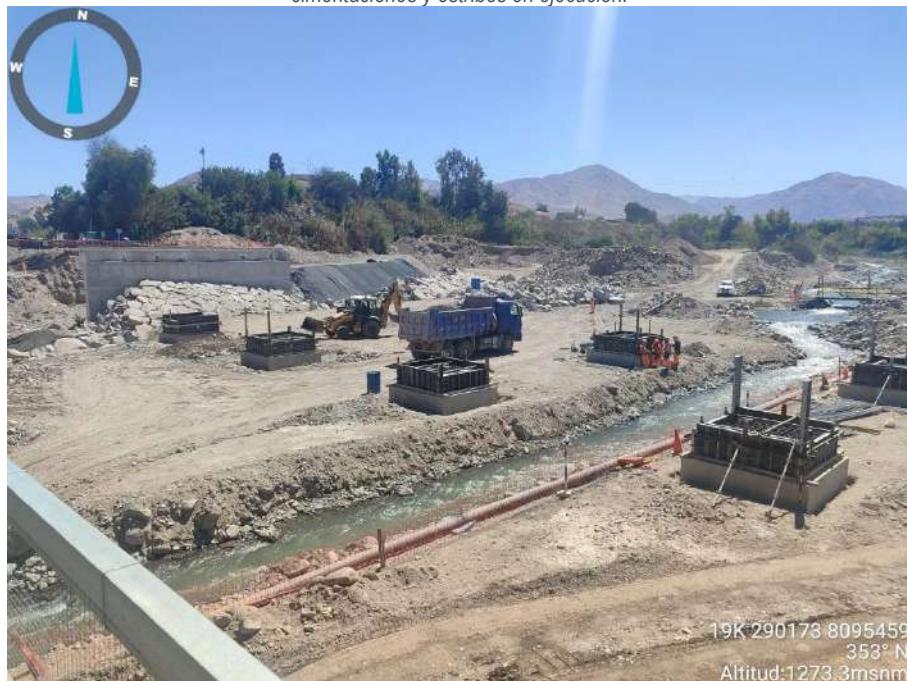


Foto 10: Zona de acceso vial antes del puente metálico provisional tipo Bailey, prevista para el tendido de la nueva línea de conducción.



Foto 11: Área de terreno contigua al cauce del río en el sector Montalvo, destinada para el tendido de la nueva línea de conducción.



Foto 12: Vista del enrocado con gaviones en el cauce del río, donde se ubica la captación provisional de agua.



Foto 13: Se aprecia el canal de ingreso protegido con gaviones y la conducción temporal instalada en el cauce.



Foto 14: Tubería de HDPE instalada de forma provisional dentro del cauce del río Moquegua, utilizada para la conducción temporal de agua.



Foto 15: Ubicación proyectada de la bocatoma en el río Moquegua, sector Montalvo.

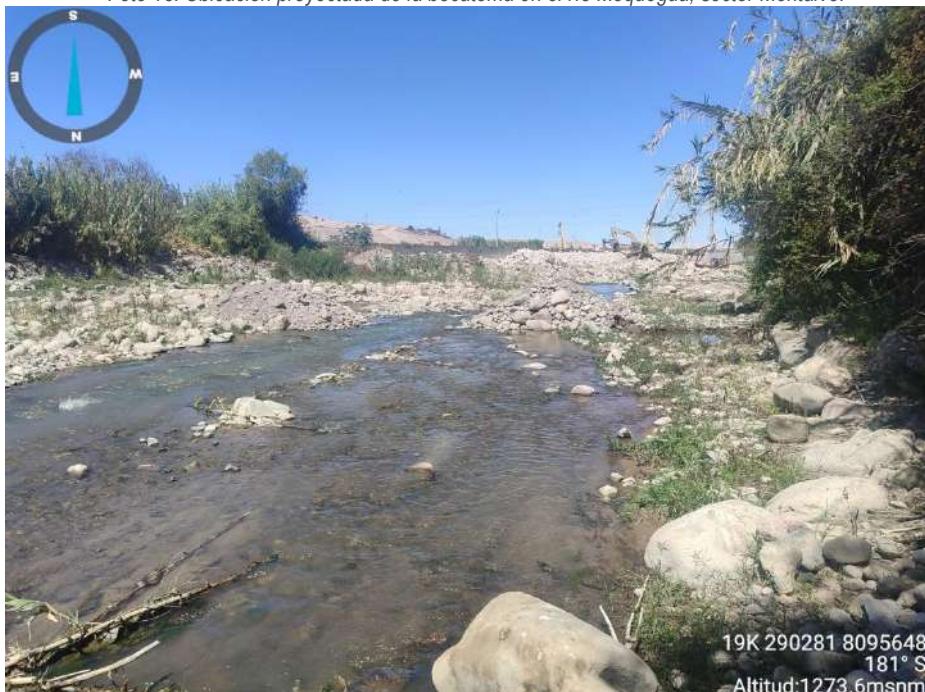


Foto 16: Muro de contención que protege el canal de ingreso en el sector Montalvo, donde actualmente llega la tubería de HDPE provisional instalada por el cauce.

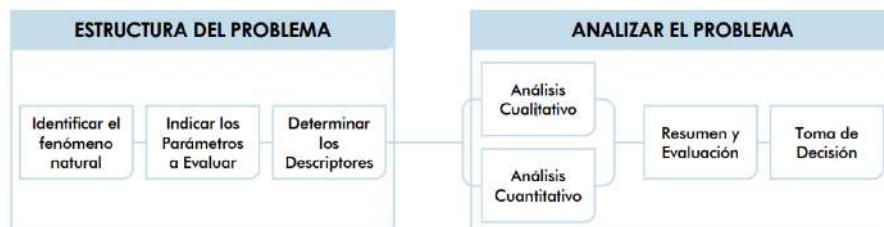


17. Proceso de análisis jerárquico – sismo

PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO

Este método fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980) diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo jerárquico, que le permite a los actores (tomadores de decisiones) estructurar el problema de forma visual.

Flujo metodológico a seguir para la toma de decisiones



Adaptado: Toscano (2005)

Permite combinar lo objetivo, tangible y racional de la ciencia clásica con lo subjetivo, intangible y emocional del comportamiento humano. En este sentido, se puede conseguir un tratamiento objetivo de lo subjetivo (Keeney, 1992). El punto central del PAJ es el proceso de asignar ponderación a los parámetros y descriptores relacionados con una decisión y la calificación final de las diferentes alternativas respecto de

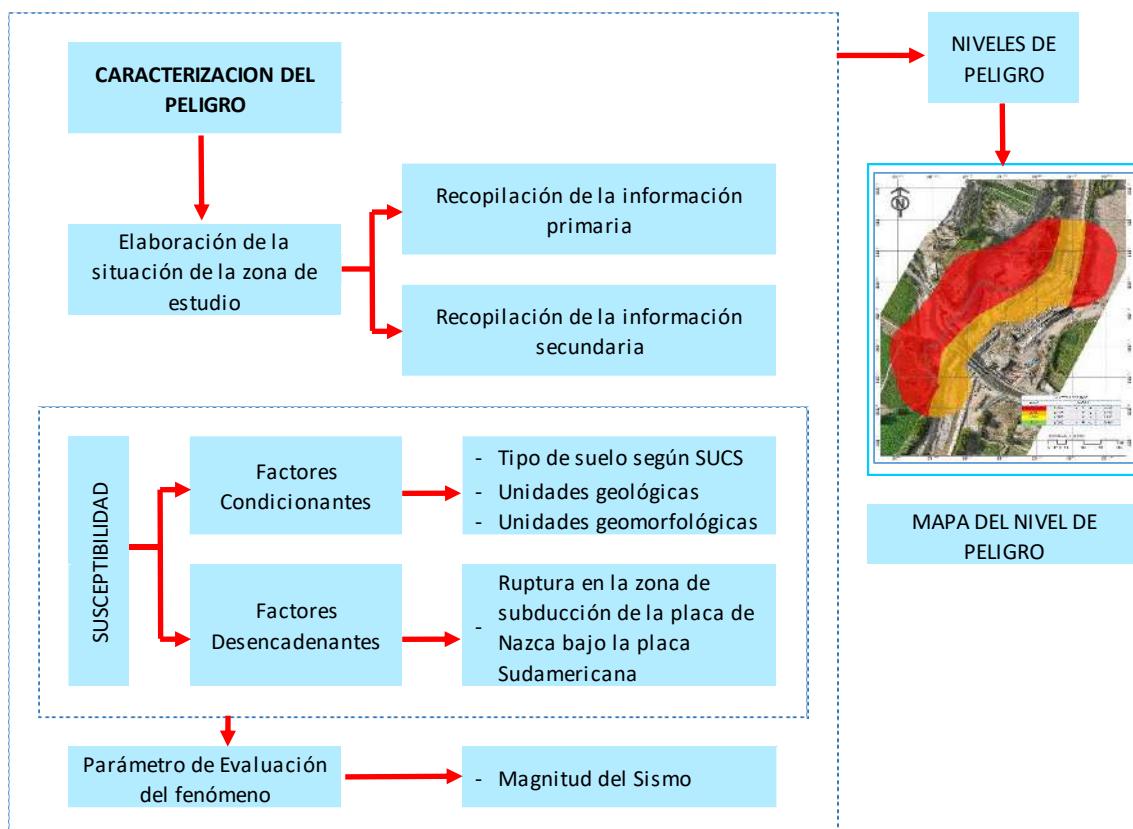
Para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los indicadores se recurre a una metodología de comparación de pares, en este caso se empleó el PAJ (Saaty, 1990) por sus ventajas, flexibilidad y por la facilidad de involucrar a todos los actores en el proceso de decisión (Garfi et al., 2011), la escala es la que se muestra a continuación:

ESCALA DE SAATY

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo mas importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Mas importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Fuente: Saaty (1980)

PELIGRO: SISMO



PARAMETRO DE EVALUACIÓN

PARÁMETRO:	PESO. POND.
<i>Magnitud del Sismo</i>	1

- Descriptor 1** *Mayor a 8.0: Grandes terremotos*
Descriptor 2 *6.0 a 7.9: sismo mayor*
Descriptor 3 *4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad*
Descriptor 4 *3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente*
Descriptor 5 *Menor a 3.4: No es sentido en general pero es registrado por sismógrafos*

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	1	3	5	7	9
Descriptor 2	1/3	1	3	4	5
Descriptor 3	1/5	1/3	1	3	4
Descriptor 4	1/7	1/4	1/3	1	2
Descriptor 5	1/9	1/5	1/4	1/2	1
SUMA	1.787	4.783	9.583	15.500	21.000
1/SUMA	0.560	0.209	0.104	0.065	0.048

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	0.560	0.627	0.522	0.452	0.429
Descriptor 2	0.187	0.209	0.313	0.258	0.238
Descriptor 3	0.112	0.070	0.104	0.194	0.190
Descriptor 4	0.080	0.052	0.035	0.065	0.095
Descriptor 5	0.062	0.042	0.026	0.032	0.048
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	AMAX	n	IA
Descriptor 1	0.518	2.746	5.304	3	0.525
Descriptor 2	0.241	1.287	5.341	4	0.882
Descriptor 3	0.134	0.682	5.089	5	1.115
Descriptor 4	0.065	0.328	5.022	6	1.252
Descriptor 5	0.042	0.214	5.094	7	1.341
SUMA	1.000	λMAX=	5.170		

$$\begin{array}{ll} \text{Nº Descrip. = } & \textcolor{red}{5} \\ \text{RC = } & 0.038 \end{array} \quad \begin{array}{ll} \text{IA = } & 1.115 \\ \text{RC < 0.1} & \textcolor{red}{CUMPLE} \end{array} \quad \begin{array}{ll} & \text{IC = } 0.042 \end{array}$$

Magnitud del Sismo	Peso. Pond.	1
Mayor a 8.0: Grandes terremotos	0.518	
6.0 a 7.9: sismo mayor	0.241	
4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	0.134	
3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	0.065	
Menor a 3.4: No es sentido en general pero es registrado por sismógrafos	0.042	

FACTOR DESENCADENANTE

PARÁMETRO:	PESO. POND.
<i>Ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana</i>	1

- Descriptor 1 *Muy cercana a la zona de subducción de 0 a 150 km desde la fosa de subducción*
 Descriptor 2 *Cercana a la zona de subducción de 150 a 250 km desde la fosa*
 Descriptor 3 *Intermedia respecto al plano de subducción de 250 a 350 km desde la fosa*
 Descriptor 4 *Lejana del plano de subducción de 350 a 450 km desde la fosa*
 Descriptor 5 *Muy lejana del plano de subducción de Más de 450 km desde la fosa*

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	1	3	5	7	9
Descriptor 2	1/3	1	3	5	7
Descriptor 3	1/5	1/3	1	3	5
Descriptor 4	1/7	1/5	1/3	1	3
Descriptor 5	1/9	1/7	1/5	1/3	1
SUMA	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/SUMA	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360
Descriptor 2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280
Descriptor 3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200
Descriptor 4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120
Descriptor 5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	λMAX	n	IA
Descriptor 1	0.503	2.743	5.455	3	0.525
Descriptor 2	0.260	1.414	5.432	4	0.882
Descriptor 3	0.134	0.699	5.204	5	1.115
Descriptor 4	0.068	0.341	5.030	6	1.252
Descriptor 5	0.035	0.177	5.093	7	1.341
SUMA	1.000	λMAX=	5.243		

Nº Descrip. = **5** IA = **1.115** IC = **0.061**
 RC = **0.054** **RC < 0.1 CUMPLE**

<i>Ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana</i>		Peso. Pond.	1
<i>Muy cercana a la zona de subducción de 0 a 150 km desde la fosa de subducción</i>		0.503	
<i>Cercana a la zona de subducción de 150 a 250 km desde la fosa</i>		0.260	
<i>Intermedia respecto al plano de subducción de 250 a 350 km desde la fosa</i>		0.134	
<i>Lejana del plano de subducción de 350 a 450 km desde la fosa</i>		0.068	
<i>Muy lejana del plano de subducción de Más de 450 km desde la fosa</i>		0.035	

FACTORES CONDICIONANTES

Descriptor 1 *Tipo de suelo según SUCS*

Descriptor 2 *Unidades geológicas*

Descriptor 3 *Unidades geomorfológicas*

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3
Descriptor 1	1	5	5
Descriptor 2	1/5	1	1
Descriptor 3	1/5	1	1
SUMA	1.400	7.000	7.000
1/SUMA	0.714	0.143	0.143

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3
Descriptor 1	0.714	0.714	0.714
Descriptor 2	0.143	0.143	0.143
Descriptor 3	0.143	0.143	0.143
SUMA	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	AMAX	n	IA
Descriptor 1	0.714	2.143	3.000	3	0.525
Descriptor 2	0.143	0.429	3.000	4	0.882
Descriptor 3	0.143	0.429	3.000	5	1.115
SUMA	1.000	λMAX=	3.000		

Nº Descrip. =

3

IA = **0.525**

IC = **0.000**

RC = **0.000**

RC < 0.1 **CUMPLE**

FACTORES CONDICIONANTES	Peso. Pond.
<i>Tipo de suelo según SUCS</i>	0.714
<i>Unidades geológicas</i>	0.143
<i>Unidades geomorfológicas</i>	0.143

FACTORES CONDICIONANTES

PARÁMETRO:	PESO. POND.
<i>Tipo de suelo según SUCS</i>	0.714

- Descriptor 1** SP, SM, SP-SM, SW-SM, ML, PT, RE (rellenos).
Descriptor 2 GC, GP-GM, GW-GM, GW-GC, CL blanda.
Descriptor 3 CL media-firme, ML-CL, SC, SW (densidad media).
Descriptor 4 GP, GW, SW denso.
Descriptor 5 R (roca competente) / suelos muy densos o cementados.

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	1	3	5	7	9
Descriptor 2	1/3	1	3	5	7
Descriptor 3	1/5	1/3	1	3	5
Descriptor 4	1/7	1/5	1/3	1	3
Descriptor 5	1/9	1/7	1/5	1/3	1
SUMA	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/SUMA	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360
Descriptor 2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280
Descriptor 3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200
Descriptor 4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120
Descriptor 5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	λMAX	n	IA
Descriptor 1	0.503	2.743	5.455	3	0.525
Descriptor 2	0.260	1.414	5.432	4	0.882
Descriptor 3	0.134	0.699	5.204	5	1.115
Descriptor 4	0.068	0.341	5.030	6	1.252
Descriptor 5	0.035	0.177	5.093	7	1.341
SUMA	1.000	λMAX=	5.243		

$$N^{\circ} \text{ Descrip.} = \textcolor{red}{5} \quad IA = 1.115 \quad IC = 0.061 \\ RC = 0.054 \quad RC < 0.1 \quad \text{CUMPLE}$$

<i>Tipo de suelo según SUCS</i>	Peso. Pond.	0.714
SP, SM, SP-SM, SW-SM, ML, PT, RE (rellenos).	0.503	
GC, GP-GM, GW-GM, GW-GC, CL blanda.	0.260	
CL media-firme, ML-CL, SC, SW (densidad media).	0.134	
GP, GW, SW denso.	0.068	
R (roca competente) / suelos muy densos o cementados.	0.035	

FACTORES CONDICIONANTES

PARÁMETRO:	PESO. POND.
<i>Unidades geológicas</i>	0.143

- Descriptor 1** *Depósitos aluviales recientes, Depósitos aluviales recientes, gravas-limos y Pueblo*
Descriptor 2 *Depósitos aluviales recientes, gravas, y Depósitos aluviales recientes, bloques*
Descriptor 3 *Formación Sotillo*
Descriptor 4 *Formación Moquegua superior*
Descriptor 5 *Formación Guaneros, riolitas*

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
<i>Descriptor 1</i>	1	5	6	8	9
<i>Descriptor 2</i>	1/5	1	2	3	7
<i>Descriptor 3</i>	1/6	1/2	1	2	3
<i>Descriptor 4</i>	1/8	1/3	1/2	1	2
<i>Descriptor 5</i>	1/9	1/7	1/3	1/2	1
SUMA	1.603	6.976	9.833	14.500	22.000
1/SUMA	0.624	0.143	0.102	0.069	0.045

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
<i>Descriptor 1</i>	0.624	0.717	0.610	0.552	0.409
<i>Descriptor 2</i>	0.125	0.143	0.203	0.207	0.318
<i>Descriptor 3</i>	0.104	0.072	0.102	0.138	0.136
<i>Descriptor 4</i>	0.078	0.048	0.051	0.069	0.091
<i>Descriptor 5</i>	0.069	0.020	0.034	0.034	0.045
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	λ_{MAX}	n	IA
<i>Descriptor 1</i>	0.582	3.146	5.402	3	0.525
<i>Descriptor 2</i>	0.199	1.023	5.135	4	0.882
<i>Descriptor 3</i>	0.110	0.564	5.110	5	1.115
<i>Descriptor 4</i>	0.067	0.343	5.099	6	1.252
<i>Descriptor 5</i>	0.041	0.204	5.017	7	1.341
SUMA	1.000	$\lambda_{MAX}=$	5.153		

$$N^{\circ} \text{ Descrip.} = \textcolor{red}{5} \quad IA = 1.115 \quad IC = 0.038 \\ RC = 0.034 \quad RC < 0.1 \quad \text{CUMPLE}$$

Unidades geológicas	Peso. Pond.	0.143
<i>Depósitos aluviales recientes, Depósitos aluviales recientes, gravas-limos y Pueblo</i>	0.582	
<i>Depósitos aluviales recientes, gravas, y Depósitos aluviales recientes, bloques</i>	0.199	
<i>Formación Sotillo</i>	0.110	
<i>Formación Moquegua superior</i>	0.067	
<i>Formación Guaneros, riolitas</i>	0.041	

FACTORES CONDICIONANTES

PARÁMETRO:	PESO. POND.
<i>Unidades geomorfológicas</i>	0.143

- Descriptor 1** *Fondos de valle aluvial*
Descriptor 2 *Planicie aluvial*
Descriptor 3 *Colina en roca sedimentaria*
Descriptor 4 *Colina en roca volcánica*
Descriptor 5 *Montaña en roca volcánica*

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	1	3	5	7	9
Descriptor 2	1/3	1	3	5	7
Descriptor 3	1/5	1/3	1	3	5
Descriptor 4	1/7	1/5	1/3	1	3
Descriptor 5	1/9	1/7	1/5	1/3	1
SUMA	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/SUMA	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360
Descriptor 2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280
Descriptor 3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200
Descriptor 4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120
Descriptor 5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	λMAX	n	IA
Descriptor 1	0.503	2.743	5.455	3	0.525
Descriptor 2	0.260	1.414	5.432	4	0.882
Descriptor 3	0.134	0.699	5.204	5	1.115
Descriptor 4	0.068	0.341	5.030	6	1.252
Descriptor 5	0.035	0.177	5.093	7	1.341
SUMA	1.000	λMAX=	5.243		

$$\begin{array}{ll}
 N^{\circ} \text{ Descrip.} = & \color{red} 5 \\
 RC = & 0.054
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{ll}
 IA = & 1.115 \\
 RC < 0.1 & \color{red} CUMPLE
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{ll}
 IC = & 0.061
 \end{array}$$

Unidades geomorfológicas	Peso. Pond.
<i>Fondos de valle aluvial</i>	0.503
<i>Planicie aluvial</i>	0.260
<i>Colina en roca sedimentaria</i>	0.134
<i>Colina en roca volcánica</i>	0.068
<i>Montaña en roca volcánica</i>	0.035

NIVEL DE PELIGROSIDAD

Parámetro de Evaluación		Factor Desencadenante			
Magnitud del Sismo		VALOR	Ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana		VALOR
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN		PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	
1	0.518	0.518	1	0.503	0.503
1	0.241	0.241	1	0.260	0.260
1	0.134	0.134	1	0.134	0.134
1	0.065	0.065	1	0.068	0.068
1	0.042	0.042	1	0.035	0.035

Factores Condicionantes						
Tipo de suelo según SUCS		Unidades geológicas		Unidades geomorfológicas		VALOR
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	
0.714	0.503	0.143	0.582	0.143	0.503	0.514
0.714	0.260	0.143	0.199	0.143	0.260	0.252
0.714	0.134	0.143	0.110	0.143	0.134	0.131
0.714	0.068	0.143	0.067	0.143	0.068	0.068
0.714	0.035	0.143	0.041	0.143	0.035	0.036

Susceptibilidad				
Factores Condicionantes		Factor Desencadenante		VALOR
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	
0.514	90%	0.503	10%	0.513
0.252	90%	0.260	10%	0.252
0.131	90%	0.134	10%	0.131
0.068	90%	0.068	10%	0.068
0.036	90%	0.035	10%	0.036

NIVELES DE PELIGROSIDAD				
Parámetro de Evaluación		Susceptibilidad		VALOR
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	
0.518	30%	0.513	70%	0.514
0.241	30%	0.252	70%	0.249
0.134	30%	0.131	70%	0.132
0.065	30%	0.068	70%	0.067
0.042	30%	0.036	70%	0.038

NIVELES DE PELIGRO			
NIVEL	RANGO		
MUY ALTO	0.249	$\leq P \leq$	0.514
ALTO	0.132	$\leq P <$	0.249
MEDIO	0.067	$\leq P <$	0.132
BAJO	0.038	$\leq P <$	0.067

Nivel de Peligro	Descripción	Rangos
PELIGRO MUY ALTO	<p>Peligro sísmico ocasionado por la ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, ubicada a una distancia de 150 a 250 km desde la fosa, con sismos de magnitud mayor a 8 (grandes terremotos).</p> <p>Tipo de suelo según SUCS SP, SM, SP-SM, SW-SM, ML, PT, RE (rellenos).</p> <p>Unidades geológicas Depósitos aluviales recientes, Depósitos aluviales recientes, gravas-limos y Pueblo</p> <p>Unidades geomorfológicas Fondos de valle aluvial</p>	0.249≤P≤0.514
PELIGRO ALTO	<p>Peligro sísmico ocasionado por la ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, ubicada a una distancia de 150 a 250 km desde la fosa, con sismos de magnitud mayor a 8 (grandes terremotos).</p> <p>Tipo de suelo según SUCS GC, GP-GM, GW-GM, GW-GC, CL blanda.</p> <p>Unidades geológicas Depósitos aluviales recientes, gravas, y Depósitos aluviales recientes, bloques</p> <p>Unidades geomorfológicas Planicie aluvial</p>	0.132≤P≤0.249
PELIGRO MEDIO	<p>Peligro sísmico ocasionado por la ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, ubicada a una distancia de 150 a 250 km desde la fosa, con sismos de magnitud mayor a 8 (grandes terremotos).</p> <p>Tipo de suelo según SUCS CL media-firme, ML-CL, SC, SW (densidad media).</p> <p>Unidades geológicas Formación Sotillo</p> <p>Unidades geomorfológicas Colina en roca sedimentaria</p>	0.067≤P≤0.132
PELIGRO BAJO	<p>Peligro sísmico ocasionado por la ruptura en la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, ubicada a una distancia de 150 a 250 km desde la fosa, con sismos de magnitud mayor a 8 (grandes terremotos).</p> <p>Tipo de suelo según SUCS R (roca competente) / suelos muy densos o cementados. y R (roca competente) / suelos muy densos o cementados.</p> <p>Unidades geológicas Formación Moquegua superior y Formación Guaneros, riolitas</p> <p>Unidades geomorfológicas Colina en roca volcánica y Montaña en roca volcánica</p>	0.038≤P≤0.067

DIMENSIONES DE VULNERABILIDAD

DIMENSIONES DE VULNERABILIDAD	Peso. Pond.	1
Dimensión Económica	0.900	
Dimensión Ambiental	0.100	

FACTORES DE VULNERABILIDAD

Descriptor 1 **Fragilidad**

Descriptor 2 **Exposición**

Descriptor 3 **Resiliencia**

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3
Descriptor 1	1	3	5
Descriptor 2	1/3	1	3
Descriptor 3	1/5	1/3	1
SUMA	1.533	4.333	9.000
1/SUMA	0.652	0.231	0.111

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3
Descriptor 1	0.652	0.692	0.556
Descriptor 2	0.217	0.231	0.333
Descriptor 3	0.130	0.077	0.111
SUMA	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Summa Pond.	λ_{MAX}	n	IA
Descriptor 1	0.633	1.946	3.072	3	0.525
Descriptor 2	0.260	0.790	3.033	4	0.882
Descriptor 3	0.106	0.320	3.011	5	1.115
SUMA	1.000	$\lambda_{MAX}=$	3.039		

Nº Descrip. = 3 IA = 0.525 IC = 0.019

RC = 0.037 RC < 0.1 CUMPLE

FACTORES DE VULNERABILIDAD	Peso. Pond.	1
Fragilidad	0.633	
Exposición	0.260	
Resiliencia	0.106	

EXPOSICIÓN ECONÓMICA

PARÁMETRO:	PESO. POND.
<i>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado</i>	<i>1.000</i>

Descriptor 1 *Muy alto: 40% del costo del proyecto quedaría afectado*

Descriptor 2 *Alto: 20–39% afectado*

Descriptor 3 *Medio: 10–19% afectado*

Descriptor 4 *Bajo: 5–9% afectado*

Descriptor 5 *Muy bajo: < 5% afectado.*

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	1	5	5	9	9
Descriptor 2	1/5	1	2	4	6
Descriptor 3	1/5	1/2	1	2	4
Descriptor 4	1/9	1/4	1/2	1	2
Descriptor 5	1/9	1/6	1/4	1/2	1
SUMA	1.622	6.917	8.750	16.500	22.000
1/SUMA	0.616	0.145	0.114	0.061	0.045

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	0.616	0.723	0.571	0.545	0.409
Descriptor 2	0.123	0.145	0.229	0.242	0.273
Descriptor 3	0.123	0.072	0.114	0.121	0.182
Descriptor 4	0.068	0.036	0.057	0.061	0.091
Descriptor 5	0.068	0.024	0.029	0.030	0.045
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	λMAX	n	IA
Descriptor 1	0.573	3.116	5.437	3	0.525
Descriptor 2	0.202	1.049	5.185	4	0.882
Descriptor 3	0.123	0.621	5.068	5	1.115
Descriptor 4	0.063	0.317	5.059	6	1.252
Descriptor 5	0.039	0.199	5.047	7	1.341
SUMA	1.000	λMAX=	5.159		

$$N^{\circ} \text{ Descrip.} = 5 \quad IA = 1.115 \quad IC = 0.040 \\ RC = 0.036 \quad RC < 0.1 \quad \text{CUMPLE}$$

Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado	Peso. Pond.	1.000
<i>Muy alto: 40% del costo del proyecto quedaría afectado</i>	<i>0.573</i>	
<i>Alto: 20–39% afectado</i>	<i>0.202</i>	
<i>Medio: 10–19% afectado</i>	<i>0.123</i>	
<i>Bajo: 5–9% afectado</i>	<i>0.063</i>	
<i>Muy bajo: < 5% afectado.</i>	<i>0.039</i>	

FRAGILIDAD ECONÓMICA

PARÁMETRO:	PESO. POND.
<i>Material y configuración constructiva del activo</i>	1.000

Descriptor 1	<i>Muy alta: madera/adobe/piedra seca o concreto simple delgado; canal de tierra; tubería de concreto expuesta; acueducto sin protección.</i>
Descriptor 2	<i>Alta: mampostería pobre o concreto simple; canal de concreto simple; tubería de concreto enterrada sin cama o PVC expuesto; acueducto sin topes.</i>
Descriptor 3	<i>Media: concreto armado básico; canal de concreto simple con refuerzo puntual; HDPE/PVC enterrado con cama granular; acueducto con apoyos elastoméricos.</i>
Descriptor 4	<i>Baja: concreto armado bien detallado y protección; canal de concreto armado en puntos críticos; HDPE/PVC enterrado con juntas flexibles; acueducto con topes y diafragmas.</i>
Descriptor 5	<i>Muy baja: cimentación en roca o pilotes, concreto armado dúctil; canal monolítico/encajonado; tubería de acero enterrada; acueducto con aisladores y disipadores.</i>

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	1	2	4	7	9
Descriptor 2	1/2	1	2	5	7
Descriptor 3	1/4	1/2	1	2	5
Descriptor 4	1/7	1/5	1/2	1	2
Descriptor 5	1/9	1/7	1/5	1/2	1
SUMA	2.004	3.843	7.700	15.500	24.000
1/SUMA	0.499	0.260	0.130	0.065	0.042

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	0.499	0.520	0.519	0.452	0.375
Descriptor 2	0.250	0.260	0.260	0.323	0.292
Descriptor 3	0.125	0.130	0.130	0.129	0.208
Descriptor 4	0.071	0.052	0.065	0.065	0.083
Descriptor 5	0.055	0.037	0.026	0.032	0.042
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	λMAX	n	IA
Descriptor 1	0.473	2.421	5.118	3	0.525
Descriptor 2	0.277	1.408	5.087	4	0.882
Descriptor 3	0.144	0.728	5.041	5	1.115
Descriptor 4	0.067	0.339	5.048	6	1.252
Descriptor 5	0.039	0.193	5.015	7	1.341
SUMA	1.000	λMAX=	5.062		

$$\begin{array}{llll} \text{Nº Descrip. = } & \textcolor{red}{5} & \text{IA = } & 1.115 \\ \text{RC = } & 0.014 & \text{RC < 0.1} & \text{CUMPLE} \end{array}$$

<i>Material y configuración constructiva del activo</i>	Peso. Pond.
<i>Muy alta: madera/adobe/piedra seca o concreto simple delgado; canal de tierra; tubería de concreto expuesta; acueducto sin protección.</i>	0.473
<i>Alta: mampostería pobre o concreto simple; canal de concreto simple; tubería de concreto enterrada sin cama o PVC expuesto; acueducto sin topes.</i>	0.277
<i>Media: concreto armado básico; canal de concreto simple con refuerzo puntual; HDPE/PVC enterrado con cama granular; acueducto con apoyos elastoméricos.</i>	0.144
<i>Baja: concreto armado bien detallado y protección; canal de concreto armado en puntos críticos; HDPE/PVC enterrado con juntas flexibles; acueducto con topes y diafragmas.</i>	0.067
<i>Muy baja: cimentación en roca o pilotes, concreto armado dúctil; canal monolítico/encajonado; tubería de acero enterrada; acueducto con aisladores y disipadores.</i>	0.039

RESILIENCIA ECONÓMICA

PARÁMETRO:	PESO. POND.
<i>Capacidad de recuperación y continuidad del servicio</i>	1

- Descriptor 1 *Muy baja: sin plan ni recursos, sin derivación temporal, sin stock/convenios; recuperación >30 días.*
- Descriptor 2 *Baja: recursos limitados y poco stock; sin convenios activos; recuperación 15–30 días.*
- Descriptor 3 *Media: organización básica y cuadrilla; stock mínimo y contratos de emergencia; 7–15 días.*
- Descriptor 4 *Alta: derivación temporal parcial, stock y maquinaria local, plan activo; 2–7 días.*
- Descriptor 5 *Muy alta: derivación temporal total, fondos y kits inmediatos, convenios 24/7; <48 horas.*

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	1	2	4	4	9
Descriptor 2	1/2	1	3	5	7
Descriptor 3	1/4	1/3	1	3	5
Descriptor 4	1/4	1/5	1/3	1	3
Descriptor 5	1/9	1/7	1/5	1/3	1
SUMA	2.111	3.676	8.533	13.333	25.000
1/SUMA	0.474	0.272	0.117	0.075	0.040

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	0.474	0.544	0.469	0.300	0.360
Descriptor 2	0.237	0.272	0.352	0.375	0.280
Descriptor 3	0.118	0.091	0.117	0.225	0.200
Descriptor 4	0.118	0.054	0.039	0.075	0.120
Descriptor 5	0.053	0.039	0.023	0.025	0.040
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	AMAX	n	IA
Descriptor 1	0.429	2.286	5.325	3	0.525
Descriptor 2	0.303	1.627	5.369	4	0.882
Descriptor 3	0.150	0.783	5.209	5	1.115
Descriptor 4	0.081	0.407	5.006	6	1.252
Descriptor 5	0.036	0.184	5.118	7	1.341
SUMA	1.000	λMAX=	5.205		

$$Nº Descrip. = \textcolor{red}{5} \quad IA = 1.115 \quad IC = 0.051 \\ RC = 0.046 \quad RC < 0.1 \quad \textcolor{red}{CUMPLE}$$

<i>Capacidad de recuperación y continuidad del servicio</i>	Peso. Pond.	1.000
<i>Muy baja: sin plan ni recursos, sin derivación temporal, sin stock/convenios; recuperación >30 días.</i>	0.429	
<i>Baja: recursos limitados y poco stock; sin convenios activos; recuperación 15–30 días.</i>	0.303	
<i>Media: organización básica y cuadrilla; stock mínimo y contratos de emergencia; 7–15 días.</i>	0.150	
<i>Alta: derivación temporal parcial, stock y maquinaria local, plan activo; 2–7 días.</i>	0.081	
<i>Muy alta: derivación temporal total, fondos y kits inmediatos, convenios 24/7; <48 horas.</i>	0.036	

EXPOSICIÓN AMBIENTAL

PARÁMETRO:	PESO. POND.
<i>Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado</i>	1

Descriptor 1 *Muy alta: dentro de cauce/humedal o área protegida; alto valor ecológico.*

Descriptor 2 *Alta: franja ribereña/planicie aluvial y suelos agrícolas intensivos.*

Descriptor 3 *Media: terrazas aluviales, cultivos de baja intensidad y barbechos.*

Descriptor 4 *Baja: matorral ralo/zonas intervenidas y suelos poco fértils.*

Descriptor 5 *Muy baja: roca desnuda/infraestructura existente; áreas sin hábitat sensible.*

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	1	2	4	6	8
Descriptor 2	1/2	1	2	4	6
Descriptor 3	1/4	1/2	1	2	4
Descriptor 4	1/6	1/4	1/2	1	3
Descriptor 5	1/8	1/6	1/4	1/3	1
SUMA	2.042	3.917	7.750	13.333	22.000
1/SUMA	0.490	0.255	0.129	0.075	0.045

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	0.490	0.511	0.516	0.450	0.364
Descriptor 2	0.245	0.255	0.258	0.300	0.273
Descriptor 3	0.122	0.128	0.129	0.150	0.182
Descriptor 4	0.082	0.064	0.065	0.075	0.136
Descriptor 5	0.061	0.043	0.032	0.025	0.045
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	λMAX	n	IA
Descriptor 1	0.466	2.403	5.157	3	0.525
Descriptor 2	0.266	1.368	5.141	4	0.882
Descriptor 3	0.142	0.726	5.102	5	1.115
Descriptor 4	0.084	0.423	5.025	6	1.252
Descriptor 5	0.041	0.208	5.026	7	1.341
SUMA	1.000	λMAX=	5.090		

$$N^{\circ} \text{ Descrip.} = \textcolor{red}{5} \quad IA = 1.115 \quad IC = 0.023 \\ RC = 0.020 \quad RC < 0.1 \quad \text{CUMPLE}$$

<i>Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado</i>	<i>Peso. Pond.</i>	1.000
<i>Muy alta: dentro de cauce/humedal o área protegida; alto valor ecológico.</i>		0.466
<i>Alta: franja ribereña/planicie aluvial y suelos agrícolas intensivos.</i>		0.266
<i>Media: terrazas aluviales, cultivos de baja intensidad y barbechos.</i>		0.142
<i>Baja: matorral ralo/zonas intervenidas y suelos poco fértils.</i>		0.084
<i>Muy baja: roca desnuda/infraestructura existente; áreas sin hábitat sensible.</i>		0.041

FRAGILIDAD AMBIENTAL

PARÁMETRO:	PESO. POND.
<i>Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación</i>	1

- Descriptor 1** *Muy alta: ribera/humedal sin defensa; suelos muy erosionables.*
Descriptor 2 *Alta: planicie aluvial con cobertura escasa y suelos finos.*
Descriptor 3 *Media: terrazas con vegetación secundaria; erosión moderada.*
Descriptor 4 *Baja: áreas intervenidas con buena cobertura o protecciones.*
Descriptor 5 *Muy baja: roca/defensas consolidadas; erosión mínima.*

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	1	2	5	7	9
Descriptor 2	1/2	1	2	5	7
Descriptor 3	1/5	1/2	1	2	5
Descriptor 4	1/7	1/5	1/2	1	2
Descriptor 5	1/9	1/7	1/5	1/2	1
SUMA	1.954	3.843	8.700	15.500	24.000
1/SUMA	0.512	0.260	0.115	0.065	0.042

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	0.512	0.520	0.575	0.452	0.375
Descriptor 2	0.256	0.260	0.230	0.323	0.292
Descriptor 3	0.102	0.130	0.115	0.129	0.208
Descriptor 4	0.073	0.052	0.057	0.065	0.083
Descriptor 5	0.057	0.037	0.023	0.032	0.042
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	λMAX	n	IA
Descriptor 1	0.487	2.522	5.182	3	0.525
Descriptor 2	0.272	1.387	5.099	4	0.882
Descriptor 3	0.137	0.693	5.063	5	1.115
Descriptor 4	0.066	0.335	5.067	6	1.252
Descriptor 5	0.038	0.192	5.016	7	1.341
SUMA	1.000	λMAX=	5.085		

$$N^{\circ} \text{ Descrip.} = \textcolor{red}{5} \quad IA = 1.115 \quad IC = 0.021 \\ RC = 0.019 \quad RC < 0.1 \quad \text{CUMPLE}$$

<i>Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación</i>	Peso. Pond.	1.000
<i>Muy alta: ribera/humedal sin defensa; suelos muy erosionables.</i>	0.487	
<i>Alta: planicie aluvial con cobertura escasa y suelos finos.</i>	0.272	
<i>Media: terrazas con vegetación secundaria; erosión moderada.</i>	0.137	
<i>Baja: áreas intervenidas con buena cobertura o protecciones.</i>	0.066	
<i>Muy baja: roca/defensas consolidadas; erosión mínima.</i>	0.038	

RESILIENCIA AMBIENTAL

PARÁMETRO:	PESO. POND.
<i>Amortiguación natural frente a crecidas</i>	1

Descriptor 1 *Muy baja: franja ribereña mínima; sin vegetación; todo impacto llega.*

Descriptor 2 *Baja: franja estrecha; poca vegetación; amortigua poco.*

Descriptor 3 *Media: franja media con vegetación; amortiguación moderada.*

Descriptor 4 *Alta: franja ancha y vegetada; buen amortiguamiento.*

Descriptor 5 *Muy alta: llanura de inundación amplia y boscosa; alta absorción.*

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	1	3	5	7	9
Descriptor 2	1/3	1	3	5	7
Descriptor 3	1/5	1/3	1	3	5
Descriptor 4	1/7	1/5	1/3	1	3
Descriptor 5	1/9	1/7	1/5	1/3	1
SUMA	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/SUMA	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

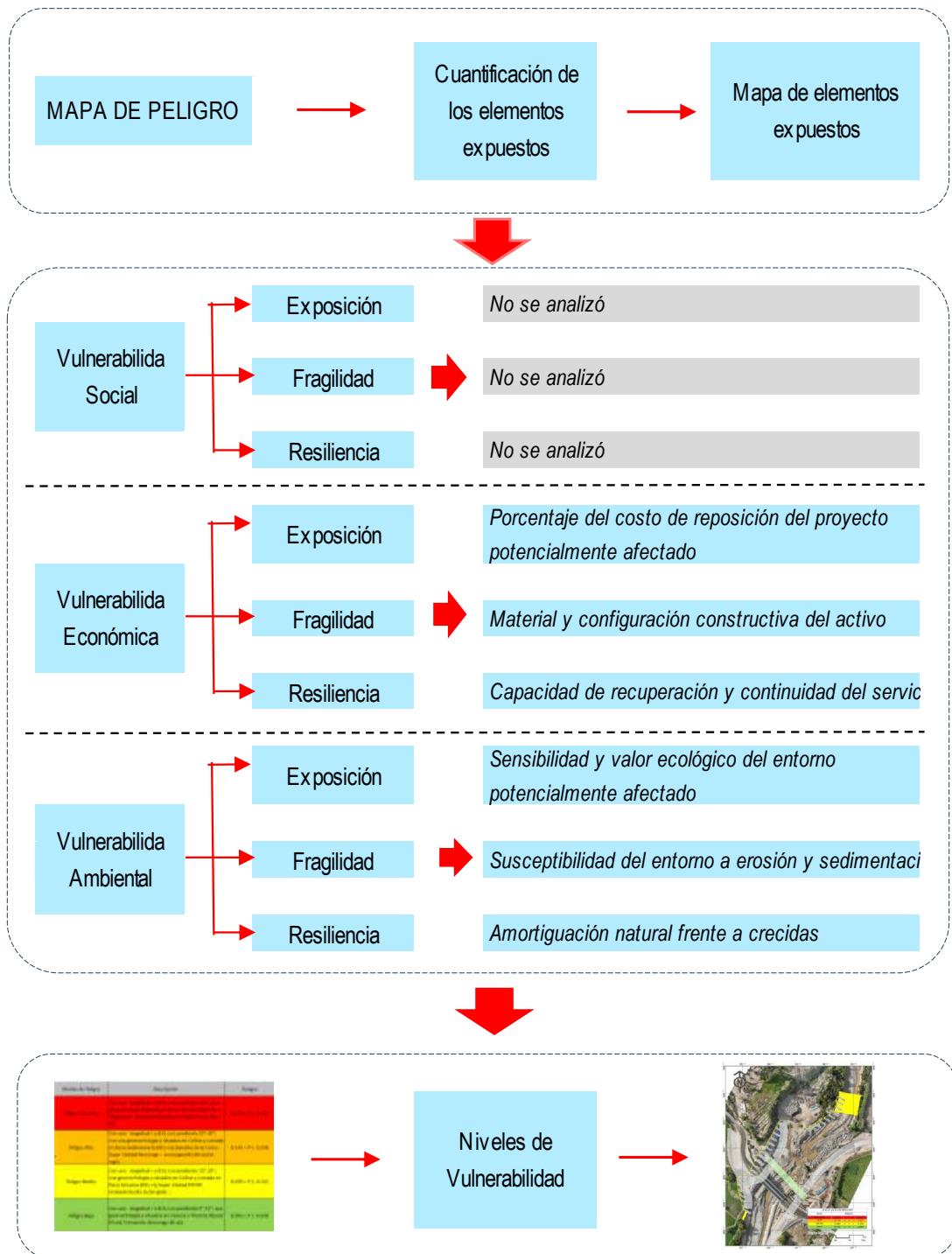
PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360
Descriptor 2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280
Descriptor 3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200
Descriptor 4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120
Descriptor 5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	λMAX	n	IA
Descriptor 1	0.503	2.743	5.455	3	0.525
Descriptor 2	0.260	1.414	5.432	4	0.882
Descriptor 3	0.134	0.699	5.204	5	1.115
Descriptor 4	0.068	0.341	5.030	6	1.252
Descriptor 5	0.035	0.177	5.093	7	1.341
SUMA	1.000	λMAX=	5.243		

$$N^{\circ} \text{ Descrip.} = \textcolor{red}{5} \quad IA = 1.115 \quad IC = 0.061 \\ RC = 0.054 \quad RC < 0.1 \quad \text{CUMPLE}$$

Amortiguación natural frente a crecidas	Peso. Pond.	1.000
<i>Muy baja: franja ribereña mínima; sin vegetación; todo impacto llega.</i>		0.503
<i>Baja: franja estrecha; poca vegetación; amortigua poco.</i>		0.260
<i>Media: franja media con vegetación; amortiguación moderada.</i>		0.134
<i>Alta: franja ancha y vegetada; buen amortiguamiento.</i>		0.068
<i>Muy alta: llanura de inundación amplia y boscosa; alta absorción.</i>		0.035

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD



NIVELES DE VULNERABILIDAD

DIMENSIÓN ECONÓMICA											VALOR DIMEN. ECON.			
EXPOSICIÓN Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado	Ppar	Pdesc	Valor de Exposición Económica	Peso de Exposición Económica (Pfac)	FRAGILIDAD		Valor de Fragilidad Económica (Pfac)	Peso de Fragilidad Económica (Pfac)	RESILIENCIA					
					Material y configuración constructiva del activo				Capacidad de recuperación y continuidad del servicio					
					Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc				
1.000	0.573	0.573	0.260	0.260	1.000	0.473	0.473	0.633	1.000	0.429	0.429			
1.000	0.202	0.202	0.260	0.260	1.000	0.277	0.277	0.633	1.000	0.303	0.303			
1.000	0.123	0.123	0.260	0.260	1.000	0.144	0.144	0.633	1.000	0.150	0.150			
1.000	0.063	0.063	0.260	0.260	1.000	0.067	0.067	0.633	1.000	0.081	0.081			
1.000	0.039	0.039	0.260	0.260	1.000	0.039	0.039	0.633	1.000	0.036	0.036			
											0.106			
											0.494			
											0.260			
											0.139			
											0.068			
											0.038			

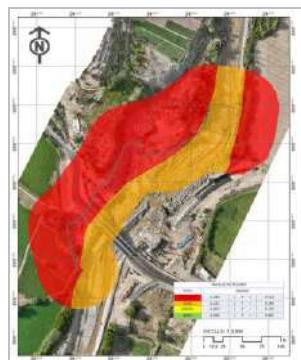
DIMENSION AMBIENTAL											VALOR DIMEN. AMB.			
EXPOSICIÓN Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado	Ppar	Pdesc	Valor de Exposición Ambiental	Peso de Exposición Ambiental	FRAGILIDAD		Valor de Fragilidad Ambiental	Peso de Fragilidad Ambiental	RESILIENCIA					
					Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación				Amortiguación natural frente a crecidas					
					Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc				
1.000	0.466	0.466	0.260	0.260	1.000	0.487	0.487	0.633	1.000	0.503	0.503			
1.000	0.266	0.266	0.260	0.260	1.000	0.272	0.272	0.633	1.000	0.260	0.260			
1.000	0.142	0.142	0.260	0.260	1.000	0.137	0.137	0.633	1.000	0.134	0.134			
1.000	0.084	0.084	0.260	0.260	1.000	0.066	0.066	0.633	1.000	0.068	0.068			
1.000	0.041	0.041	0.260	0.260	1.000	0.038	0.038	0.633	1.000	0.035	0.035			
											0.106			
											0.483			
											0.269			
											0.138			
											0.071			
											0.039			

VALOR DIMEN. Económica	Peso Dim. Económica	VALOR DIMEN. Ambiental	Peso Dim. Ambiental	VALOR DE VULNERABILIDAD
0.494	0.900	0.483	0.100	0.493
0.260	0.900	0.269	0.100	0.261
0.139	0.900	0.138	0.100	0.139
0.068	0.900	0.071	0.100	0.068
0.038	0.900	0.039	0.100	0.038

NIVELES DE VULNERABILIDAD		
NIVEL	RANGO	
MUY ALTO	0.261	≤ V < 0.493
ALTO	0.139	≤ V < 0.261
MEDIO	0.068	≤ V < 0.139
BAJO	0.038	≤ V < 0.068

MATRIZ DE VULNERABILIDAD		
<i>Nivel de Vulnerabilidad</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Rangos</i>
VULNERABILIDAD MUY ALTO	<i>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Muy alto: 40% del costo del proyecto quedaría afectado, Material y configuración constructiva del activo - Muy alta: madera/adobe/piedra seca o concreto simple delgado; canal de tierra; tubería de concreto expuesta; acueducto sin protección., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Muy baja: sin plan ni recursos, sin derivación temporal, sin stock/convenios; recuperación >30 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Muy alta: dentro de cauce/humedal o área protegida; alto valor ecológico., K24, Amortiguación natural frente a crecidas - Muy baja: franja ribereña mínima; sin vegetación; todo impacto llega.". </i>	0.261≤V≤0.493
VULNERABILIDAD ALTO	<i>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Alto: 20-39% afectado, Material y configuración constructiva del activo - Alta: mampostería pobre o concreto simple; canal de concreto simple; tubería de concreto enterrada sin cama o PVC expuesto; acueducto sin topes., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Baja: recursos limitados y poco stock; sin convenios activos; recuperación 15-30 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Alta: franja ribereña/planicie aluvial y suelos agrícolas intensivos., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Alta: planicie aluvial con cobertura escasa y suelos finos., Amortiguación natural frente a crecidas - Baja: franja estrecha; poca vegetación; amortigua poco.". </i>	0.139≤V≤0.261
VULNERABILIDAD MEDIO	<i>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Medio: 10-19% afectado, Material y configuración constructiva del activo - Media: concreto armado básico; canal de concreto simple con refuerzo puntual; HDPE/PVC enterrado con cama granular; acueducto con apoyos elastoméricos., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Media: organización básica y cuadrilla; stock mínimo y contratos de emergencia; 7-15 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Media: terrazas aluviales, cultivos de baja intensidad y barbechos., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Media: terrazas con vegetación secundaria; erosión moderada., Amortiguación natural frente a crecidas - Media: franja media con vegetación; amortiguación moderada.". </i>	0.068≤V≤0.139
VULNERABILIDAD BAJO	<i>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Bajo: 5-9% afectado y Muy bajo: < 5% afectado., Material y configuración constructiva del activo - Baja: concreto armado bien detallado y protección; canal de concreto armado en puntos críticos; HDPE/PVC enterrado con juntas flexibles; acueducto con topes y diafragmas, y Muy bajo: cimentación en roca o pilotes, concreto armado dúctil; canal monolítico/encajonado; tubería de acero enterrada; acueducto con aisladores y disipadores., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Alta: derivación temporal parcial, stock y maquinaria local, plan activo; 2-7 días. y Muy alta: derivación temporal total, fondos y kits inmediatos, convenios 24/7; <48 horas., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Baja: matorral ralo/zonas intervenidas y suelos poco fértiles. y Muy bajo: roca desnuda/infraestructura existente; áreas sin hábitat sensible., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Baja: áreas intervenidas con buena cobertura o protecciones. y Muy bajo: roca/defensas consolidadas; erosión mínima., Amortiguación natural frente a crecidas - Alta: franja ancha y vegetada; buen amortiguamiento. y Muy alta: llanura de inundación amplia y boscosa; alta absorción.". </i>	0.038≤V≤0.068

CÁLCULO DEL RIESGO



MAPA DE PELIGRO



MAPA DE VULNERABILIDAD

NIVEL DE RIESGO

MUY ALTO	0.065	$\leq R \leq$	0.254
ALTO	0.018	$\leq R <$	0.065
MEDIO	0.005	$\leq R <$	0.018
BAJO	0.001	$\leq R <$	0.005

NIVEL DE RIESGO



NIVELES DE RIESGO

CALCULO DE LOS VALORES DE RIESGO		
VALOR DE PELIGRO (P)	VALOR DE VULNERABILIDAD (V)	RIESGO $R=P \cdot V$
0.514	0.493	0.254
0.249	0.261	0.065
0.132	0.139	0.018
0.067	0.068	0.005
0.038	0.038	0.001

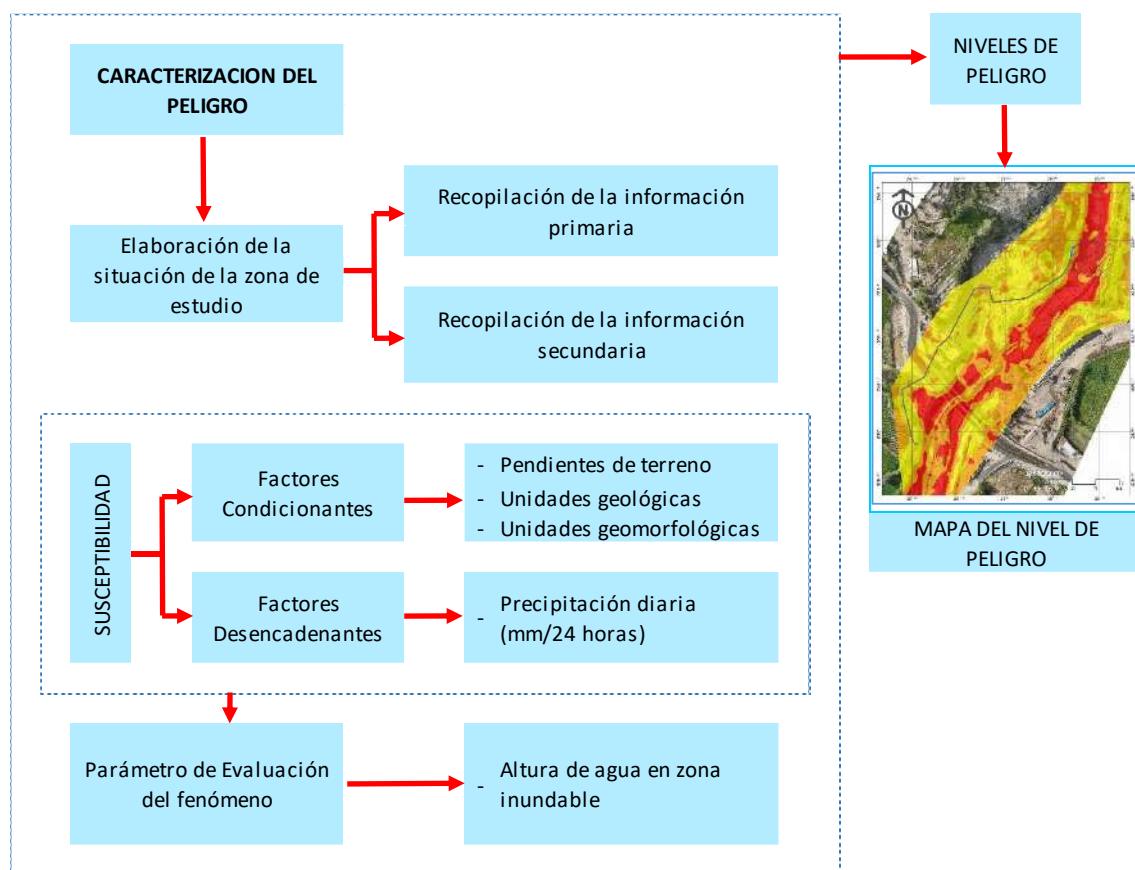
NIVELES DE RIESGO		
NIVEL	RANGO	
MUY ALTO	0.065	$\leq R \leq$
ALTO	0.018	$\leq R <$
MEDIO	0.005	$\leq R <$
BAJO	0.001	$\leq R <$

MATRIZ DE RIESGO		
Nivel de Riesgo	DESCRIPCIÓN	Rangos
RIESGO MUY ALTO	<p>Peligro sísmico ocasionado por sismo de gran magnitud ($Mw > 8.0$) en MMI XI–XII (muy alto): colapso de obras (bocatoma/canal), grietas >30 cm, licuefacción generalizada y deslizamientos; canal fuera de servicio.</p> <p>Tipo de suelo según SUCS SP, SM, SP-SM, SW-SM, ML, PT, RE (rellenos).</p> <p>Unidades geológicas Depósitos aluviales recientes, Depósitos aluviales recientes, gravas-limos</p> <p>Unidades geomorfológicas Fondos de valle aluvial</p> <p>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Muy alto: 40% del costo del proyecto quedaría afectado, Material y configuración constructiva del activo - Muy alta: madera/adobe/piedra seca o concreto simple delgado; canal de tierra; tubería de concreto expuesto; acueducto sin protección., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Muy baja: sin plan ni recursos, sin derivación temporal, sin stock/convenios; recuperación >30 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Muy alta: dentro de cauce/humedal o área protegida; alto valor ecológico., K24, Amortiguación natural frente a crecidas - Muy baja: franja ribereña mínima; sin vegetación; todo impacto llega".</p>	0.065≤R≤0.254
RIESGO ALTO	<p>Peligro sísmico ocasionado por sismo de gran magnitud ($Mw > 8.0$) en MMI XI–XII (muy alto): daños severos; asentamientos 10–20 cm; fallas de juntas; servicio interrumpido.</p> <p>Tipo de suelo según SUCS GC, GP-GM, GW-GM, GW-GC, CL blanda.</p> <p>Unidades geológicas Depósitos aluviales recientes, gravas, y Depósitos aluviales recientes, bloques</p> <p>Unidades geomorfológicas Planicie aluvial</p> <p>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Alto: 20–39% afectado, Material y configuración constructiva del activo - Alta: mampostería pobre o concreto simple; canal de concreto simple; tubería de concreto enterrada sin cama o PVC expuesto; acueducto sin topes., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Baja: recursos limitados y poco stock; sin convenios activos; recuperación 15–30 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Alta: franja ribereña/planicie aluvial y suelos agrícolas intensivos., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Alta: planicie aluvial con cobertura escasa y suelos finos., Amortiguación natural frente a crecidas - Baja: franja estrecha; poca vegetación; amortiguación poco".</p>	0.018≤R≤0.065
RIESGO MEDIO	<p>Peligro sísmico ocasionado por sismo de gran magnitud ($Mw > 8.0$) en MMI XI–XII (muy alto): daños moderados; fisuras 1–5 cm; asentamientos 2–10 cm; operación parcial.</p> <p>Tipo de suelo según SUCS CL media-firme, ML-CL, SC, SW (densidad media).</p> <p>Unidades geológicas Formación Sotillo</p> <p>Unidades geomorfológicas Colina en roca sedimentaria</p> <p>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Medio: 10–19% afectado, Material y configuración constructiva del activo - Media: concreto armado básico; canal de concreto simple con refuerzo puntual; HDPE/PVC enterrado con cama granular; acueducto con apoyos elastoméricos., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Media: organización básica y cuadrilla; stock mínimo y contratos de emergencia; 7–15 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Media: terrazas aluviales, cultivos de baja intensidad y barbechos., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Media: terrazas con vegetación secundaria; erosión moderada., Amortiguación natural frente a crecidas - Media: franja media con vegetación; amortiguación moderada".</p>	0.005≤R≤0.018
RIESGO BAJO	<p>Peligro sísmico ocasionado por sismo de gran magnitud ($Mw > 8.0$) en MMI XI–XII (muy alto): vibración notoria; fisuras capilares; asentamientos <2 cm; inspección menor.</p> <p>Tipo de suelo según SUCS R (roca competente) / suelos muy densos o cementados. y R (roca competente)</p> <p>Unidades geológicas Formación Moquegua superior y Formación Guaneros, riolitas</p> <p>Unidades geomorfológicas Colina en roca volcánica y Montaña en roca volcánica</p> <p>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Bajo: 5–9% afectado y Muy bajo: < 5% afectado., Material y configuración constructiva del activo - Baja: concreto armado bien detallado y protección; canal de concreto armado en puntos críticos; HDPE/PVC enterrado con juntas flexibles; acueducto con topes y diafragmas. y Muy bajo: cimentación en roca o pilotes, concreto armado dúctil; canal monolítico/encajonado; tubería de acero enterrada; acueducto con aisladores y disipadores., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Alta: derivación temporal parcial, stock y maquinaria local, plan activo; 2–7 días. y Muy alta: derivación temporal total, fondos y kits inmediatos, convenios 24/7; <48 horas., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Baja: matorral ralo/zonas intervenidas y suelos poco fértiles. y Muy bajo: roca desnuda/infraestructura existente; áreas sin hábitat sensible., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Baja: áreas intervenidas con buena cobertura o protecciones. y Muy baja: roca/defensas consolidadas; erosión mínima., Amortiguación natural frente a crecidas - Alta: franja ancha y vegetada; buen amortiguamiento. y Muy alta: llanura de inundación amplia y boscosa; alta absorción".</p>	0.001≤R≤0.005

18. Proceso de análisis jerárquico – inundación fluvial

CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO

PELIGRO: INUNDACIÓN FLUVIAL



PARAMETRO DE EVALUACIÓN

PARÁMETRO:	PESO. POND.
<i>Altura de agua en zona inundable</i>	1

- Descriptor 1** *Muy alto: > 1.5 m – daños catastróficos y socavación severa.*
Descriptor 2 *Alto: 1.0 – 1.5 m – daños severos, posible pérdida de funcionalidad.*
Descriptor 3 *Medio: 0.5 – 1.0 m – daños moderados, erosión de bordes.*
Descriptor 4 *Bajo: 0.2 – 0.5 m – afectación menor, encarcamientos importantes.*
Descriptor 5 *Muy bajo: 0 – 0.2 m (o sin anegamiento) – impacto leve o nulo.*

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	1	3	5	7	9
Descriptor 2	1/3	1	3	4	5
Descriptor 3	1/5	1/3	1	3	4
Descriptor 4	1/7	1/4	1/3	1	2
Descriptor 5	1/9	1/5	1/4	1/2	1
SUMA	1.787	4.783	9.583	15.500	21.000
1/SUMA	0.560	0.209	0.104	0.065	0.048

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	0.560	0.627	0.522	0.452	0.429
Descriptor 2	0.187	0.209	0.313	0.258	0.238
Descriptor 3	0.112	0.070	0.104	0.194	0.190
Descriptor 4	0.080	0.052	0.035	0.065	0.095
Descriptor 5	0.062	0.042	0.026	0.032	0.048
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	λMAX	n	IA
Descriptor 1	0.518	2.746	5.304	3	0.525
Descriptor 2	0.241	1.287	5.341	4	0.882
Descriptor 3	0.134	0.682	5.089	5	1.115
Descriptor 4	0.065	0.328	5.022	6	1.252
Descriptor 5	0.042	0.214	5.094	7	1.341
SUMA	1.000	λMAX=	5.170		

$$\begin{array}{ll} N^{\text{a}} \text{ Descrip.} = & 5 \\ RC = & 0.038 \end{array} \quad IA = 1.115 \quad IC = 0.042$$

CUMPLE

Altura de agua en zona inundable	Peso. Pond.
<i>Muy alto: > 1.5 m – daños catastróficos y socavación severa.</i>	0.518
<i>Alto: 1.0 – 1.5 m – daños severos, posible pérdida de funcionalidad.</i>	0.241
<i>Medio: 0.5 – 1.0 m – daños moderados, erosión de bordes.</i>	0.134
<i>Bajo: 0.2 – 0.5 m – afectación menor, encarcamientos importantes.</i>	0.065
<i>Muy bajo: 0 – 0.2 m (o sin anegamiento) – impacto leve o nulo.</i>	0.042

FACTOR DESENCADENANTE

PARÁMETRO:	PESO. POND.
<i>Precipitación diaria (mm/24 horas)</i>	1

- Descriptor 1** *Día extremadamente lluvioso ($\geq 15 \text{ mm}$)*
Descriptor 2 *Día muy lluvioso (10 – 14.9 mm)*
Descriptor 3 *Día moderadamente lluvioso (5 – 9.9 mm)*
Descriptor 4 *Día con llovizna o lluvia ligera (0.1 – 4.9 mm)*
Descriptor 5 *Día seco sin registro de lluvia significativa (< 0.1 mm (lluvia nula o imperceptible))*

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	1	3	5	7	9
Descriptor 2	1/3	1	3	5	7
Descriptor 3	1/5	1/3	1	3	5
Descriptor 4	1/7	1/5	1/3	1	3
Descriptor 5	1/9	1/7	1/5	1/3	1
SUMA	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/SUMA	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360
Descriptor 2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280
Descriptor 3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200
Descriptor 4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120
Descriptor 5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	λ_{MAX}	n	IA
Descriptor 1	0.503	2.743	5.455	3	0.525
Descriptor 2	0.260	1.414	5.432	4	0.882
Descriptor 3	0.134	0.699	5.204	5	1.115
Descriptor 4	0.068	0.341	5.030	6	1.252
Descriptor 5	0.035	0.177	5.093	7	1.341
SUMA	1.000	$\lambda_{MAX}=$	5.243		

Nº Descrip. = **5** IA = **1.115** IC = **0.061**
RC = **0.054** **RC < 0.1 CUMPLE**

Precipitación diaria (mm/24 horas)	Peso. Pond.	1
Día extremadamente lluvioso ($\geq 15 \text{ mm}$)	0.503	
Día muy lluvioso (10 – 14.9 mm)	0.260	
Día moderadamente lluvioso (5 – 9.9 mm)	0.134	
Día con llovizna o lluvia ligera (0.1 – 4.9 mm)	0.068	
Día seco sin registro de lluvia significativa (< 0.1 mm (lluvia nula o imperceptible))	0.035	

FACTORES CONDICIONANTES

- Descriptor 1 Pendientes de terreno
 Descriptor 2 Unidades geológicas
 Descriptor 3 Unidades geomorfológicas

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3
Descriptor 1	1	5	5
Descriptor 2	1/5	1	1
Descriptor 3	1/5	1	1
SUMA	1.400	7.000	7.000
1/SUMA	0.714	0.143	0.143

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3
Descriptor 1	0.714	0.714	0.714
Descriptor 2	0.143	0.143	0.143
Descriptor 3	0.143	0.143	0.143
SUMA	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	AMAX	n	IA
Descriptor 1	0.714	2.143	3.000	3	0.525
Descriptor 2	0.143	0.429	3.000	4	0.882
Descriptor 3	0.143	0.429	3.000	5	1.115
SUMA	1.000	λMAX=	3.000		

$$N^{\circ} \text{ Descrip.} = \color{red} 3 \quad IA = 0.525 \quad IC = 0.000 \\ RC = 0.000 \quad RC < 0.1 \quad \color{red} CUMPLE$$

FACTORES CONDICIONANTES	Peso. Pond.
Pendientes de terreno	0.714
Unidades geológicas	0.143
Unidades geomorfológicas	0.143

FACTORES CONDICIONANTES

PARÁMETRO:	PESO. POND.
<i>Pendientes de terreno</i>	0.714

Descriptor 1 *Muy alto: 0–1.5°*

Descriptor 2 *Alto: >1.5–3°*

Descriptor 3 *Medio: >3–6°*

Descriptor 4 *Bajo: >6–12°*

Descriptor 5 *Muy bajo: >12°*

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	1	3	5	7	9
Descriptor 2	1/3	1	3	5	7
Descriptor 3	1/5	1/3	1	3	5
Descriptor 4	1/7	1/5	1/3	1	3
Descriptor 5	1/9	1/7	1/5	1/3	1
SUMA	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/SUMA	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360
Descriptor 2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280
Descriptor 3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200
Descriptor 4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120
Descriptor 5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	λMAX	n	IA
Descriptor 1	0.503	2.743	5.455	3	0.525
Descriptor 2	0.260	1.414	5.432	4	0.882
Descriptor 3	0.134	0.699	5.204	5	1.115
Descriptor 4	0.068	0.341	5.030	6	1.252
Descriptor 5	0.035	0.177	5.093	7	1.341
SUMA	1.000	λMAX=	5.243		

$$N^{\circ} \text{ Descrip.} = \textcolor{red}{5} \quad IA = 1.115 \quad IC = 0.061 \\ RC = 0.054 \quad RC < 0.1 \quad \text{CUMPLE}$$

Pendientes de terreno	Peso. Pond.	0.714
<i>Muy alto: 0–1.5°</i>	0.503	
<i>Alto: >1.5–3°</i>	0.260	
<i>Medio: >3–6°</i>	0.134	
<i>Bajo: >6–12°</i>	0.068	
<i>Muy bajo: >12°</i>	0.035	

FACTORES CONDICIONANTES

PARÁMETRO:	PESO. POND.
<i>Unidades geológicas</i>	0.143

- Descriptor 1** *Depósitos aluviales recientes, Depósitos aluviales recientes, gravas-limos y Pueblo*
Descriptor 2 *Depósitos aluviales recientes, gravas, y Depósitos aluviales recientes, bloques*
Descriptor 3 *Formación Sotillo*
Descriptor 4 *Formación Moquegua superior*
Descriptor 5 *Formación Guaneros, riolitas*

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	1	5	6	8	9
Descriptor 2	1/5	1	2	3	7
Descriptor 3	1/6	1/2	1	2	3
Descriptor 4	1/8	1/3	1/2	1	2
Descriptor 5	1/9	1/7	1/3	1/2	1
SUMA	1.603	6.976	9.833	14.500	22.000
1/SUMA	0.624	0.143	0.102	0.069	0.045

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	0.624	0.717	0.610	0.552	0.409
Descriptor 2	0.125	0.143	0.203	0.207	0.318
Descriptor 3	0.104	0.072	0.102	0.138	0.136
Descriptor 4	0.078	0.048	0.051	0.069	0.091
Descriptor 5	0.069	0.020	0.034	0.034	0.045
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	λMAX	n	IA
Descriptor 1	0.582	3.146	5.402	3	0.525
Descriptor 2	0.199	1.023	5.135	4	0.882
Descriptor 3	0.110	0.564	5.110	5	1.115
Descriptor 4	0.067	0.343	5.099	6	1.252
Descriptor 5	0.041	0.204	5.017	7	1.341
SUMA	1.000	λMAX=	5.153		

$$N^{\text{a}} \text{ Descrip.} = \textcolor{red}{5} \quad IA = 1.115 \quad IC = 0.038 \\ RC = 0.034 \quad RC < 0.1 \quad \text{CUMPLE}$$

Unidades geológicas	Peso. Pond.	0.143
Depósitos aluviales recientes, Depósitos aluviales recientes, gravas-limos y Pueblo	0.582	
Depósitos aluviales recientes, gravas, y Depósitos aluviales recientes, bloques	0.199	
Formación Sotillo	0.110	
Formación Moquegua superior	0.067	
Formación Guaneros, riolitas	0.041	

FACTORES CONDICIONANTES

PARÁMETRO:	PESO. POND.
<i>Unidades geomorfológicas</i>	0.143

- Descriptor 1 *Fondos de valle aluvial*
- Descriptor 2 *Planicie aluvial*
- Descriptor 3 *Colina en roca sedimentaria*
- Descriptor 4 *Colina en roca volcánica*
- Descriptor 5 *Montaña en roca volcánica*

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	1	3	5	7	9
Descriptor 2	1/3	1	3	5	7
Descriptor 3	1/5	1/3	1	3	5
Descriptor 4	1/7	1/5	1/3	1	3
Descriptor 5	1/9	1/7	1/5	1/3	1
SUMA	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/SUMA	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Descriptor 4	Descriptor 5
Descriptor 1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360
Descriptor 2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280
Descriptor 3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200
Descriptor 4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120
Descriptor 5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	λMAX	n	IA
Descriptor 1	0.503	2.743	5.455	3	0.525
Descriptor 2	0.260	1.414	5.432	4	0.882
Descriptor 3	0.134	0.699	5.204	5	1.115
Descriptor 4	0.068	0.341	5.030	6	1.252
Descriptor 5	0.035	0.177	5.093	7	1.341
SUMA	1.000	λMAX=	5.243		

$$N^{\circ} \text{ Descrip.} = \textcolor{red}{5} \quad IA = 1.115 \quad IC = 0.061 \\ RC = 0.054 \quad RC < 0.1 \quad \text{CUMPLE}$$

Unidades geomorfológicas	Peso. Pond.	0.143
Fondos de valle aluvial		0.503
Planicie aluvial		0.260
Colina en roca sedimentaria		0.134
Colina en roca volcánica		0.068
Montaña en roca volcánica		0.035

NIVEL DE PELIGROSIDAD

Parámetro de Evaluación		Factor Desencadenante			
<i>Altura de agua en zona inundable</i>		VALOR	<i>Precipitación diaria (mm/24 horas)</i>		VALOR
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN		PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	
1	0.518	0.518	1	0.503	0.503
1	0.241	0.241	1	0.260	0.260
1	0.134	0.134	1	0.134	0.134
1	0.065	0.065	1	0.068	0.068
1	0.042	0.042	1	0.035	0.035

Factores Condicionantes						
Pendientes de terreno		Unidades geológicas		Unidades geomorfológicas		VALOR
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	
0.714	0.503	0.143	0.582	0.143	0.503	0.514
0.714	0.260	0.143	0.199	0.143	0.260	0.252
0.714	0.134	0.143	0.110	0.143	0.134	0.131
0.714	0.068	0.143	0.067	0.143	0.068	0.068
0.714	0.035	0.143	0.041	0.143	0.035	0.036

Susceptibilidad				
Factores Condicionantes		Factor Desencadenante		VALOR
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	
0.514	90%	0.503	10%	0.513
0.252	90%	0.260	10%	0.252
0.131	90%	0.134	10%	0.131
0.068	90%	0.068	10%	0.068
0.036	90%	0.035	10%	0.036

NIVELES DE PELIGROSIDAD				
Parámetro de Evaluación		Susceptibilidad		VALOR
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	
0.518	70%	0.513	30%	0.516
0.241	70%	0.252	30%	0.244
0.134	70%	0.131	30%	0.133
0.065	70%	0.068	30%	0.066
0.042	70%	0.036	30%	0.040

NIVELES DE PELIGRO				
NIVEL	RANGO			
MUY ALTO	0.244	$\leq P \leq$	0.516	
ALTO	0.133	$\leq P <$	0.244	
MEDIO	0.066	$\leq P <$	0.133	
BAJO	0.040	$\leq P <$	0.066	

DIMENSIONES DE VULNERABILIDAD

DIMENSIONES DE VULNERABILIDAD	Peso. Pond.	1
Dimensión Económica	0.900	
Dimensión Ambiental	0.100	

FACTORES DE VULNERABILIDAD

Descriptor 1 **Fragilidad**

Descriptor 2 **Exposición**

Descriptor 3 **Resiliencia**

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3
Descriptor 1	1	3	5
Descriptor 2	1/3	1	3
Descriptor 3	1/5	1/3	1
SUMA	1.533	4.333	9.000
1/SUMA	0.652	0.231	0.111

PARÁMETRO	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3
Descriptor 1	0.652	0.692	0.556
Descriptor 2	0.217	0.231	0.333
Descriptor 3	0.130	0.077	0.111
SUMA	1.000	1.000	1.000

PARÁMETRO	V.P. (Pond.)	V.Sum. Pond.	λ_{MAX}	n	IA
Descriptor 1	0.633	1.946	3.072	3	0.525
Descriptor 2	0.260	0.790	3.033	4	0.882
Descriptor 3	0.106	0.320	3.011	5	1.115
SUMA	1.000	$\lambda_{MAX}=$	3.039		

Nº Descrip. = 3 IA = 0.525 IC = 0.019

RC = 0.037 RC < 0.1 CUMPLE

FACTORES DE VULNERABILIDAD	Peso. Pond.	1
Fragilidad	0.633	
Exposición	0.260	
Resiliencia	0.106	

NIVELES DE VULNERABILIDAD

DIMENSIÓN ECONÓMICA											VALOR DIMEN. ECON.			
EXPOSICIÓN Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado	Ppar	Pdesc	Valor de Exposición Económica	Peso de Exposición Económica (Pfac)	FRAGILIDAD		Valor de Fragilidad Económica (Pfac)	Peso de Fragilidad Económica (Pfac)	RESILIENCIA					
					Material y configuración constructiva del activo				Capacidad de recuperación y continuidad del servicio					
					Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc				
1.000	0.573	0.573	0.260	0.260	1.000	0.473	0.473	0.633	1.000	0.429	0.429			
1.000	0.202	0.202	0.260	0.260	1.000	0.277	0.277	0.633	1.000	0.303	0.303			
1.000	0.123	0.123	0.260	0.260	1.000	0.144	0.144	0.633	1.000	0.150	0.150			
1.000	0.063	0.063	0.260	0.260	1.000	0.067	0.067	0.633	1.000	0.081	0.081			
1.000	0.039	0.039	0.260	0.260	1.000	0.039	0.039	0.633	1.000	0.036	0.036			
											0.106			
											0.494			
											0.260			
											0.139			
											0.068			
											0.038			

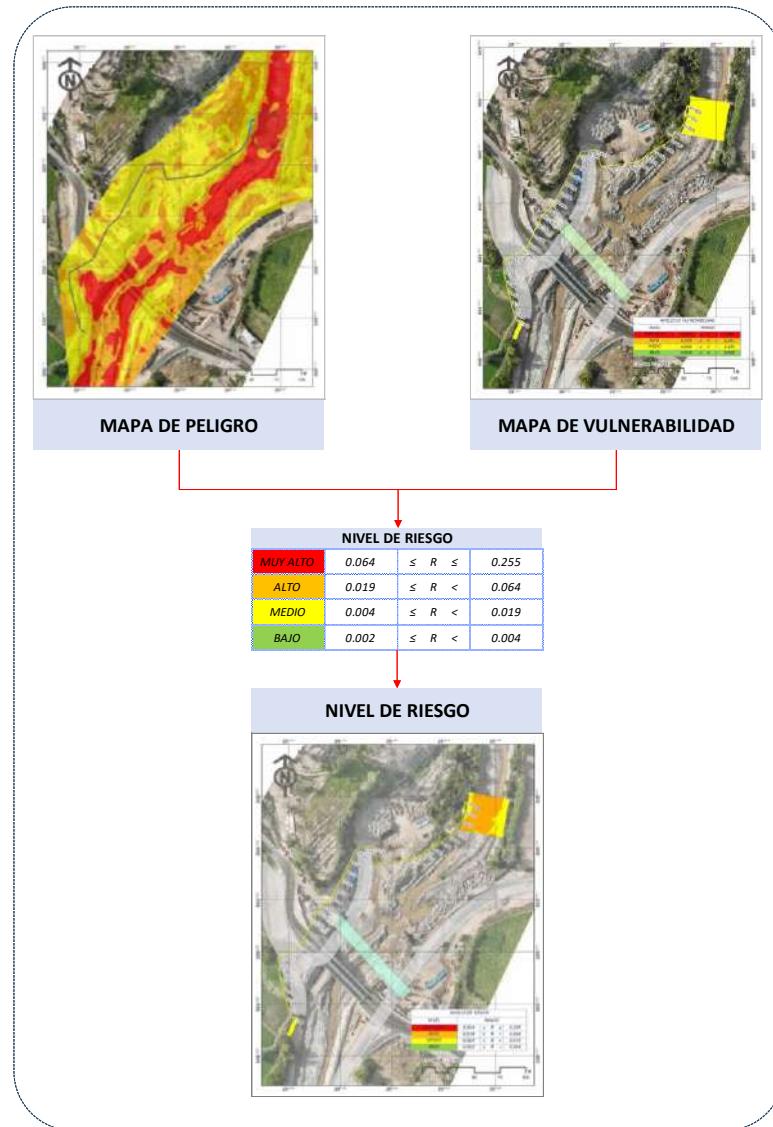
DIMENSION AMBIENTAL											VALOR DIMEN. AMB.			
EXPOSICIÓN Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado	Ppar	Pdesc	Valor de Exposición Ambiental	Peso de Exposición Ambiental	FRAGILIDAD		Valor de Fragilidad Ambiental	Peso de Fragilidad Ambiental	RESILIENCIA					
					Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación				Amortiguación natural frente a crecidas					
					Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc				
1.000	0.466	0.466	0.260	0.260	1.000	0.487	0.487	0.633	1.000	0.503	0.503			
1.000	0.266	0.266	0.260	0.260	1.000	0.272	0.272	0.633	1.000	0.260	0.260			
1.000	0.142	0.142	0.260	0.260	1.000	0.137	0.137	0.633	1.000	0.134	0.134			
1.000	0.084	0.084	0.260	0.260	1.000	0.066	0.066	0.633	1.000	0.068	0.068			
1.000	0.041	0.041	0.260	0.260	1.000	0.038	0.038	0.633	1.000	0.035	0.035			
											0.106			
											0.483			
											0.269			
											0.138			
											0.071			
											0.039			

VALOR DIMEN. Económica	Peso Dim. Económica	VALOR DIMEN. Ambiental	Peso Dim. Ambiental	VALOR DE VULNERABILIDAD
0.494	0.900	0.483	0.100	0.493
0.260	0.900	0.269	0.100	0.261
0.139	0.900	0.138	0.100	0.139
0.068	0.900	0.071	0.100	0.068
0.038	0.900	0.039	0.100	0.038

NIVELES DE VULNERABILIDAD				
NIVEL		RANGO		
MUY ALTO		0.261 ≤ V < 0.493		
ALTO		0.139 ≤ V < 0.261		
MEDIO		0.068 ≤ V < 0.139		
BAJO		0.038 ≤ V < 0.068		

MATRIZ DE VULNERABILIDAD		
<i>Nivel de Vulnerabilidad</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Rangos</i>
VULNERABILIDAD MUY ALTO	<i>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Muy alto: 40% del costo del proyecto quedaría afectado, Material y configuración constructiva del activo - Muy alta: madera/adobe/piedra seca o concreto simple delgado; canal de tierra; tubería de concreto expuesta; acueducto sin protección., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Muy baja: sin plan ni recursos, sin derivación temporal, sin stock/convenios; recuperación >30 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Muy alta: dentro de cauce/humedal o área protegida; alto valor ecológico., K24, Amortiguación natural frente a crecidas - Muy baja: franja ribereña mínima; sin vegetación; todo impacto llega.". </i>	0.261≤V≤0.493
VULNERABILIDAD ALTO	<i>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Alto: 20-39% afectado, Material y configuración constructiva del activo - Alta: mampostería pobre o concreto simple; canal de concreto simple; tubería de concreto enterrada sin cama o PVC expuesto; acueducto sin topes., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Baja: recursos limitados y poco stock; sin convenios activos; recuperación 15-30 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Alta: franja ribereña/planicie aluvial y suelos agrícolas intensivos., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Alta: planicie aluvial con cobertura escasa y suelos finos., Amortiguación natural frente a crecidas - Baja: franja estrecha; poca vegetación; amortigua poco.". </i>	0.139≤V≤0.261
VULNERABILIDAD MEDIO	<i>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Medio: 10-19% afectado, Material y configuración constructiva del activo - Media: concreto armado básico; canal de concreto simple con refuerzo puntual; HDPE/PVC enterrado con cama granular; acueducto con apoyos elastoméricos., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Media: organización básica y cuadrilla; stock mínimo y contratos de emergencia; 7-15 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Media: terrazas aluviales, cultivos de baja intensidad y barbechos., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Media: terrazas con vegetación secundaria; erosión moderada., Amortiguación natural frente a crecidas - Media: franja media con vegetación; amortiguación moderada.". </i>	0.068≤V≤0.139
VULNERABILIDAD BAJO	<i>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Bajo: 5-9% afectado y Muy bajo: < 5% afectado., Material y configuración constructiva del activo - Baja: concreto armado bien detallado y protección; canal de concreto armado en puntos críticos; HDPE/PVC enterrado con juntas flexibles; acueducto con topes y diafragmas, y Muy bajo: cimentación en roca o pilotes, concreto armado débil; canal monolítico/encajonado; tubería de acero enterrada; acueducto con aisladores y disipadores., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Alta: derivación temporal parcial, stock y maquinaria local, plan activo; 2-7 días. y Muy alta: derivación temporal total, fondos y kits inmediatos, convenios 24/7; <48 horas., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Baja: matorral ralo/zonas intervenidas y suelos poco fértiles. y Muy bajo: roca desnuda/infraestructura existente; áreas sin hábitat sensible., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Baja: áreas intervenidas con buena cobertura o protecciones. y Muy bajo: roca/defensas consolidadas; erosión mínima., Amortiguación natural frente a crecidas - Alta: franja ancha y vegetada; buen amortiguamiento. y Muy alta: llanura de inundación amplia y boscosa; alta absorción.". </i>	0.038≤V≤0.068

CÁLCULO DEL RIESGO



NIVELES DE RIESGO

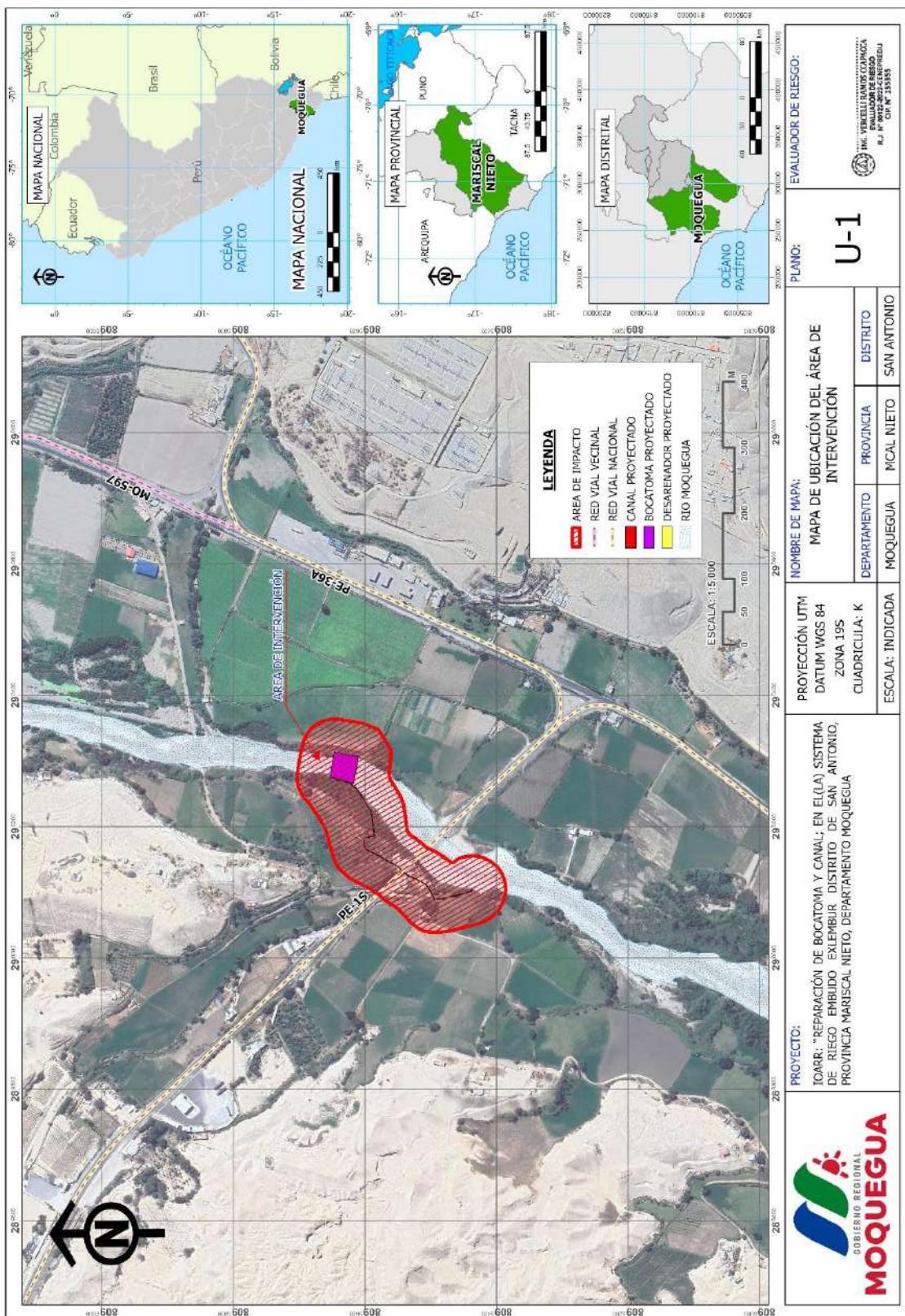
CALCULO DE LOS VALORES DE RIESGO		
VALOR DE PELIGRO (P)	VALOR DE VULNERABILIDAD (V)	RIESGO $R=P^*V$
0.516	0.493	0.255
0.244	0.261	0.064
0.133	0.139	0.019
0.066	0.068	0.004
0.040	0.038	0.002

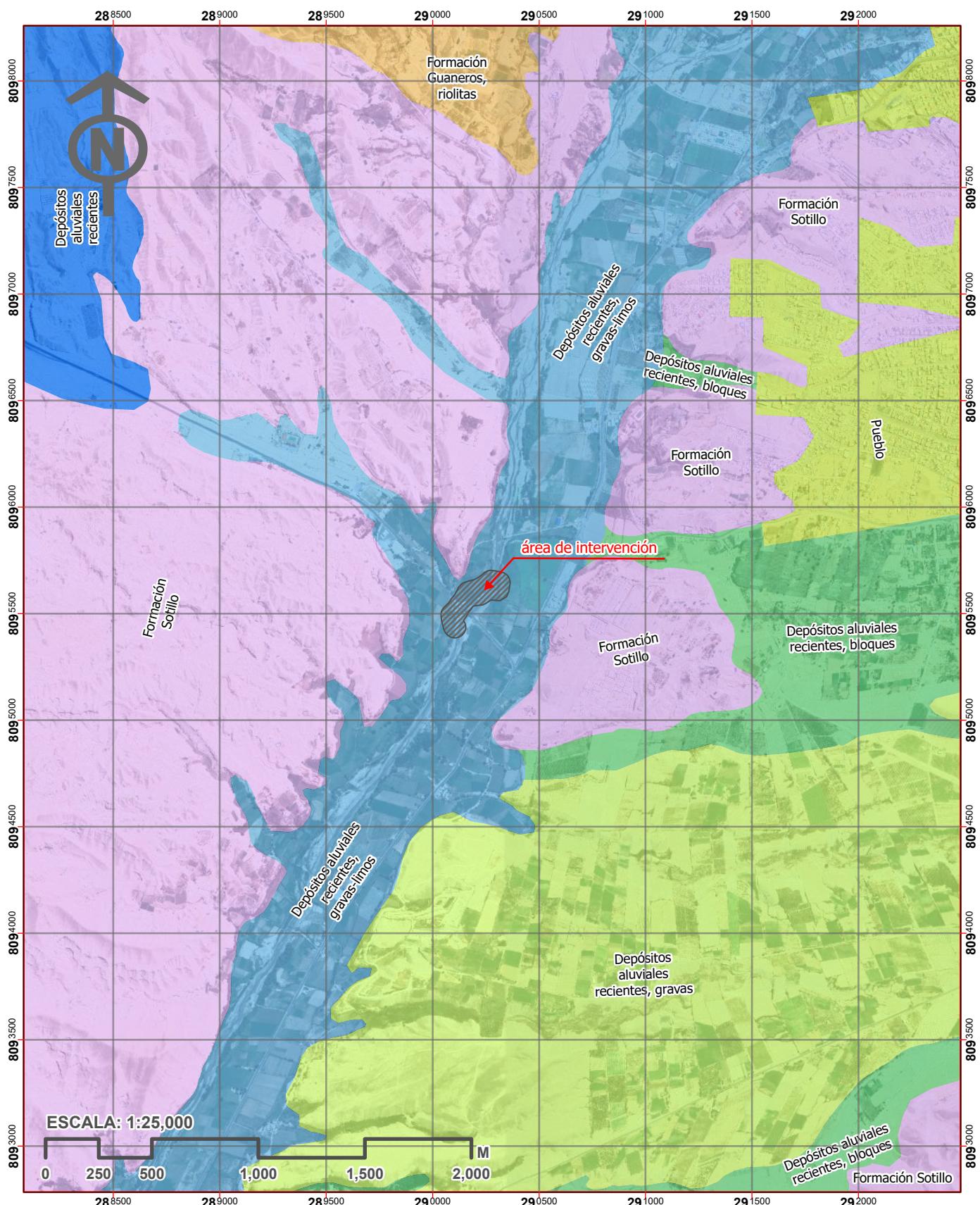
NIVELES DE RIESGO		
NIVEL	RANGO	
MUY ALTO	0.064	$\leq R \leq 0.255$
ALTO	0.019	$\leq R < 0.064$
MEDIO	0.004	$\leq R < 0.019$
BAJO	0.002	$\leq R < 0.004$

MATRIZ DE RIESGO

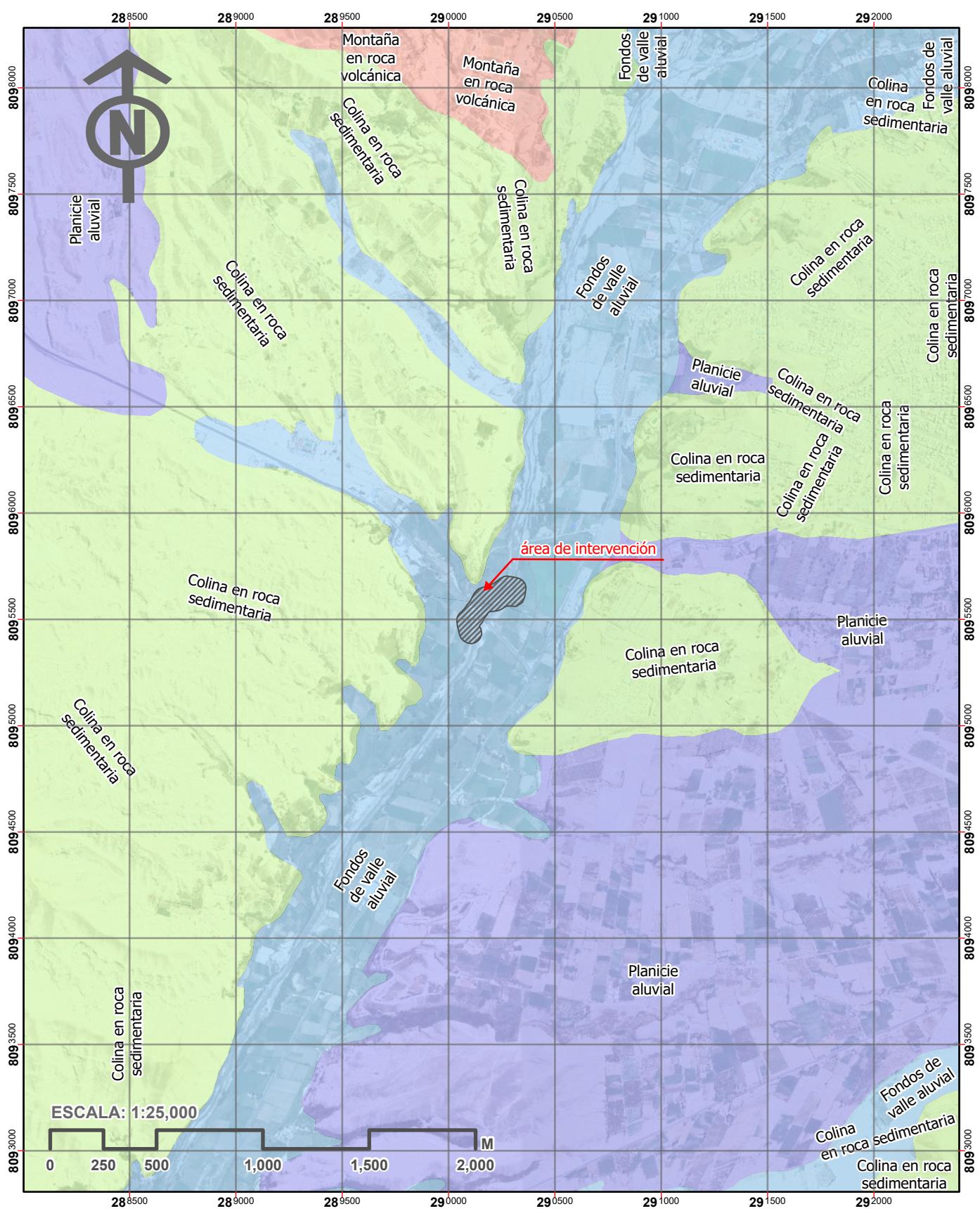
Nivel de Riesgo	DESCRIPCIÓN	Rangos
RIESGO MUY ALTO	<p>Inundación pluvial ocasionado por una Precipitación diaria (mm/24 horas) - Día extremadamente lluvioso ($\geq 15 \text{ mm}$) cuya inundación es de nivel Muy alto: $> 1.5 \text{ m}$ – daños catastróficos y socavación severa.</p> <p>Pendientes de terreno Muy alto: 0–1.5°</p> <p>Unidades geológicas Depósitos aluviales recientes, Depósitos aluviales recientes, gravas-limos,</p> <p>Unidades geomorfológicas Fondos de valle aluvial</p> <p>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Muy alto: 40% del costo del proyecto quedaría afectado, Material y configuración constructiva del activo - Muy alta: madera/adobe/piedra seca o concreto simple delgado; canal de tierra; tubería de concreto expuesta; acueducto sin protección., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Muy baja: sin plan ni recursos, sin derivación temporal, sin stock/convenios; recuperación >30 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Muy alta: dentro de cauce/humbral o área protegida; alto valor ecológico., K24, Amortiguación natural frente a crecidas - Muy baja: franja ribereña mínima; sin vegetación; todo impacto llega.”.</p>	0.064≤R≤0.255
RIESGO ALTO	<p>Inundación pluvial ocasionado por una Precipitación diaria (mm/24 horas) - Día extremadamente lluvioso ($\geq 15 \text{ mm}$) cuya inundación es de nivel Alto: $1.0 - 1.5 \text{ m}$ – daños severos, posible pérdida de funcionalidad.</p> <p>Pendientes de terreno Alto: >1.5–3°</p> <p>Unidades geológicas Depósitos aluviales recientes, gravas, y Depósitos aluviales recientes, bloq</p> <p>Unidades geomorfológicas Planicie aluvial</p> <p>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Alto: 20–39% afectado, Material y configuración constructiva del activo - Alta: mampostería pobre o concreto simple; canal de concreto simple; tubería de concreto enterrada sin cama o PVC expuesto; acueducto sin topes., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Baja: recursos limitados y poco stock; sin convenios activos; recuperación 15–30 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Alta: franja ribereña/planicie aluvial y suelos agrícolas intensivos., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Alta: planicie aluvial con cobertura escasa y suelos finos., Amortiguación natural frente a crecidas - Baja: franja estrecha; poca vegetación; amortigua poco.”.</p>	0.019≤R≤0.064
RIESGO MEDIO	<p>Inundación pluvial ocasionado por una Precipitación diaria (mm/24 horas) - Día extremadamente lluvioso ($\geq 15 \text{ mm}$) cuya inundación es de nivel Medio: $0.5 - 1.0 \text{ m}$ – daños moderados, erosión de bordes.</p> <p>Pendientes de terreno Media: >3–6°</p> <p>Unidades geológicas Formación Sotillo</p> <p>Unidades geomorfológicas Colina en roca sedimentaria</p> <p>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Medio: 10–19% afectado, Material y configuración constructiva del activo - Media: concreto armado básico; canal de concreto simple con refuerzo puntual; HDPE/PVC enterrado con cama granular; acueducto con apoyos elastoméricos., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Media: organización básica y cuadrilla; stock mínimo y contratos de emergencia; 7–15 días., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Media: terrazas aluviales, cultivos de baja intensidad y barbechos., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Media: terrazas con vegetación secundaria; erosión moderada., Amortiguación natural frente a crecidas - Media: franja media con vegetación; amortiguación moderada.”.</p>	0.004≤R≤0.019
RIESGO BAJO	<p>Inundación pluvial ocasionado por una Precipitación diaria (mm/24 horas) - Día extremadamente lluvioso ($\geq 15 \text{ mm}$) cuya inundación es de nivel Bajo: $0.2 - 0.5 \text{ m}$ – afectación menor, encaramientos importantes y Muy bajo: $0 - 0.2 \text{ m}$ (o sin anenamiento) – impacto leve o nula.</p> <p>Pendientes de terreno Muy bajo: >12° y Muy bajo: >12°</p> <p>Unidades geológicas Formación Moquegua superior y Formación Guaneros, riolitas</p> <p>Unidades geomorfológicas Colina en roca volcánica y Montaña en roca volcánica</p> <p>Porcentaje del costo de reposición del proyecto potencialmente afectado - Bajo: 5–9% afectado y Muy bajo: < 5% afectado, Material y configuración constructiva del activo - Baja: concreto armado bien detallado y protección; canal de concreto armado en puntos críticos; HDPE/PVC enterrado con juntas flexibles; acueducto con topes y diafragmas. y Muy bajo: cimentación en roca o pilotes, concreto armado dúctil; canal monolítico/encajonado; tubería de acero enterrada; acueducto con aisladores y dispositores., Capacidad de recuperación y continuidad del servicio - Alta: derivación temporal parcial, stock y maquinaria local, plan activo; 2–7 días., y Muy alta: derivación temporal total, fondos y kits inmediatos, convenios 24/7; <48 horas., Sensibilidad y valor ecológico del entorno potencialmente afectado - Baja: matorral ralo/zonas intervenidas y suelos poco fértiles. y Muy baja: roca desnuda/infraestructura existente; áreas sin hábitat sensible., Susceptibilidad del entorno a erosión y sedimentación - Baja: áreas intervenidas con buena cobertura o protecciones. y Muy baja: roca/defensas consolidadas; erosión mínima., Amortiguación natural frente a crecidas - Alta: franja ancha y vegetada; buen amortiguamiento. y Muy alta: llanura de inundación amplia y boscosa; alta absorción.”.</p>	0.002≤R≤0.004

19. Mapas





LEYENDA	LÁMINA:	MAPA:	EVALUADOR DE RIESGO:
ÁREA DE INTERVENCIÓN Unidades geológicas Depósitos aluviales recientes Depósitos aluviales recientes, bloques Depósitos aluviales recientes, gravas Depósitos aluviales recientes, gravas-limos Formación Guaneros, riolitas Formación Moquegua superior Formación Sotillo Pueblo	GL-1	MAPA DE UNIDADES GEOLÓGICAS PROYECTO: IOARR: "REPARACIÓN DE BOCATOMA Y CANAL; EN EL(LA) SISTEMA DE RIEGO EMBUDO EXLEMBUR DISTRITO DE SAN ANTONIO, PROVINCIA MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO MOQUEGUA REGIÓN: MOQUEGUA PROVINCIA: MARISCAL NIETO DISTRITO: SAN ANTONIO PROYECCIÓN UTM ZONA 19S, DATUM WGS 84, CUADRÍCULA K	EVALUADOR DE RIESGO: ING. VERCELLI RAMOS CCAPACCA EVALUADOR DE RIESGO R.J. N° 00122-2022-CENEPRED/J CIP. N° 155355



LEYENDA

- AREA DE INTERVENCIÓN**
- Unidades geomorfológicas
- Colina en roca sedimentaria
- Colina en roca volcánica
- Fondos de valle aluvial
- Montaña en roca volcánica
- Planicie aluvial

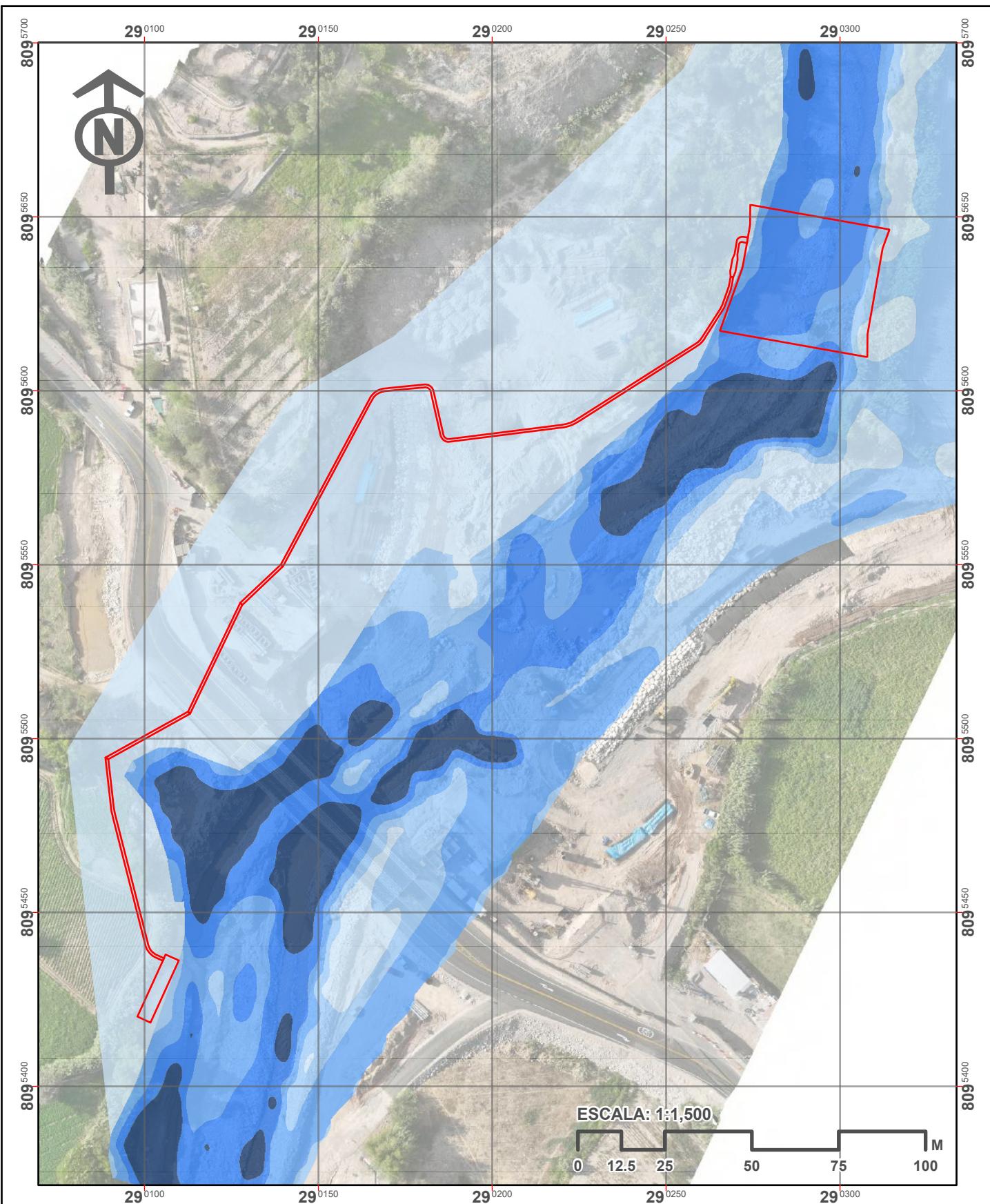
LAMINA:
GM-1

MAPA: MAPA DE UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

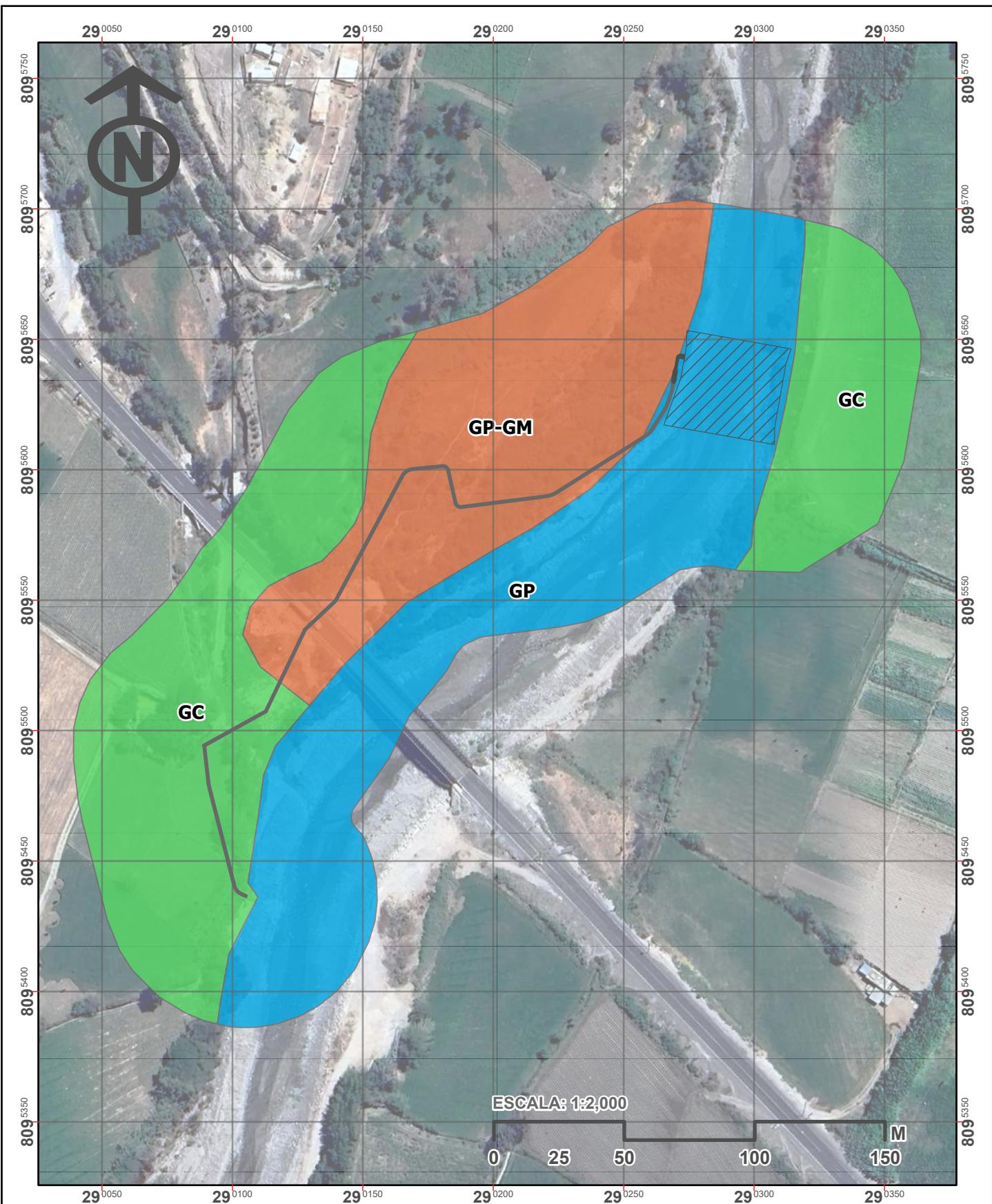
PROYECTO:
IOARR: "REPARACIÓN DE BOCATOMA Y CANAL; EN EL(LA) SISTEMA DE RIEGO EMBUDO EXLEMBUR DISTRITO DE SAN ANTONIO, PROVINCIA MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO MOQUEGUA

EVALUADOR DE RIESGO:

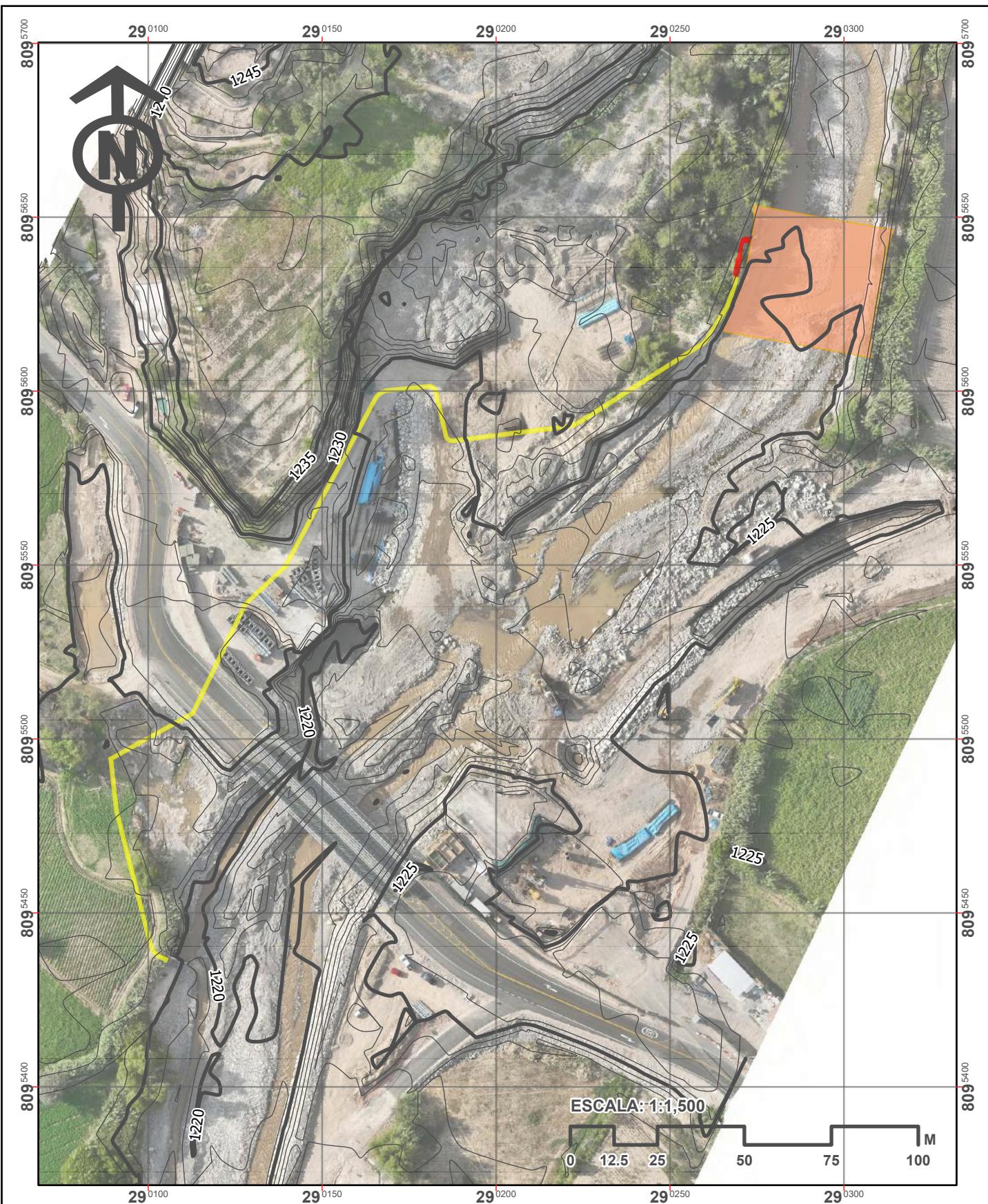
ING. VERCELLI RAMOS CCAPACCA
EVALUADOR DE RIESGO
R.J. N° 00122-2022-CENEPRED/J
CIP. N° 155355

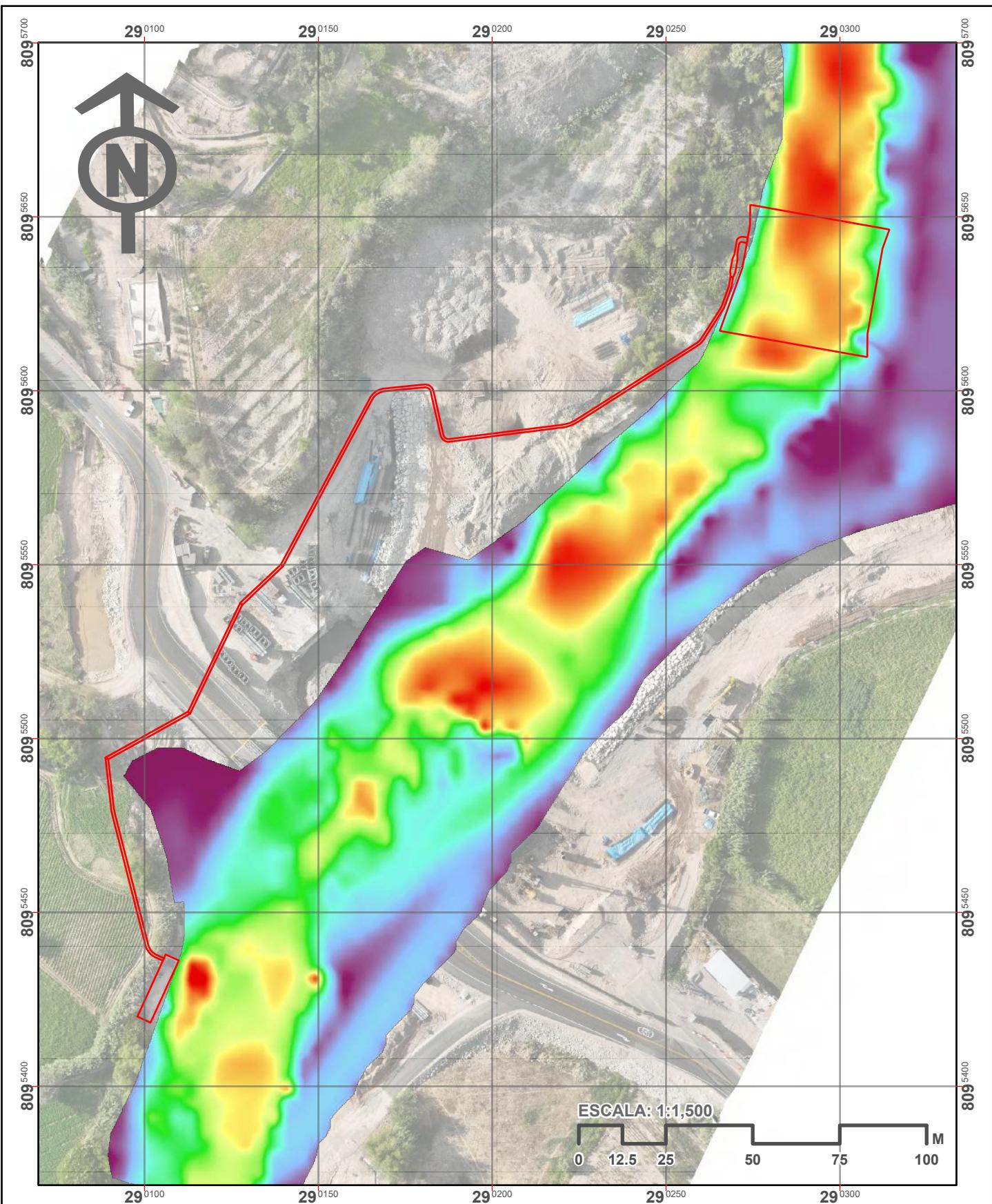


LEYENDA	LÁMINA: I-1	MAPA: Altura de inundación para periodo de retorno de 100 años	EVALUADOR DE RIESGO:
Elementos Vulnerables Altura de inundación Muy bajo: 0 – 0.2 m Bajo: 0.2 – 0.5 m Medio: 0.5 – 1.0 m Alto: 1.0 – 1.5 m Muy alto: > 1.5 m		PROYECTO: IOARR: "REPARACIÓN DE BOCATOMA Y CANAL; EN EL(LA) SISTEMA DE RIEGO EMBUDO EXLEMBUR DISTRITO DE SAN ANTONIO, PROVINCIA MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO MOQUEGUA	ING. VERCCELLI RAMOS CCAPACCA EVALUADOR DE RIESGO R.J. N° 00122-2022-CENEPRED/J CIP. N° 155355
	REGIÓN: MOQUEGUA PROVINCIA: MARISCAL NIETO DISTRITO: SAN ANTONIO		
		PROYECCIÓN UTM ZONA 19S, DATUM WGS 84, CUADRICULA K	



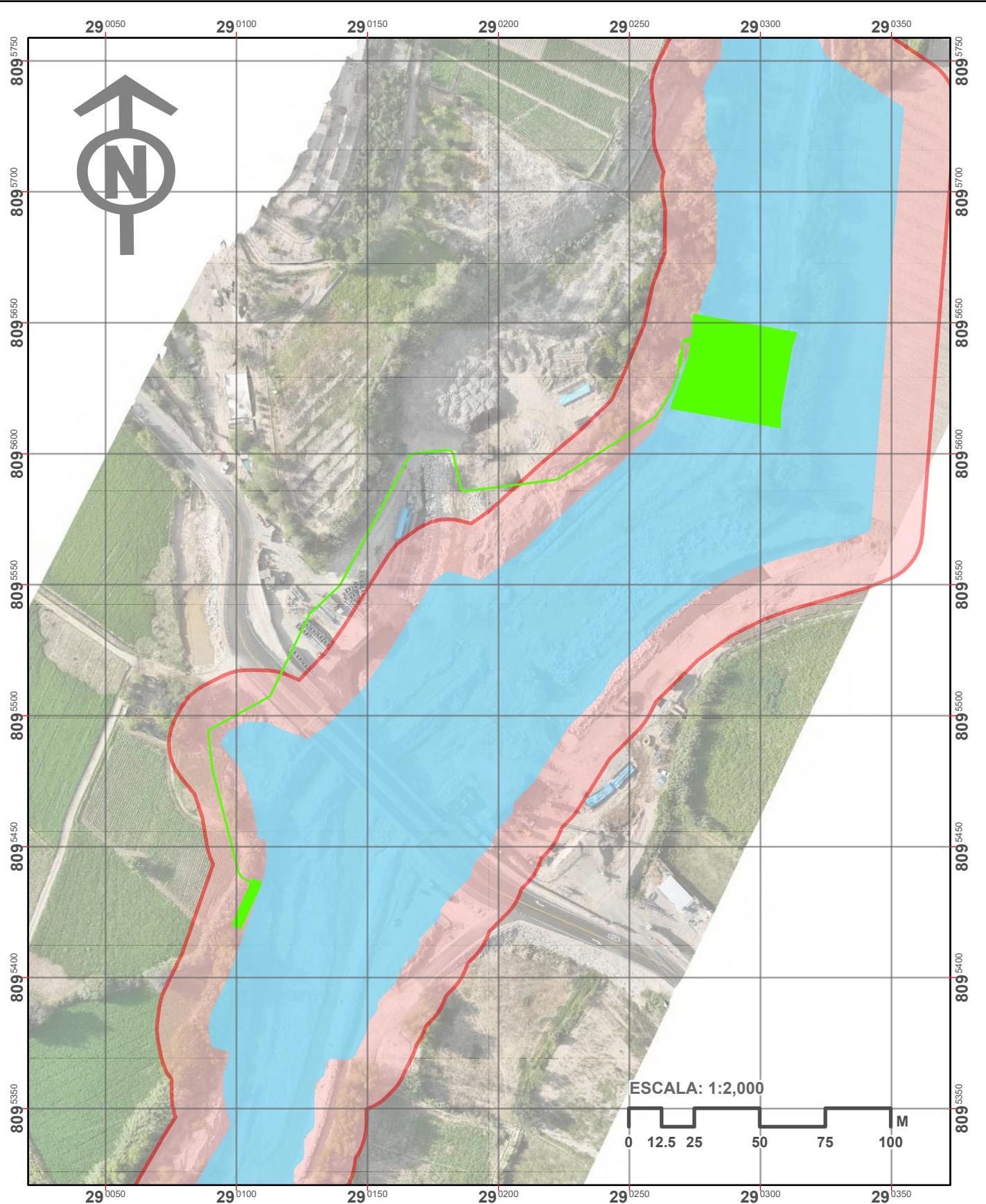
LEYENDA	PLANO	PROYECTO:	EVALUADOR DE RIESGO:
BOCATOMA CANAL PROYECTADO DESARENADOR TIPO DE SUELO SEGUN SUCS GC GP GP-GM	U-1	PROYECTO: IOARR: "REPARACIÓN DE BOCATOMA Y CANAL; EN EL(LA) SISTEMA DE RIEGO EMBUDO EXLEMBUR DISTRITO DE SAN ANTONIO, PROVINCIA MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO MOQUEGUA	 EVALUADOR DE RIESGO: ING. VERCELLI RAMOS CCAPACCA EVALUADOR DE RIESGO R.J. N° 00122-2022-CENEPRED/J CIP. N° 155355
	REGIÓN: MOQUEGUA	PROVINCIA: MARISCAL NIETO	DISTRITO: SAN ANTONIO
	PROYECCIÓN UTM ZONA 19S, DATUM WGS 84, CUADRICULA K		





EVALUADOR DE RIESGO:

ING. VERCELLI RAMOS CCAPACCA
EVALUADOR DE RIESGO
R.J. N° 00122-2022-CENEPRED/J
CIP. N° 155355



LEYENDA

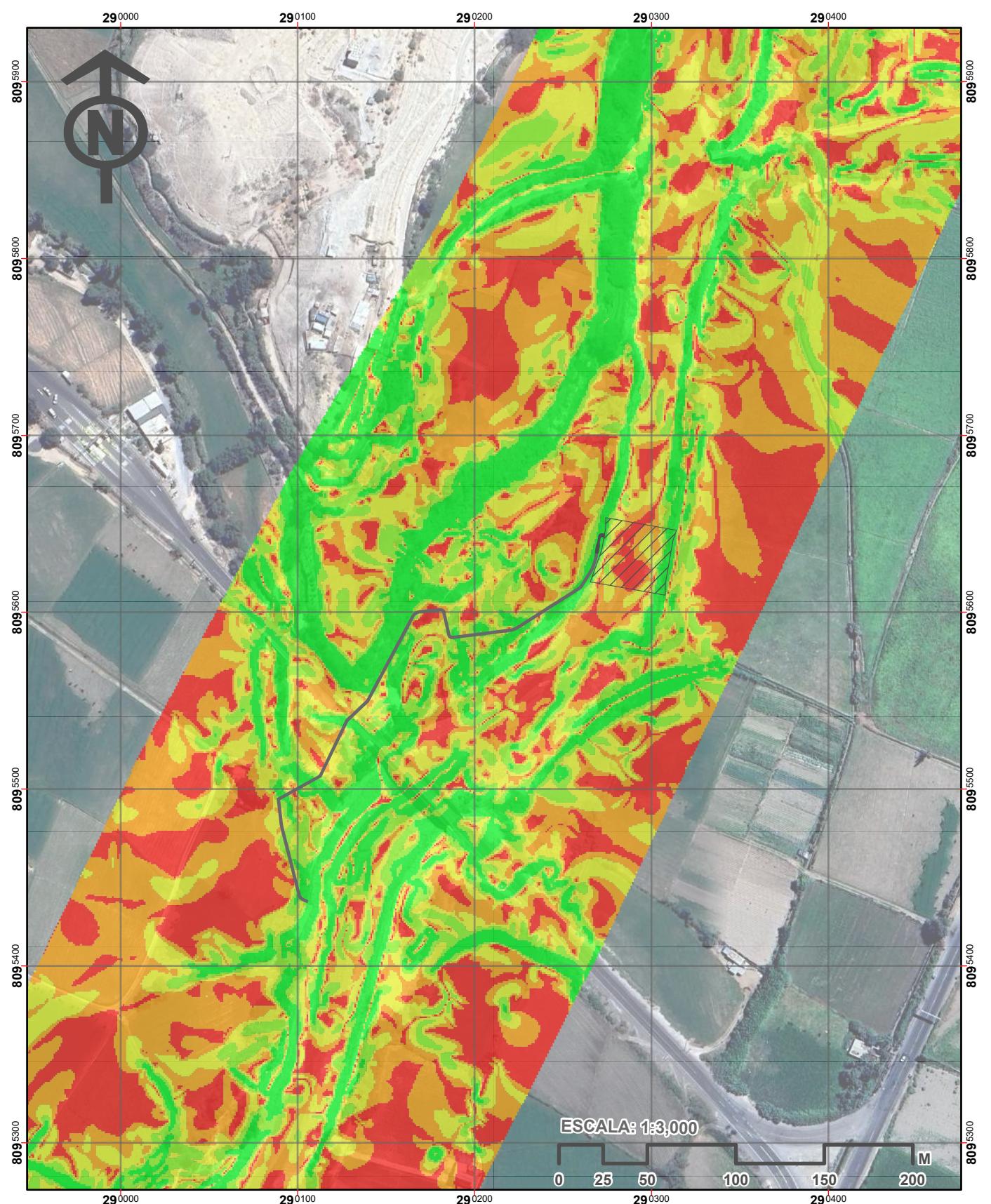
- Elementos Vulnerables
- Área de influencia del peligro
- Area de influencia del peligro

PROYECTO:

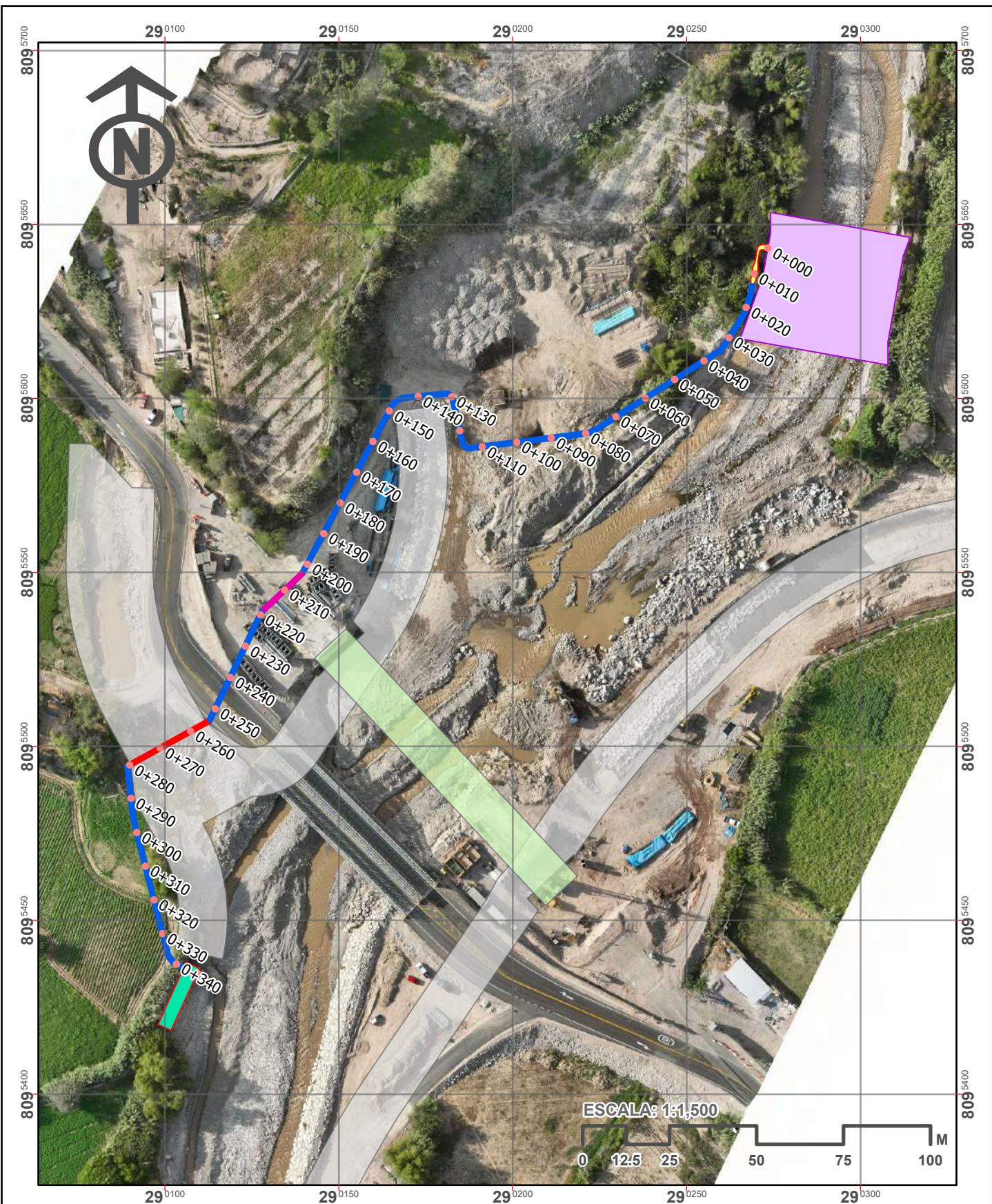
IOARR: "REPARACIÓN DE BOCATOMA Y CANAL; EN EL(LA) SISTEMA DE RIEGO EMBUDO EXLEMBUR DISTRITO DE SAN ANTONIO, PROVINCIA MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO MOQUEGUA



ING. VERCCELLI RAMOS CACAPACCA
EVALUADOR DE RIESGO
R.J. N° 00122-2022-CENEPRED/J
CIP. N° 155355



LEYENDA	LÁMINA:	MAPA:	EVALUADOR DE RIESGO:
BOCATOMA CANAL PROYECTADO Pendientes Muy alto: 0-1.5° Alto: >1.5-3° Medio: >3-6° Bajo: >6-12° Muy bajo: >12°	PN-1	MAPA DE PENDIENTES PROYECTO: IOARR: "REPARACIÓN DE BOCATOMA Y CANAL; EN EL(LA) SISTEMA DE RIEGO EMBUDO EXLEMBUR DISTRITO DE SAN ANTONIO, PROVINCIA MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO MOQUEGUA REGIÓN: MOQUEGUA PROVINCIA: MARISCAL NIETO DISTRITO: SAN ANTONIO PROYECCIÓN UTM ZONA 19S, DATUM WGS 84, CUADRICULA K	 ING. VERCELLI RAMOS CCPACCCA EVALUADOR DE RIESGO R.J. N° 00122-2022-CENEPRED/J CIP. N° 155355



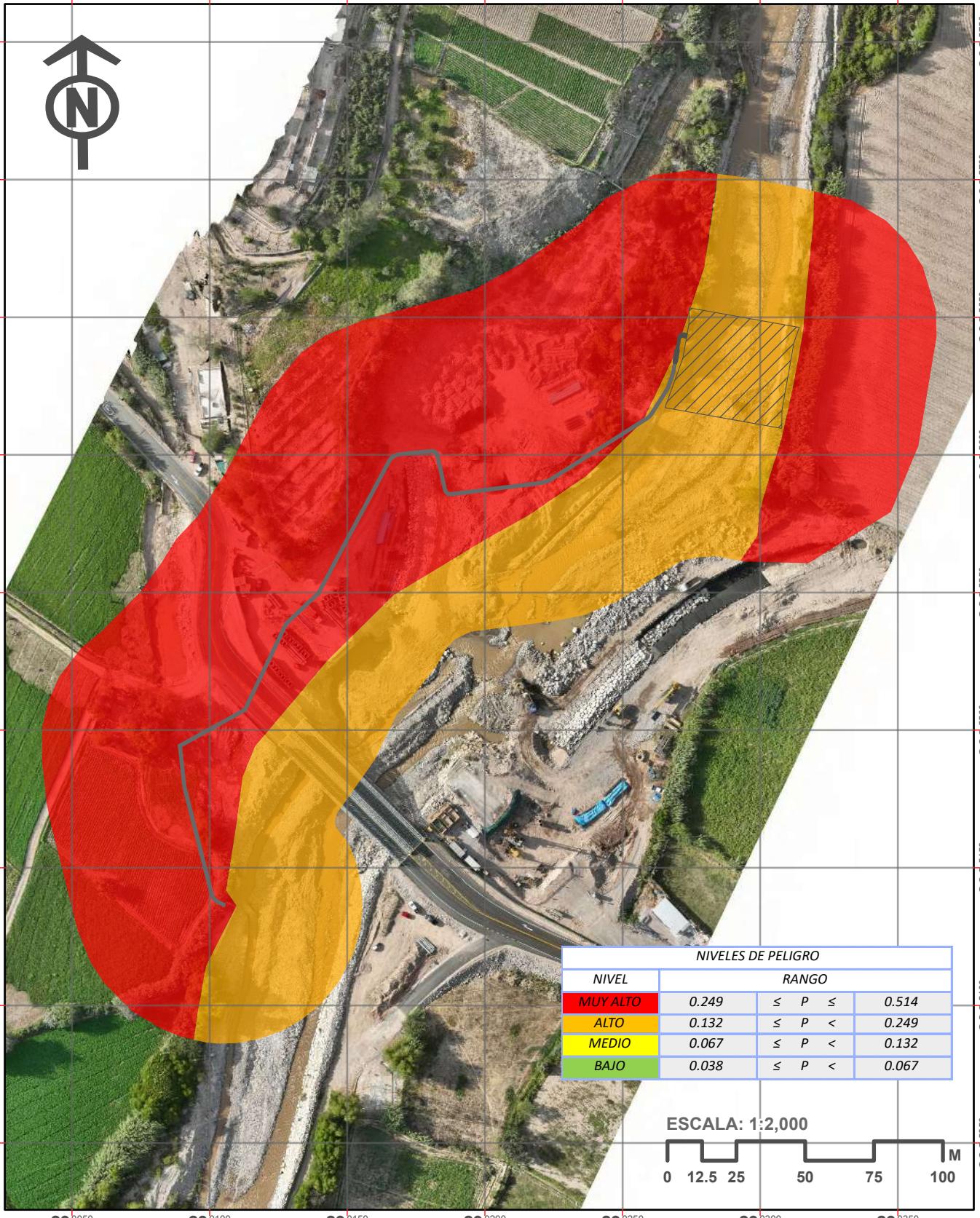
LEYENDA	LÁMINA:	MAPA:	EVALUADOR DE RIESGO:
<ul style="list-style-type: none"> ■ PUENTE PROYECTADO MTC ■ ENRROCADO PROYECTADO MTC ■ ESTRUCTURA EXISTENTE MC ■ DESARENADOR PROYECTADO ■ BOCATOMA PROYECTADO ■ Canal de conducción ■ Acueducto ■ Canal de concreto ■ Cruce de vía 	EE-1	MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTOS	 <p>ING. VERCELLI RAMOS CCAPACCA EVALUADOR DE RIESGO R.J. N° 00122-2022-CENEPRED/J CIP. N° 155355</p>



29 0050 29 0100 29 0150 29 0200 29 0250 29 0300 29 0350

809 5750
809 5700
809 5650
809 5600
809 5550
809 5500
809 5450
809 5400
809 5350

809 5750
809 5700
809 5650
809 5600
809 5550
809 5500
809 5450
809 5400
809 5350



LEYENDA

- BOCATOMA
- CANAL PROYECTADO
- DESARENADOR
- NIVEL DE PELIGRO
- MUY ALTO
- ALTO

LÁMINA:

P-1

MAPA:

MAPA DE PELIGRO POR SISMO

PROYECTO:

IOARR: "REPARACIÓN DE BOCATOMA Y CANAL; EN EL(LA) SISTEMA DE RIEGO EMBUDO EXLEMBUR DISTRITO DE SAN ANTONIO, PROVINCIA MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO MOQUEGUA

REGIÓN: MOQUEGUA

PROVINCIA: MARISCAL NIETO

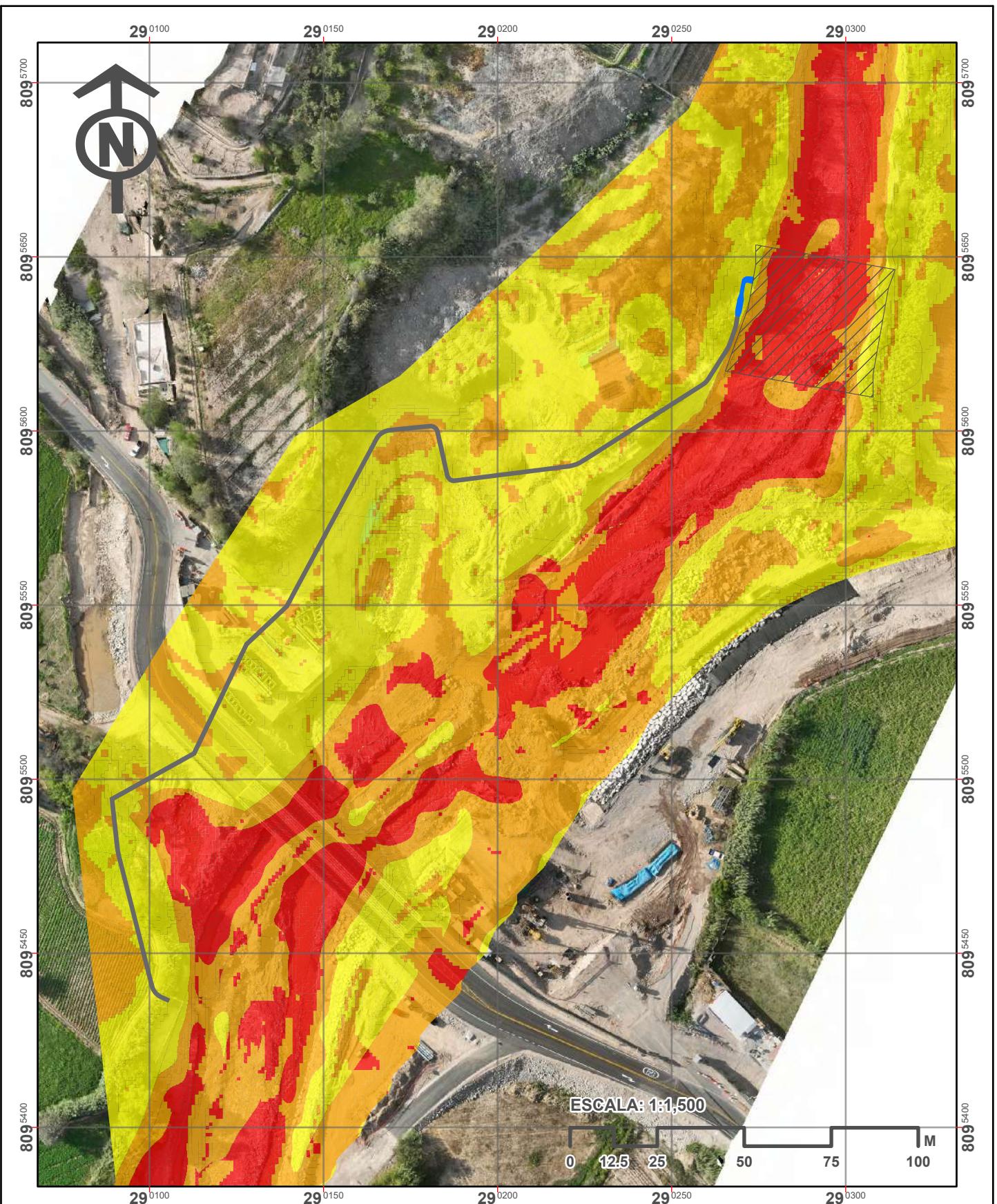
DISTRITO: SAN ANTONIO

PROYECCIÓN UTM ZONA 19S, DATUM WGS 84, CUADRICULA K

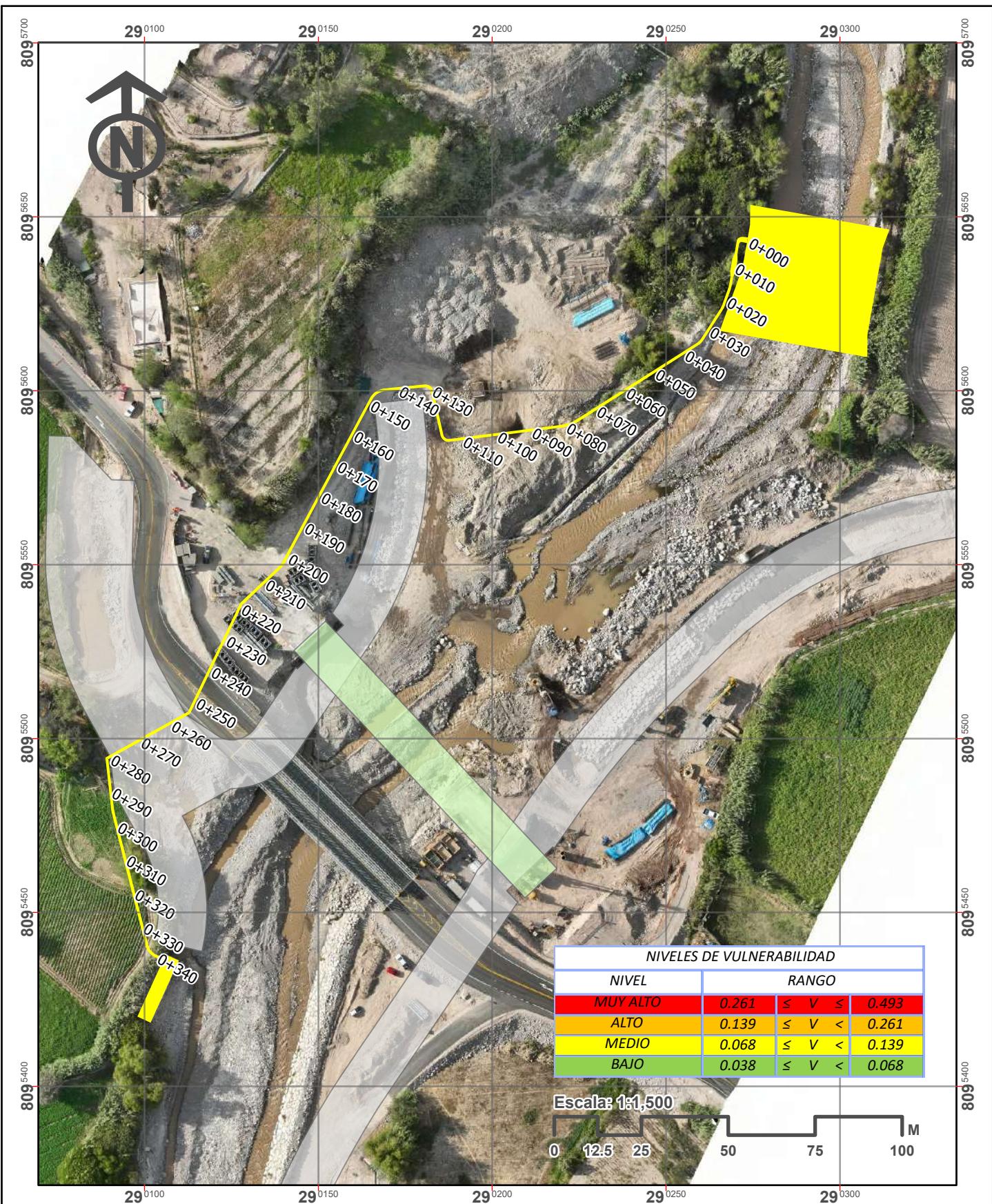
EVALUADOR DE RIESGO:



ING. VERCCELLI RAMOS CCAPACCCA
EVALUADOR DE RIESGO
R.J. N° 00122-2022-CENEPRED/J
CIP. N° 155355

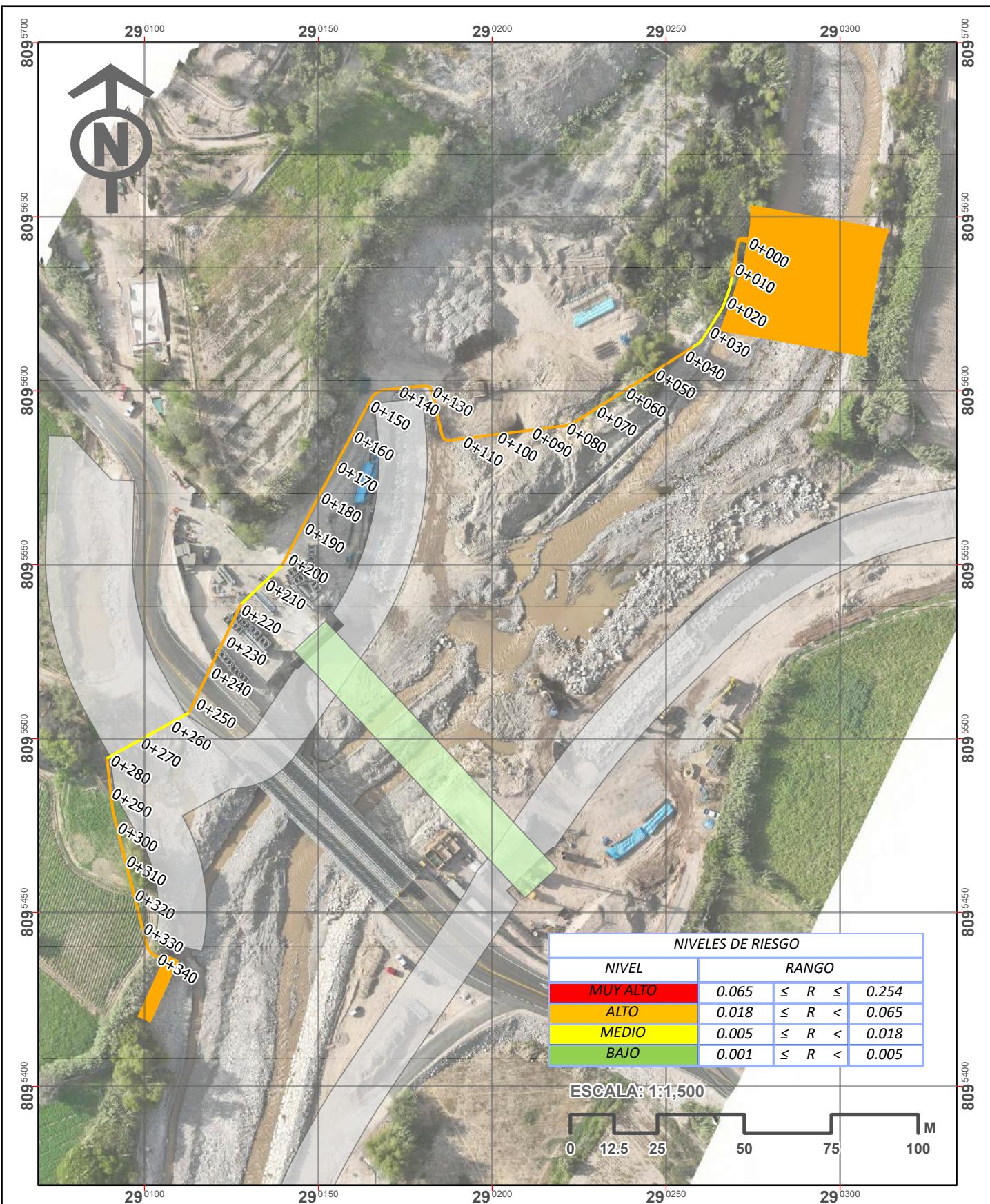


LEYENDA	LÁMINA:	MAPA: MAPA DE PELIGRO POR INUNDACIÓN FLUVIAL	EVALUADOR DE RIESGO:
■ BOCHATOMA ■ CANAL PROYECTADO ■ DESARENADOR Nivel de peligro ■ MUY ALTO ■ ALTO ■ MEDIO	P-2	PROYECTO: IOARR: "REPARACIÓN DE BOCHATOMA Y CANAL; EN EL(LA) SISTEMA DE RIEGO EMBUDO EXLEMBUR DISTRITO DE SAN ANTONIO, PROVINCIA MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO MOQUEGUA	 ING. VERCCELLI RAMOS CCAPACCA EVALUADOR DE RIESGO R.J. N° 00122-2022-CENEPRED/J CIP. N° 155355
	REGIÓN: MOQUEGUA	PROVINCIA: MARISCAL NIETO	DISTRITO: SAN ANTONIO
	PROYECCIÓN UTM ZONA 19S, DATUM WGS 84, CUADRICULA K		

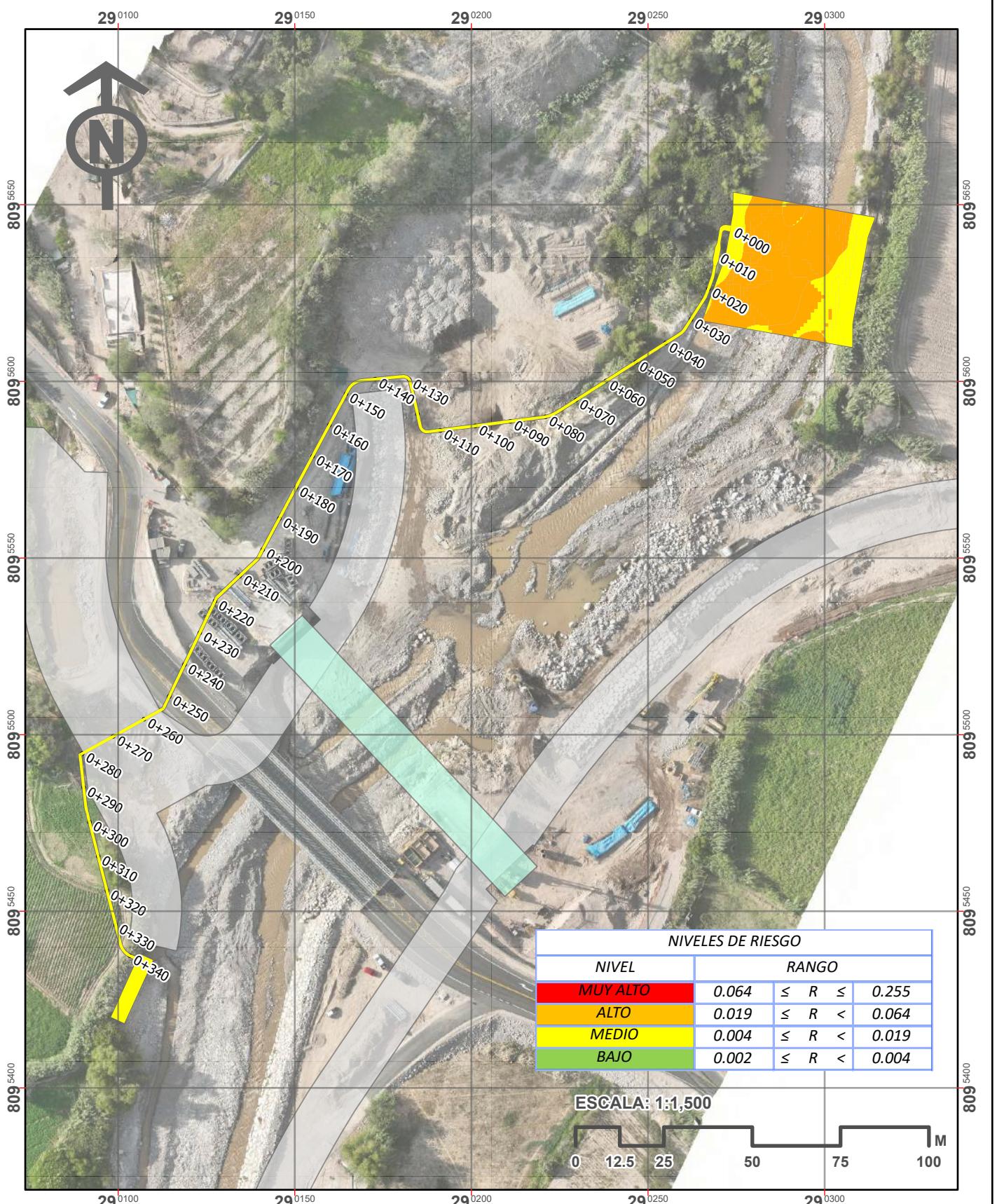


EVALUADOR DE RIESGO:

ING. VERCELLI RAMOS CCAPACCA
EVALUADOR DE RIESGO
R.J. N° 00122-2022-CENEPRED/J
CIP. N° 155355



LEYENDA	LÁMINA: R-1	MAPA: MAPA DE NIVEL DE RIESGO POR SISMO	EVALUADOR DE RIESGO:
<ul style="list-style-type: none"> PUENTE PROYECTADO MTC ENRROCADO PROYECTADO MTC Nivel de riesgo ALTO MEDIO 		PROYECTO: IOARR: "REPARACIÓN DE BOCHATOMA Y CANAL; EN EL(LA) SISTEMA DE RIEGO EMBUDO EXLEMBUR DISTRITO DE SAN ANTONIO, PROVINCIA MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO MOQUEGUA	 ING. VERCCELLI RAMOS CCPACCCA EVALUADOR DE RIESGO R.J. N° 00122-2022-CENEPRED/J CIP. N° 155355
		REGIÓN: MOQUEGUA PROVINCIA: MARISCAL NIETO DISTRITO: SAN ANTONIO	
		PROYECCIÓN UTM ZONA 19S, DATUM WGS 84, CUADRICULA K	



<u>LEYENDA</u>	LÁMINA:	MAPA:	EVALUADOR DE RIESGO:
<ul style="list-style-type: none"> PUENTE PROYECTADO MTC ENRROCADO PROYECTADO MTC 	R-2	MAPA DE NIVEL DE RIESGO POR INUNDACIÓN FLUVIAL PROYECTO: IOARR: "REPARACIÓN DE BOCATOMA Y CANAL; EN EL(LA) SISTEMA DE RIEGO EMBUDO EXLEMBUR DISTRITO DE SAN ANTONIO, PROVINCIA MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO MOQUEGUA"	 ING. VERCCELLI RAMOS CCPACCCA EVALUADOR DE RIESGO R.J. N° 00122-2022-CENEPRED/J CIP. N° 155355
Nivel de riesgo <ul style="list-style-type: none"> ALTO MEDIO 	REGION: MOQUEGUA	PROVINCIA: MARISCAL NIETO	DISTRITO: SAN ANTONIO
	PROYECCIÓN UTM ZONA 19S, DATUM WGS 84, CUADRICULA K		