

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

ESCUELA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN
AMBIENTAL**



**Evaluación y mitigación del riesgo por inundación pluvial
mediante SIG en el centro poblado de Puerto Pizarro, Tumbes –
2025**

TESIS

**Para optar el Grado académico de Maestra en Ciencias con
mención en Gestión Ambiental**

Autora: Br. Lavalle Cruz, Lady Diana

Tumbes, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL



Evaluación y mitigación del riesgo por inundación pluvial mediante SIG en el centro poblado de Puerto Pizarro, Tumbes – 2025

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Mtro. José Antonio Silva Chávez (presidente)

Mg. Cesar Yoel Feijoo Carrillo (secretario)

Dr. Eber Gines Tafur (Vocal)

Tumbes, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN
AMBIENTAL



**Evaluación y mitigación del riesgo por inundación pluvial
mediante SIG en el centro poblado de Puerto Pizarro, Tumbes –
2025**

**Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido
y forma**

Br. Lavalle Cruz Lady Diana (autora)

Dr. Eber Gines Tafur (Asesor)

ORCID: 0000-0003-0366-4438

Tumbes, 2026

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
Licenciada
Resolución del Consejo Directivo N° 155-2019-SUNEDU/CD
ESCUELA DE POSGRADO
Tumbes – Perú

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Tumbes, a los veintiséis días de junio del dos mil veintiséis, siendo las trece horas, se reunieron mediante la modalidad presencial, en la ciudad Universitaria los miembros del jurado calificador designados con Resolución N° Resolución N° 0583-2025/UNTUMBES-EPG-D, del nueve de octubre dos mil veinticinco 2025, presidido por el **Mg. José Antonio Silva Chávez** e integrado por el **Mg. Cesar Yoel Feijoo Carrillo** (secretario) y el **Dr. Eber Gines Tafur** (vocal y asesor).

Instalado el jurado, se procedió a la evaluación, deliberación y calificación del acto de la sustentación de la tesis titulada: **"Evaluación y mitigación del riesgo por inundación pluvial aplicando SIG en el Centro Poblado de Puerto Pizarro, Tumbes - 2025"**, presentada por la egresada **Br. Lady Diana Lavallo Cruz**, para optar el grado académico de **MAESTRA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL**.

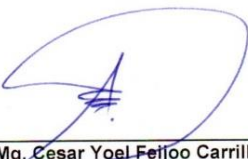
Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte de la sustentante y después de la correspondiente, deliberación el jurado, conforme a lo normado en el artículo N° 111 del Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes, declara a la sustentante *Aprobada* por *Unanimidad* con el calificativo de *BUENO*.

Por lo anterior, la sustentante está apta para iniciar los trámites correspondientes y conducentes a la obtención del grado académico de Maestra en Ciencias con mención en Gestión Ambiental, en conformidad con lo normado en la Ley Universitaria N° 30220, el Texto Único Ordenado del Estatuto, El Reglamento General, el Reglamento General de Grados Títulos y el Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las catorce horas y cinco minutos, del mismo día, se dio por concluido la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia de público asistente.

Tumbes, 26 de junio de 2026.


Mg. José Antonio Silva Chávez
Presidente
DNI: 41013171
ORCID: ORCID: 0000-0001-5763-407X


Mg. Cesar Yoel Feijoo Carrillo
Secretario
DNI: 42766283
ORCID: 0009-0007-6197-123X


Dr. Eber Gines Tafur
Vocal y Asesor
DNI: 17542075
ORCID: 0000-0003-0366-4438

C.c.
Jurado de Tesis (03),
Asesor
Interesado
Unidad de Investigación,
Archivo (Director EPG).

Informe de originalidad Turnitin



Página 1 de 90 - Portada

Identificador de la entrega trn:oid::3117:614165657

Lady Diana Lavalle Cruz TESIS_BCH. LADY LAVALLE_ok

 Evaluación y mitigación del riesgo por inundación pluvial mediante SIG en el centro poblado de Puerto Pizarro, Tumbes – 2025

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid::3117:614165657

Fecha de entrega
13 ago 2026, 17:13 GMT-5

Fecha de descarga
15 ago 2026, 22:31 GMT-5

Nombre del archivo
TESIS_BCH. LADY LAVALLE_ok.docx

Tamaño del archivo
18.6 MB

86 páginas
12.009 palabras
69.709 caracteres



Página 1 de 90 - Portada

Identificador de la entrega trn:oid::3117:614165657

8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Exclusiones

- N.º de fuente excluida

Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2019-10-17	<1%
2	Internet	sigrid.cenepred.gob.pe	<1%
3	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2025-07-23	<1%
4	Internet	docplayer.es	<1%
5	Internet	regiontumbes.gob.pe	<1%
6	Internet	hdl.handle.net	<1%
7	Internet	bjopm.emnuvens.com.br	<1%
8	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte on 2024-07-01	<1%
9	Internet	www.anea.org.mx	<1%
10	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Piura on 2023-10-11	<1%
11	Publicación	Víctor S.G. Baptista, Víctor Hugo R. Coelho, Guillaume F. Bertrand, Gustavo B.L. da...	<1%



12	Internet	sil.gobernacion.gob.mx	<1%
13	Trabajos del estudiante	Organismo de Evaluación y Fiscalización on 2023-08-05	<1%
14	Trabajos del estudiante	Colegio Santa Maria Marianistas on 2026-05-03	<1%
15	Internet	repositorio.upn.edu.pe	<1%
16	Trabajos del estudiante	Universidad Pontificia Bolivariana on 2025-05-20	<1%
17	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Piura on 2026-03-24	<1%
18	Internet	gdocu.upv.es	<1%
19	Trabajos del estudiante	uncedu on 2025-01-10	<1%
20	Internet	repositorio.upt.edu.pe	<1%



DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi madre, Rosario Gianina Cruz Agurto, que me ha sido mi fortaleza, mi ejemplo a seguir, las que me enseña a no rendirme y a siempre ser mi mejor versión.

A mi hermano, Jhon Jesús Lavalle Cruz, el cual me motiva y me alienta a superarme por todas las metas que tenemos desde niños, porque juntos queremos darle a nuestra madre la vida que se merece por todo el esfuerzo y amor que nos da, mi hermano el cual es para mí un tesoro de Dios todopoderoso.

A mi novio, el cual desde que lo conocí me ha brindado su apoyo incondicional, el cual me apoya, comprende y hace lo posible por alegrar mis días junto a él, hace que cada meta que me trazo no sea difícil de alcanzar.

A mi familia por tanto amor y apoyo desde niña hasta la actualidad, los amo.

GRADECIMIENTO

A Dios, mi amado, el que me da la vida, salud y fuerzas para seguir adelante y alcanzar mis metas.

A mi segunda mamá, Miriam Agurto Zegarra, porque es mi segunda madre y nunca nos ha dejado solos, siempre ha estado para cada uno de sus hijos y en especial para mí, su nieta amada.

A mi asesor por su apoyo durante la elaboración de mi tesis, es un docente de alto prestigio que impulsa a seguir creciendo profesionalmente y a nunca ser conformistas.

A mi alma mater por todas las enseñanzas brindadas y los buenos recuerdos que tengo grabados en mí.

INDICE

	Página
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
CAPITULO I	19
INTRODUCCION	19
CAPITULO II	21
REVISION DE LITERATURA	21
2.1. ANTECEDENTES	21
2.2. BASES TEÓRICAS- CIENTÍFICAS	22
2.3. DEFINICIO DE TERMINOS BASICOS	28
CAPITULO III	31
PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS	31
3.1. Localización espacial	31
3.2. Los linderos	32
3.3. Lugar de ejecución	32
3.4. Caminos de ingreso	33
3.5 Aspectos físicos	37
CALCULO DEL RIESGO	80
CONTROL DEL RIESGO	84
PROPUESTA DE MITIGACION	86
MEDIDAS DE MITIGACION	86
CAPITULO IV	114
RESULTADOS Y DISCUSIONES	114
4.1. RESULTADOS	114
4.2. DISCUSION	115
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	118
ANEXOS	121

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Umbrales de precipitación- Estación El Tigre	47
Tabla 2. Umbrales de precipitación- Estación El Tigre	48
Tabla 3. Análisis de la susceptibilidad del territorio	56
Tabla 4. Factores condicionantes.....	57
Tabla 5. Geomorfología	57
Tabla 6. Pendiente	58
Tabla 7. Geología	59
Tabla 8. Factores desencadenantes	59
Tabla 9. Precipitación	60
Tabla 10. Parámetro de evaluación	60
Tabla 11. Frecuencia.....	61
Tabla 12. Niveles de peligro	61
Tabla 13. Estratificación del peligro	62
Tabla 14. Exposición social.	64
Tabla 15. Cantidad de personas que habitan en el lote	64
Tabla 16. <i>Fragilidad social</i>	65
Tabla 17. <i>Acceso a los servicios básicos dentro de la zona de estudio</i>	65
Tabla 18. Resiliencia social	66
Tabla 19. Aptitud frente al riesgo.....	66
Tabla 20. Capacitación en temas de gestión de riesgos.....	67
Tabla 21. <i>Exposición económica</i>	68
Tabla 22. Cercanía a cuerpos de agua	68
Tabla 23. Fragilidad económica.....	69
Tabla 24. Material predominante.....	69
Tabla 25. Estado de conservación de la edificación	70
Tabla 26. <i>Resiliencia económica</i>	71
Tabla 27. <i>Implementación del RNE en la construcción de viviendas</i>	71
Tabla 28. <i>Implementación de sistemas de drenaje deficientes</i>	72
Tabla 29. Exposición ambiental	73
Tabla 30. Disposición de RRSS	74
Tabla 31. Fragilidad ambiental	74
Tabla 32. Disposición de RRSS	75
Tabla 33. Generación de RRSS	75
Tabla 34. Resiliencia ambiental	76

Tabla 35. Conocimiento en temas ambientales	76
Tabla 36. Manejo de residuos solidos	77
Tabla 37. Niveles de vulnerabilidad	77
Tabla 38. Matriz de riesgo por Inundación Pluvial.....	81
Tabla 39. <i>Matriz de riesgo</i>	81
Tabla 40. <i>Matriz para determinar los valores del riesgo</i>	81
Tabla 41. Valoración de las consecuencias.....	84
Tabla 42. <i>Valoración de la frecuencia de ocurrencia</i>	84
Tabla 43. <i>Nivel de consecuencia y daño</i>	85
Tabla 44. <i>Nivel de aceptabilidad y tolerancia</i>	85

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación geográfica del área de influencia.....	31
Figura 2. Ubicación Geodesia del tramo de estudio.....	32
Figura 3. Delimitación del lugar de ejecución.....	33
Figura 4. Accesibilidad a la zona del proyecto	34
Figura 5. Vista de la zona de estudio	34
Figura 6. Vista de zona inundable del centro poblado de Puerto Pizarro	35
Figura 7. Mapa de ubicación de la zona de estudio	36
Figura 8. Mapa Geológico del área	39
Figura 9. Mapa Geomorfológico del área	41
Figura 10. Mapa de pendientes.....	43
Figura 11. Clasificación climática del distrito de Tumbes	44
Figura 12. Curva de ajuste Log Normal 2 parámetros.....	47
Figura 13. Metodología general para determinar el nivel de peligrosidad	49
Figura 14. Área de estudio	50
Figura 15. Susceptibilidad a inundación pluvial.....	52
Figura 16. Terreno donde se emplazará la infraestructura.....	53
Figura 17. Ambientes expuestos alrededor del área de estudio.....	54
Figura 18. Caseta de bombeo expuesta a deterioro por la falta de mantenimiento.	55
Figura 19. Colmatación de quebrada por depósito de residuos sólidos, desagüe, malezas.....	55
Figura 20. Inundación por intensas lluvias en varias calles del centro poblado de Puerto Pizarro.....	55
Figura 21. Evidencia del aislamiento en el que se encuentran las viviendas al ser inundadas por la lluvia.	56
Figura 22. Mapa de peligro por Inundación Pluvial	62
Figura 23. Metodología general para determinar la vulnerabilidad.....	63
Figura 24. Flujograma general para el análisis de la dimensión social	64
Figura 25. Flujograma para el análisis de la dimensión económica	68
Figura 26. Flujograma de dimensión ambiental para determinar vulnerabilidad. .	73
Figura 27. Mapa de vulnerabilidad	79
Figura 28. Metodología para determinar el riesgo.....	80

Figura 29. Mapa del Riesgo por Inundación Pluvial	82
Figura 30. Mapa del Riesgo por Inundación Pluvial	83
Figura 31. Plano General de Pavimentación vial y secciones.	86
Figura 32. Plano de curvas de nivel y delimitación de zonas de riesgo por inundación pluvial	87
Figura 33. Plano de dirección de flujos y puntos de desfogue N° 01 al N° 05.....	88
Figura 34. Plano de delimitación de áreas tributarias de aporte pluvial	88

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Tablas de matrices	121
Anexo 2. Matriz de riesgo.....	123
Anexo 3. Panel fotográfico	124

RESUMEN

La presente investigación, titulada “Evaluación y mitigación del riesgo por inundación pluvial mediante SIG en el centro poblado de Puerto Pizarro, Tumbes-2025”, tuvo como objetivo evaluar el riesgo por inundación pluvial en el centro poblado de Puerto Pizarro mediante la integración de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el Proceso Jerárquico Analítico (AHP) y proponer alternativas de reducción de impacto ante intensas precipitaciones. A partir de la ponderación de factores condicionantes, desencadenantes, parámetros de evaluación, variables físicas, socioeconómicas y ambientales, se elaboró la cartografía de peligro, vulnerabilidad y riesgo, identificándose sectores de riesgo alto y muy alto, así como zonas no mitigables. Para contrarrestar esta vulnerabilidad- intensificada por la baja topografía costera y el drenaje deficiente, se formuló una propuesta integral de mitigación que combina medidas estructurales (pavimentación, red de canalización pluvial, buzones y una estación de bombeo con motobombas de 100 hp hacia el mar) y no estructurales (sistemas de alerta temprana, capacitación ciudadana y ordenamiento territorial). Se concluye que la metodología aplicada es altamente replicable en el litoral peruano y constituye un instrumento técnico indispensable para la gestión del riesgo municipal, delimitando zonas no habitables y promoviendo un desarrollo urbano seguro y adaptado al cambio climático, los resultados reafirman la efectividad del enfoque metodológico del CENEPRED y ofrecen un modelo de gestión del riesgo y la planificación urbana sostenible en zonas costeras expuestas al cambio climático.

Palabras claves: mitigación del riesgo, sistemas de información geográfica (SIG), inundación, proceso jerárquico de análisis (AHP), peligro, vulnerabilidad, riesgo, gestión del riesgo, CENEPRED.

ABSTRACT

This research, entitled “Assessment and Mitigation of Rainfall Risk Using GIS in the Town of Puerto Pizarro, Tumbes - 2025,” aimed to assess the risk of rainfall in the town of Puerto Pizarro by integrating Geographic Information Systems (GIS) and the Analytic Hierarchy Process (AHP), and to propose impact reduction alternatives in the face of intense rainfall. Based on the weighting of conditioning and triggering factors, evaluation parameters, and physical, socioeconomic, and environmental variables, hazard, vulnerability, and risk maps were developed, identifying high- and very-high-risk areas, as well as zones where mitigation is not possible. To counteract this vulnerability—exacerbated by the low coastal topography and poor drainage—a comprehensive mitigation proposal was formulated, combining structural measures (paving, a stormwater drainage network, catch basins, and a pumping station with 100 hp motor pumps discharging into the sea) and non-structural measures (early warning systems, community training, and land-use planning). The study concludes that the applied methodology is highly replicable along the Peruvian coast and constitutes an indispensable technical tool for municipal risk management, delimiting uninhabitable zones and promoting safe urban development adapted to climate change. The results reaffirm the effectiveness of CENEPRED's methodological approach and offer a model for risk management and sustainable urban planning in coastal areas exposed to climate change.

Keywords: risk mitigation, geographic information systems (GIS), flooding, analysis hierarchical process (AHP), hazard, vulnerability, risk, risk management, CENEPRED.

CAPITULO I

INTRODUCCION

A nivel global, las inundaciones se han consolidado como un desafío ambiental prioritario, impulsado por el cambio climático y la urbanización desorganizada en los litorales. En IPCC (2023) advierte que la convergencia entre eventos climáticas extremos, el aumento del nivel del mar y la impermeabilización del suelo incrementa el riesgo en poblaciones costeras y estuarinas. Asimismo, autores como (Meerow et al (2019) y Hoque et. (2021), argumental que la falta de planificación urbana reduce la infiltración natural del terreno y satura las infraestructuras de drenaje insuficientes, provocando anegamientos crónicos.

Para Latinoamérica, el impacto socioeconómico de estas inundaciones es crítico dada la concentración de asentamientos en áreas vulnerables. Evidencia recolectada en naciones como Ecuador, Colombia y Brasil confirma que el binomio entre el crecimiento demográfico acelerado y ocupación de zonas de riesgo debilita la resiliencia urbana frente a la crisis climática (Hardoy & Pandiella, 2009; Hernández- Medina et. al. 2022). Ante esto, la literatura científica sugiere el uso de herramientas geoespaciales del territorio y la planificación adaptativa (Chen et al. 2020, Mahmoud & Gan, 2018).

Las debilidades de planificación y las carencias estructurales en los municipios del litoral norte del Perú se hacen evidentes con la llegada de las perturbaciones climáticas vinculadas a El Niño. Específicamente, las precipitaciones extremas asociadas a las crisis climáticas de 2017 y 2023 derivaron en colapsos urbanos por anegamiento, afectando gravemente la movilidad, los servicios públicos y los sectores productivos. Como respuesta institucional, el Estado peruano, mediante el Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres insta a vincular las políticas de adaptación climática y los planes de desarrollo territorial con la gestión preventiva y remedial del riesgo, en cumplimiento con las directrices de la Ley N° 29664 y las políticas nacionales vigentes (PCM, 2021).

En el ámbito local, el centro poblado de Puerto Pizarro reúne características geográficas que elevan su propensión a sufrir desastres por lluvias intensas. La proximidad de la zona urbana al nivel del mar, combinada con la influencia del estuario del río Tumbes y la ocupación desordenada de terrenos planos, propicia escenarios de alta vulnerabilidad. De acuerdo con los diagnósticos oficiales, esta jurisdicción oscila entre rangos de susceptibilidad media y alta, agravándose notablemente en periodos de anomalías meteorológicas. Los anegamientos periódicos resultantes deterioran la infraestructura habitacional y alteran las bases de la economía comunitaria, orientada al turismo y la extracción pesquera artesanal, lo que restringe el desarrollo sostenible de la localidad.

Bajo este marco de trabajo, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los modelos de análisis multicriterio se consolidan como instrumentos metodológicos esenciales para procesar variables de índole topográfica y climática. Su integración permite mapear áreas vulnerables, jerarquizar intervenciones institucionales y robustecer las políticas de gestión del riesgo de desastres y sostenibilidad ambiental. En alineación con este enfoque, la presente investigación evalúa el riesgo por inundación pluvial en el centro poblado de Puerto Pizarro. Mediante la aplicación de SIG y técnicas multicriterio, el estudio busca proponer soluciones de mitigación tanto estructurales como de gestión (no estructurales) que protejan a los habitantes y mejoren la capacidad adaptativa local.

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Mahmoud y Gan (2018), es un estudio publicado en Hydrological Processes (Wiley-Scopus), desarrollaron el cálculo de riesgo por inundación en SIG y análisis multicriterio, integrando variables hidrológicas, topográficas y de uso de suelo. Los investigadores determinaron que la integración de herramientas de modelación hidrológica con técnicas geoespaciales facilitando la delimitación de los sectores con mayor susceptibilidad a inundaciones, contribuyendo a fortalecer los procesos de planificación territorial y al diseño de estrategias orientadas a disminuir los niveles de riesgo ante eventos de desastres.

Chen et al (2020), es una investigación publicada en Journal of Hydrology (Elsevier-Scopus), se aplicaron técnicas de GIS Multicriterio Analysis para evaluar la problemática de anegamiento urbanas en ciudades costeras altamente urbanizadas. Los resultados evidenciaron que la impermeabilización del suelo incrementa considerablemente el flujo superficial del agua y la susceptibilidad de las zonas urbanas ante lluvias intensas.

Asimismo, Hoque et al (2021), en un artículo publicado en Environmental Science and Policy (Elsevier- Scopus), analizaron el impacto de la urbanización costera sobre la susceptibilidad a inundaciones en regiones tropicales. El estudio concluyo que la expansión urbana progresiva, sumada a la insuficiente infraestructura de drenaje pluvial, es uno de los factores determinantes en el incremento del riesgo hidrológico e n ciudades cisternas expuestas al cambio climático.

En relación con la resiliencia climática, Meerow et al. (2019), en la revista Landscape and Urban Planning (Elsevier- Web of Science), destacan que las ciudades resilientes requieren incorporar la gestión del riesgo de desastres, la adaptación climática y la organización territorial sostenible mediante herramientas

de planificación espacial y modelos predictivos orientados a la reducción de vulnerabilidades urbanas.

A nivel nacional, Ccopi- Trucios et al (2023), obtuvieron una evaluación del riesgo de inundaciones fluviales en zonas rurales del Perú, empleando un enfoque semicuantitativo sustentado en el uso de Sistemas de Información Geográfica y análisis multicriterio. Se mostro que el 99, 26% del área de investigación corresponde a un nivel de riesgo alto, el 0,74% presenta un nivel de riesgo muy alto. Estos hallazgos evidencian que las condiciones sociales y ambientales influyen considerablemente en el incremento de la vulnerabilidad territorial ante la ocurrencia de eventos hidrometereológicos extremos.

Asimismo, Flores C. et al (2023), en su investigación titulada: “Propuesta de diseño de una red de drenaje pluvial orientada a disminuir el riesgo de inundaciones en la Junta Vecinal Virgen del Carmen, ubicado en el distrito de Tacna”, emplearon herramientas SIG y la delimitación de microcuencas mediante el software QGIS para plantear el diseño de infraestructura de evacuación pluvial. Los resultados permitieron obtener que los eventos relacionados con el Fenómeno El Niño ocasionan impactos en gran forma en las zonas urbanas, destacando la necesidad de desarrollar sistemas adecuados de drenaje como estrategia de adaptación y disminución de la exposición ante inundaciones.

Por otro lado, Pacherras (2023), en la tesis: “Evaluación del riesgo originado por inundación fluvial en el centro poblado San Jacinto, Tumbes”, aplico herramientas SIG para analizar el riesgo asociado a inundaciones fluviales. El concluyo que el área evaluada presenta elevados niveles de susceptibilidad, asociados principalmente a sus características geomorfológicas y a la cercanía del cauce fluvial.

2.2. BASES TEÓRICAS- CIENTÍFICAS

Inundaciones pluviales urbanas

Los anegamientos en entornos urbanos ocurren cuando la magnitud de las precipitaciones sobrepasa tanto la capacidad de infiltración del terreno como aptitud de las redes de agua pluvial, originando acumulaciones temporales de agua en la

superficie. Este problema técnico está vinculado directamente a la expansión urbana desorganizada, la progresiva pérdida de suelos permeables debido al asfalto y concreto, y el asentamiento humano en llanuras y áreas de escasa inclinación (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014).

Según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (2023), advierte que la crisis climática global ha intensificado y hecho más recurrentes los fenómenos meteorológicos severos, lo cual eleva el peligro al que están expuestas las urbes situadas en litorales y zonas de estuarino. Investigaciones contemporáneas ratifican que los procesos acelerados de urbanización alteran drásticamente el balance hidrológico local; al suprimir las áreas naturales de absorción, se incrementan los caudales de escorrentía superficial y se propician inundaciones crónicas en las ciudades (Chen et al. 2020).

Análisis multicriterio aplicado a inundaciones

El análisis multicriterio constituye una metodología de evaluación espacial utilizada para integrar múltiples variables físicas, ambientales, hidrológicas y socioeconómicas en la identificación de zonas susceptibles a inundaciones. Esta técnica permite analizar simultáneamente diversos factores condicionantes y desencadenantes, facilitando la toma de decisiones territoriales en escenarios complejos (Malczewski, 2006).

En estudios de riesgo por inundación, el análisis multicriterio es ampliamente utilizado debido a su capacidad para combinar variables heterogéneas como pendiente, altitud, uso del suelo, densidad poblacional, precipitación, proximidad de drenajes y capacidad de infiltración. La articulación de estos factores mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) contribuye a elaborar mapas de susceptibilidad, vulnerabilidad y riesgo con un alto grado de precisión territorial.

Diversos estudios publicados en revistas indexadas como Journal of Hydrology y Environmental Modelling & software señalan que el análisis multicriterio mejora significativamente la identificación de áreas críticas de inundación y fortalece los procedimientos de ordenación del territorio y gestión del riesgo (Mahmoud & Gan, 2018).

Método AHP Saaty

Planteado por Thomas Saaty en 1980, el análisis Jerárquico (AHP) es un modelo matemático multicriterio que opera mediante comparaciones binarias para facilitar la toma de decisiones. Su función el modelo ráster permite analizar variables como elevación, pendiente, dirección de flujo, acumulación hídrica y precipitación mediante modelos Digitales de Elevación (MDE). Cada celda contiene un valor numérico asociado a una característica específica del territorio, facilitando operaciones matemáticas y análisis espaciales complejos.

Modelamientos hidrológicos e hidráulico

El modelamiento hidrológico consiste en representar matemáticamente los procesos del ciclo hidrológico con el propósito de estimar caudales, escorrentía superficial y comportamiento de precipitaciones en una cuenca hidrográfica. Por su parte, el modelamiento hidráulico permite recrear el comportamiento del flujo en cauces, canales y zonas inundables.

Según estudios recientes publicados en Hydrological Processes y Journal of Flood Risk Management, la integración de modelos hidrológicos con SIG mejora significativamente la precisión en escenarios de evaluación inundaciones urbanas.

Vulnerabilidad territorial

La vulnerabilidad territorial corresponde al nivel de propensión de una población, infraestructura o esquema ante los efectos adversos de un fenómeno natural. Este concepto integra dimensiones:

- Físicas
- Sociales
- Económicas
- Ambientales
- Institucionales

La vulnerabilidad depende no solo de la exposición al peligro, sino también de las condiciones de fragilidad y capacidad de respuesta del territorio. En ciudades costeras, factores como urbanizaciones informales, deficiente drenaje pluvial, pobreza y limitada planificación urbana incrementa considerablemente la vulnerabilidad frente a inundaciones (Hardoy & Pandiella, 2019).

Resiliencia urbana y adaptación climática

La capacidad urbana refleja en los sistemas urbanos y de sus comunidades para anticipar, resistirse, adaptarse y recuperarse de los efectos ocasionados por fenómenos extremos, preservando la operatividad de sus servicios esenciales y promoviendo procesos de fortalecimiento que contribuya a la disminución sostenida del grado de exposición al daño y al incremento de la preparación para responder ante riesgos futuros. (Meerow et al. 2019).

En el marco del cambio climático, la resiliencia urbana implica:

- Fortalecer infraestructura de drenaje,
- Implementar soluciones basadas en naturales,
- Mejorar planificación territorial,
- Promover sistemas de alerta temprana,
- Incorporar adaptación climática en políticas públicas.

Gestión prospectiva y correctiva del riesgo

La gestión prospectiva del riesgo comprende medidas destinadas a prevenir la aparición de nuevos riesgos mediante planificación territorial, regulación urbana y control crecimiento urbano en zonas expuestas. Por otro lado, la gestión correctiva procura reducir los riesgos ya presentes mediante obras de mitigación, reforzamiento de infraestructuras de áreas vulnerables.

Según con el Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres, ambas estrategias constituyen componentes fundamentales de manejo del Riesgo de

Desastres (GRD), permitiendo fortalecer la sostenibilidad local y la resiliencia urbana ante fenómenos hidrometeorológicos extremos.

Las inundaciones pluviales se producen cuando los volúmenes de precipitación superan el potencial de infiltración del suelo y los sistemas de evacuación superficial existentes, causando acumulaciones temporales de precipitación en áreas urbanas y periurbanas. Este tipo de inundación se caracteriza por su rápida ocurrencia y por estar estrechamente vinculada a las condiciones físicas del terreno y al grado de intervención antrópica del espacio (CENEPRED, 2024).

La posibilidad de un fenómeno se desarrolle en un determinado territorio que se encuentra vinculada al grado de susceptibilidad del área, el cual está influenciado por diversos factores condicionantes y desencadenantes característicos del entorno (CENEPRED, 2015, P. 106).

Respecto a los elementos que influyen, estos se componen de cinco descriptores cuya importancia relativa es establecida empleando el proceso Analítico Jerárquico (AHP) mediante la matriz de Saaty. Por su parte, las causas desencadenantes comprenden aquellos parámetros capaces de generar o activar eventos y condiciones que representen una amenaza dentro de un espacio geográfico específico (CENEPRED, 2015, p.107).

En estudio de vulnerabilidad se basa en la evaluación y cuantificación de los posibles impactos sobre los elementos expuestos frente a un fenómeno geodinámico. Este análisis abarca los impactos generados en la población, la infraestructura, los bienes materiales y los ecosistemas. Bajo esta perspectiva, es imprescindible evaluar las pérdidas probables desde el ámbito social, económico y ambiental, considerando los impactos sobre la comunidad, servicios de salud, sistema educativo, las actividades productivas e infraestructura estratégica, así como sobre los recursos renovables y no renovables (CENPRED, 2015).

La evaluación del riesgo constituye un procedimiento orientado a estimar las pérdidas y daños potenciales que podrían afectar a la población, infraestructura, los bienes materiales y la actividad económica en un contexto espacial y temporal específico. Para ello, se analiza la interdependencia entre la amenaza del evento y

el grado de debilidad de las unidades vulnerables, permitiendo cuantificar el grado de amenaza y las secuelas (CENEPRED, 2015, p. 147).

Amenaza potencial= Factor de riesgo x Debilidad

Las acciones orientadas a atenuar pueden clasificarse en tangibles e intangibles. Las primeras comprenden intervenciones dirigidas al reforzamiento, protección o recuperación de infraestructuras que presentan condiciones de vulnerabilidad, con el propósito de reducir los daños y amparar a los ciudadanos. En cambio, las estrategias se sustentan principalmente en la generación y aplicación del conocimiento, mediante instrumentos como políticas públicas, normas, programas de sensibilización, procesos de capacitación y actividades educativas dirigidas a potenciar (CENEPRED, 2015).

La Administración del Riesgo por Catástrofes representa una dinámica. Potencia las competencias de alistamiento y reacción ante el acontecimiento de eventos adversos, articulándose con las directrices gubernamentales ligadas a los sectores financiero, ecológico, de protección, resguardo y planificación del territorio, bajo parámetros de sustentabilidad. Asimismo, la creación de saber a través de la indagación científica y la producción de información constituye un elemento fundamental para el diseño e implementación de políticas, estrategias y medidas orientadas a la administración del peligro en los distintos estamentos gubernamentales. En ese contexto, tanto el Estado como la sociedad tienen la responsabilidad de contribuir a la salvaguarda de la integridad y las propiedades de la ciudadanía, en conformidad con lo establecido en la Ley N° 29664 (2011, art. 3).

El Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) se establece como un sistema de carácter intergubernamental, autónomo regionalmente y colaborativo, en el que intervienen diferentes disciplinas y estamentos de la administración pública con el propósito de desarrollar una gestión articulada e integral de la amenaza de catástrofes. Esta semana posee como metas primordiales para anticipar la generación de reciente situaciones de peligro, aminorar las ya presentes y potenciar las facultades corporativas y comunitarias vinculadas a la alerta y reacción ante la llegada de catástrofes. De esta manera,

busca promover una actuación coordinada entre las entidades competentes para disminuir los impactos negativos que puedan afectar a la población y al territorio (Ley N° 29664, 2011, art. 1)

2.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

2.3.1. Peligro: Se concibe como la probabilidad de que suceda un evento de origen ambiental con facultad de causar destrozos en un área geográfica específica. Su grado se encuentra fijado por la intensidad, magnitud y frecuencia con la que se presenta el evento, factores que influyen directamente en el grado de afectación que podría sufrir la población, la infraestructura y los bienes expuestos (Manual CENEPRED, V.2.0)

2.3.2. Vulnerabilidad: Corresponde al grado de susceptibilidad de una población, infraestructura o entorno frente a los efectos de un fenómeno peligroso. Su evaluación implica identificar los factores corporales, comunitarios, financieras y ecológicos que aumentan la probabilidad de padecer perjuicios, considerando aspectos como la cercanía a fuentes hídricas, la presencia de zonas críticas y las deficiencias existentes en el territorio (Manage Engine, 2021).

2.3.3. Riesgo: En la consecuencia de la interacción entre el acontecimiento de una amenaza y los estados de fragilidad presentes en un concreto territorio. Representa la contingencia de que se generen fallecimientos, económicos, materiales o ambientales como resultado de un evento adversos (INDECI, 2006).

2.3.4. Mitigación: Comprende el conjunto de tangibles e intangibles ejecutadas con la finalidad de atenuar las catástrofes. En el marco de anegaciones, estas acciones incluyen tanto la ejecución de obras de drenaje e infraestructura hidráulica como la promoción de prácticas de gestión sostenible que contribuyan a reducir los niveles de riesgo (UNISDR, 2009).

2.3.5. Gestión del Riesgo de Desastres: Se refiere al procedimiento ininterrumpido de planificación, aminorar y supervisar los peligros de catástrofes, del mismo modo que a potenciar el alistamiento reacción,

restablecimiento y reedificación frente a la ocurrencia de eventos adversos. Estas acciones involucran de manera coordinada a las autoridades, institucionales y población, conforme a lo establecido en la Ley N° 29664 (Art. 5).

2.3.6. Exhibición ante la amenaza: Alude a la situación en la que se hallan individuos, edificaciones, infraestructura, servicios o actividad económicas debido a su localización dentro de un área susceptible a la ocurrencia de un fenómeno peligroso, lo que eleva la posibilidad de sufrir perjuicios o daños durante la manifestación del evento (Manual EVAR CENEPRED, D V.3.0).

2.3.7. Adaptabilidad: Se entiende como facultad que tienen los ciudadanos y su entorno de subsistencia para encarar, asimilar y reponerse de los estragos de un evento adverso. Esta capacidad se fortalece mediante el apoyo del entorno social, las instituciones y las autoridades competentes; por ello un mayor nivel de resiliencia contribuye a aminorar la fragilidad ante los desastres (Manual EVAR CENEPRED, D V.2.0).

2.3.8. Fragilidad: Corresponde a la condición de una población que presenta un elevado nivel de vulnerabilidad debido a factores sociales, económicos y organizacionales que limitan su capacidad para afrontar y recuperarse de situaciones de emergencia o desastre (Manual EVAR CENEPRED, D V.3.0).

2.3.9. Arc Gis: Es una plataforma informática especializada en plataformas de datos territoriales, utilizada con la finalidad de recopilación, administración, procesamiento, evaluación y mapeo grafico de datos espacial, agilizando la adopción de acuerdos fundamentada en información georreferenciados.

2.3.10. Método de Proceso Analítico Jerárquico (AHP): Constituye un método de soporte para el proceso decisional formulado por Thomas L. Saaty (1980), que posibilita sistematizar complicaciones mediante un esquema jerárquica de metas, pautas y subpautas. Su aplicación se basa en cotejos pareados para establecer la relevancia ponderada de cada parámetro, integrando el criterio de expertos y actores involucrados con el fin de obtener soluciones fundamentales a través de un análisis multicriterio (Loaiza, 2015).

- 2.3.11. Drenaje Pluvial:** Se entiende como la totalidad de construcciones e instalaciones hidráulicas destinadas a recolectar, transportar y desaguar las aguas originadas por precipitaciones, con el propósito de prevenir anegamientos, inundaciones y daños en áreas urbanas y rurales (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2018).
- 2.3.12. Ordenamiento urbano:** Constituye la dinámica de ordenamiento y normativa del empleo y ocupación del suelo urbano, orientado a promover un crecimiento territorial organizado, seguro y sostenible, considerando parámetros especializados, ecológicos, comunitarios y financieros con el adecuado progreso de los núcleos urbanos (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2018).
- 2.3.13. Resiliencia comunitaria:** Alude a la aptitud comunitaria de un grupo humano para anticiparse, enfrentar, asimilarse y reponerse de los efectos generados por fenómenos peligrosos o desastres, garantizando la continuidad de sus funciones esenciales y fortaleciendo sus capacidades para un desarrollo sostenible (ONURD, 2020).
- 2.3.14. Disminución del nivel de amenaza de calamidades.** Comprende la implementación para directrices, estrategia, programas al igual que actividades destinadas con el propósito reducir las condiciones de debilidad y el nivel de exhibición de la ciudadanía, la red de instalaciones y los bienes ante peligros de origen natural o antrópico. Su finalidad es anticipar o minimizar los efectos negativos que puedan generar emergencias, fortaleciendo la seguridad y la capacidad de respuesta respecto al territorio (CENEPRED, 2022).

CAPITULO III

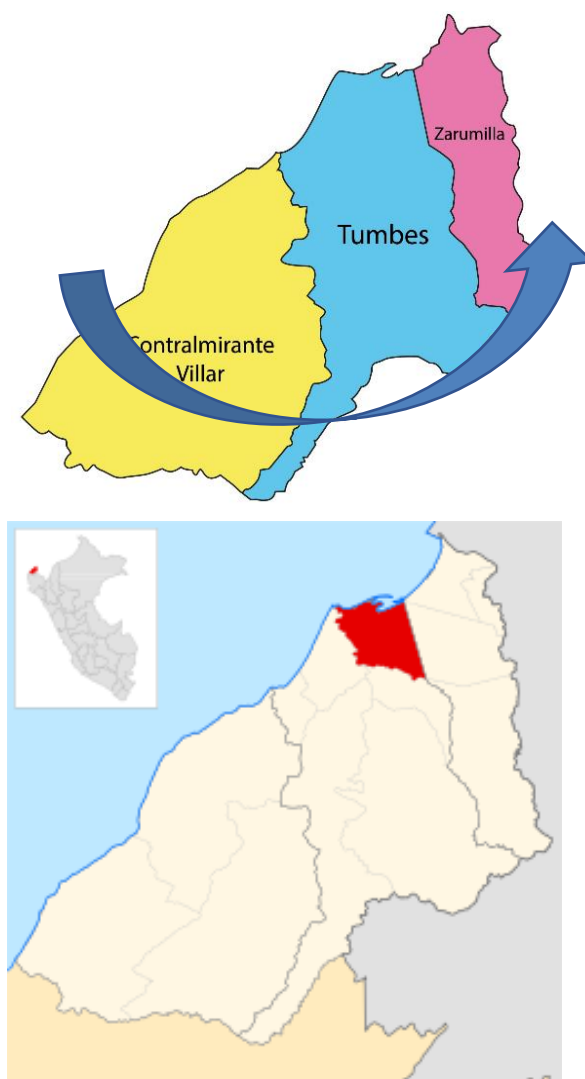
PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

3.1. Localización espacial

La localidad de Puerto Pizarro se localiza en la región norte del Perú, dentro del distrito y provincia de Tumbes, departamento de Tumbes.

Figura 1.

Ubicación geográfica del área de influencia



3.2. Los linderos

La comunidad de Puerto Pizarro se sitúa en la jurisdicción, provincia y departamento de Tumbes. Constituye uno de los principales centros poblados costeros de la región y se caracteriza por su estrecha relación con el ecosistema de los Manglares de Tumbes, importante reserva ecológica del norte del Perú.

Los límites geográficos del centro poblado con los siguientes:

Por el Norte: Con los esteros y áreas de manglar pertenecientes al Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes.

Por el Sur: Con el sector cruce Puerto Pizarro y áreas de expansión urbana vinculadas al distrito de Tumbes.

Por el Este: Con el distrito de Tumbes y zonas urbanas y periurbanas adyacentes.

Por el Oeste: Con los canales de marea, esteros y cuerpos de agua asociados al ecosistema de manglares y al golfo de Guayaquil.

3.3. Lugar de ejecución

El actual estudio se efectúa en el departamento de Tumbes, dentro de la provincia y distrito de Tumbes, teniendo como ámbito de estudio la localidad de Puerto Pizarro. El área analizada se ubica en la jurisdicción de Tumbes y comprende el corredor que conecta de Tumbes con el centro poblado de Puerto Pizarro, abarcando una longitud cercana a los 13,2 km. Desde el punto de vista geográfico, el área de indagación se sitúa en el hemisferio austral del Ecuador y al poniente meridiano de Greenwich, de acuerdo con las referencias cartográficas y el sistema de referencia espacial correspondiente:

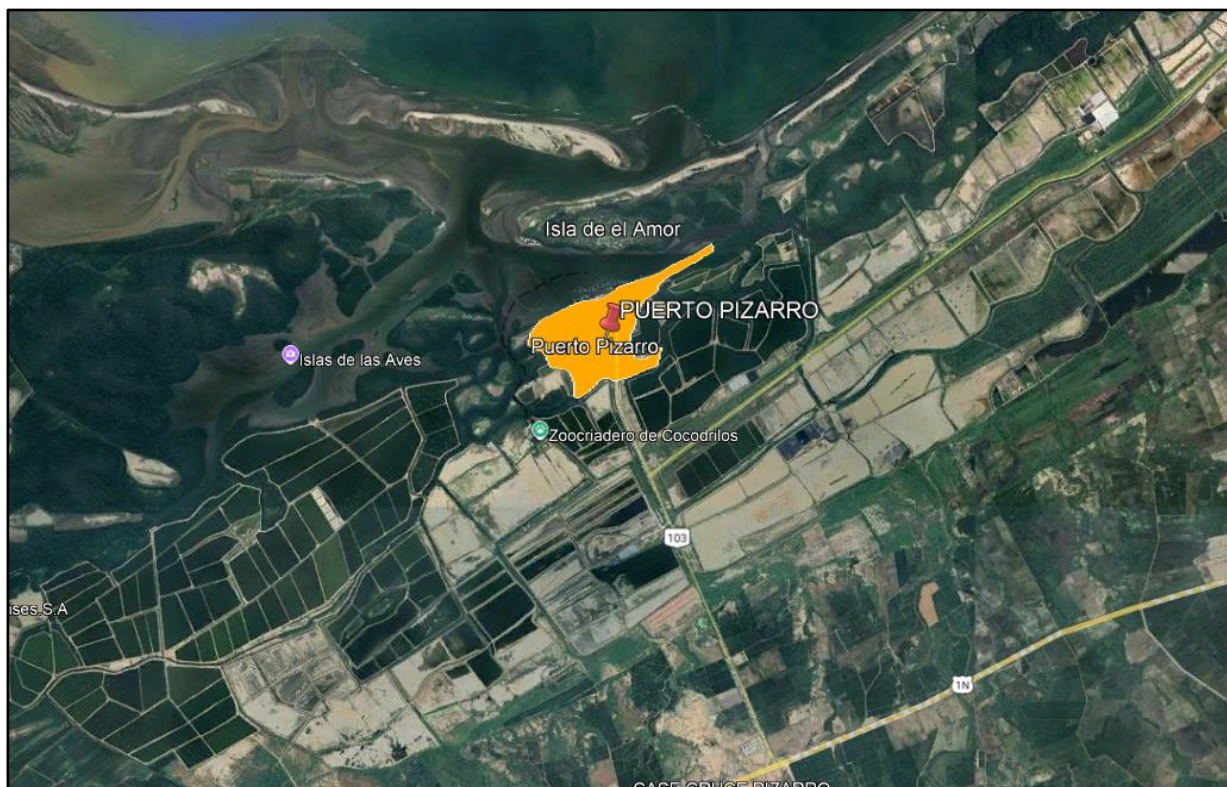
Figura 2.

Ubicación Geodesia del tramo de estudio

Sistema de Georreferenciación	Longitud (Km)	Área (km2)	Este	Norte
UTM- Datum WGS 84- Zona 17 S	5	0.63	567741 m	9612767m

Figura 3.

Delimitación del lugar de ejecución



3.4. Caminos de ingreso

Ruta de entrada terrestre rumbo al centro poblado perteneciente a Puerto Pizarro partiendo de la urbe de Tumbes se efectúa mediante la carretera Tumbes- Puerto Pizarro, infraestructura vial que cuenta con superficie asfaltada y presenta condiciones adecuadas de transpirabilidad y conservación.

Forma parte de la Red Vial Departamental del Perú al mismo tiempo que se encuentra clasificada como Ruta Departamental TU- 105, de acuerdo con el catalogo de Rutas de la Red Vial Nacional, su función principal es enlazar la ciudad de Tumbes con el centro poblado de Puerto Pizarro, favoreciendo la conectividad dentro de la región.

El trayecto tiene una longitud aproximadamente de 13 km, con un tiempo de recorrido estimado entre 15 y 20 minutos en vehículo particular. Debido a su importancia estratégica, constituye la principal vía de comunicación terrestre hacia Puerto Pizarro, permitiendo el desplazamiento de personas y el desarrollo de las labores turísticas, mercantiles y pesqueras de la zona.

Figura 4.

Accesibilidad a la zona del proyecto

Ruta	Distancia (Km)	Tiempo (min)	Tipo de vía
Tumbes Centro Poblado de Puerto Pizarro	13	20	Asfaltada

Figura 5.

Vista de la zona de estudio

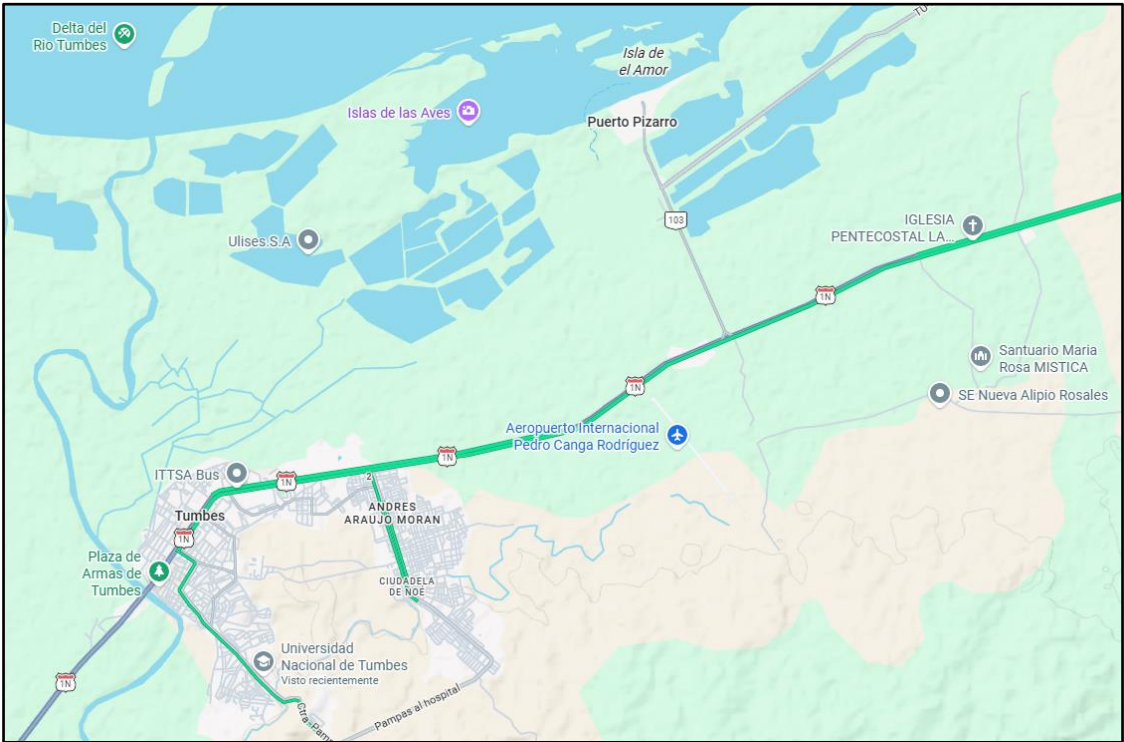


Figura 6.

Vista de zona inundable del centro poblado de Puerto Pizarro

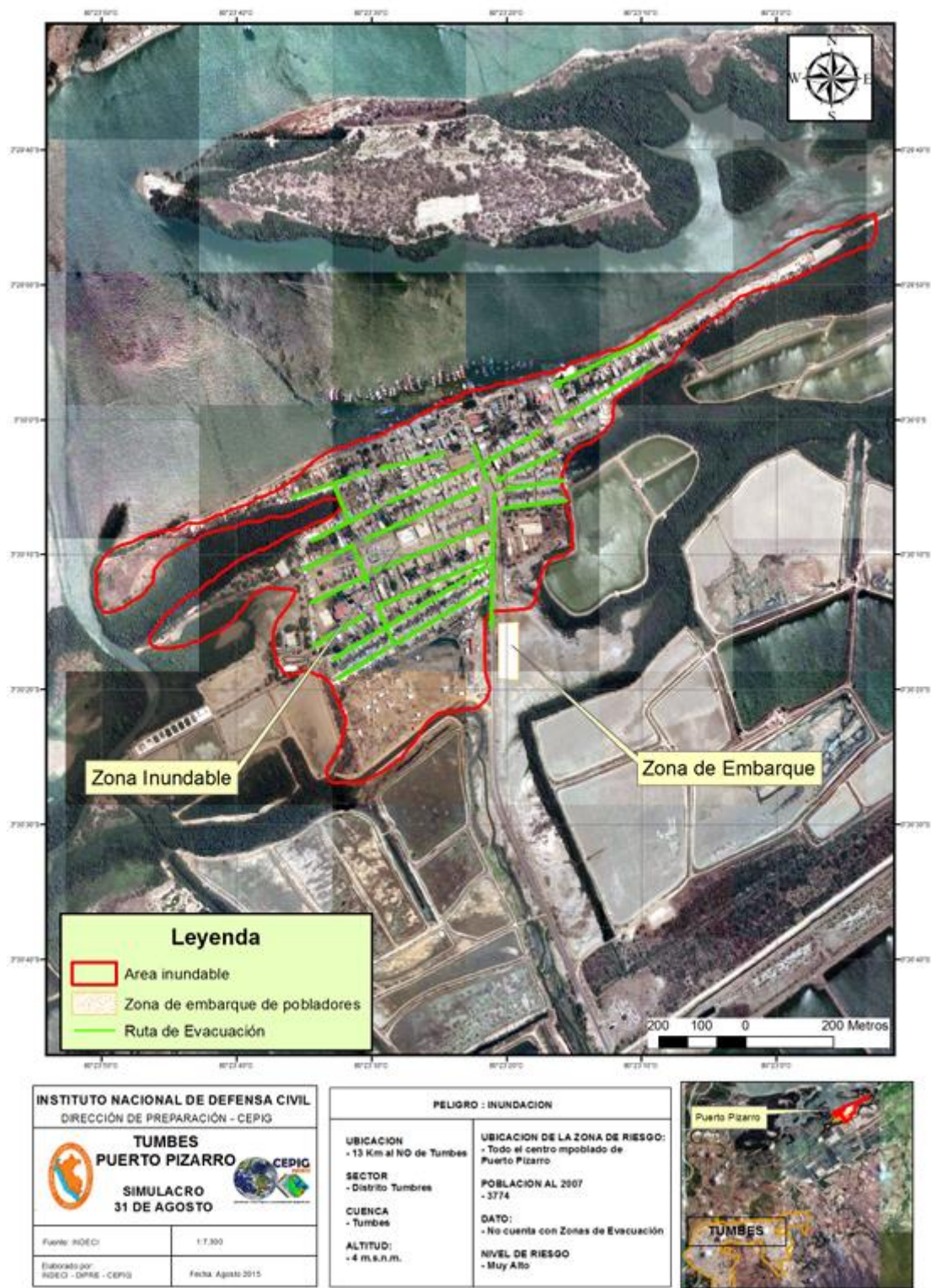
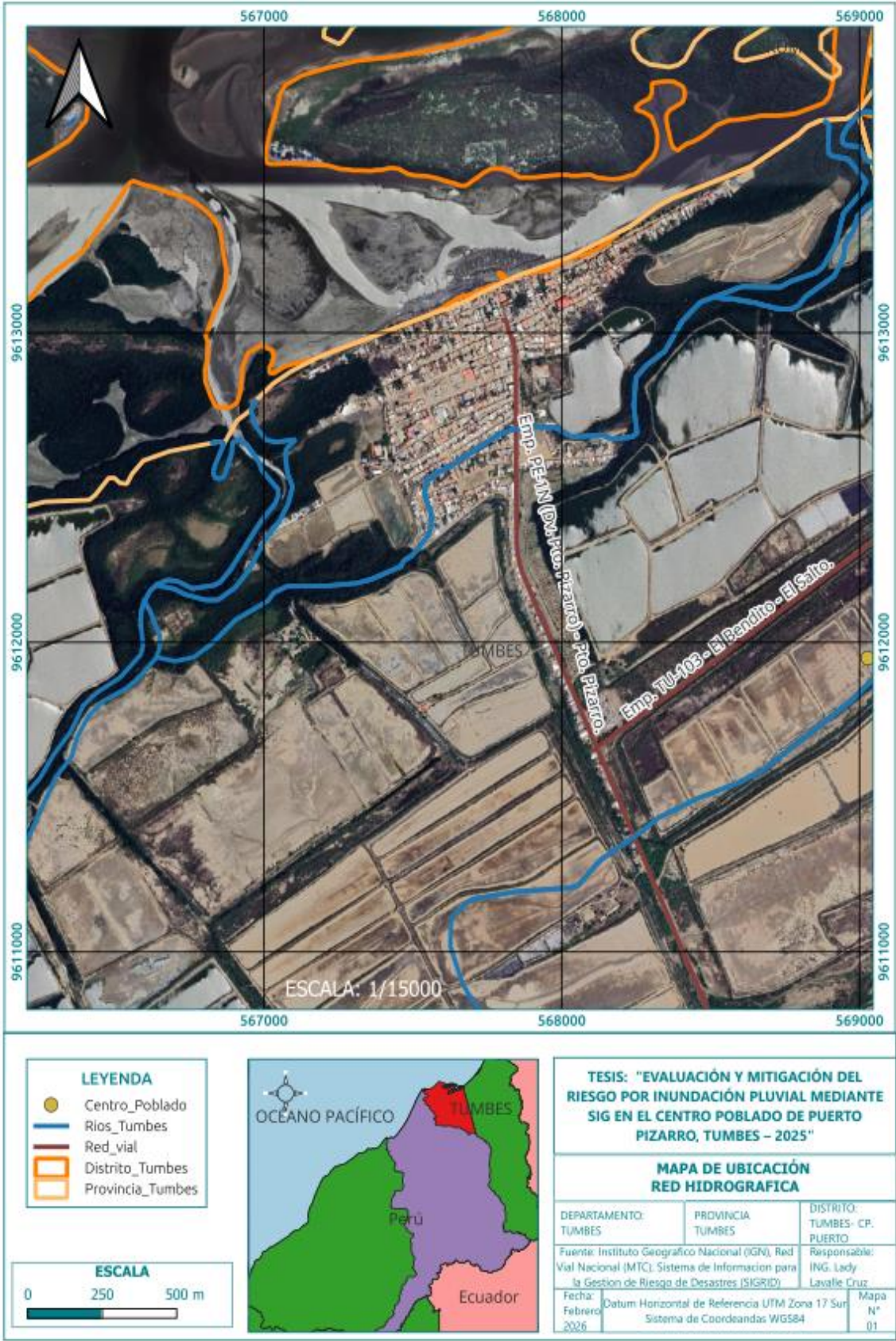


Figura 7.

Mapa de ubicación de la zona de estudio



3.5 Aspectos físicos

3.5.1. Geología

Depósitos marinos recientes (Qh-m2)

Corresponde a depósitos sedimentarios constituidos principalmente por acumulaciones de área y fragmentos angulosos de roca, originados por procesos de sedimentación de materiales de procedencia marina. Parte de estos sedimentos puede ser transportada hacia el continente por la acción del viento. Estas formaciones se distribuyen a lo largo de la franja costera, hasta el límite de alcance de las oscilaciones de la marea. En el sector norte del departamento, dichos depósitos presentan un mayor grado de estabilidad, aunque conservan un bajo nivel de consolidación geotécnica.

Río

Curso natural de agua que mantiene un flujo continuo a lo largo del tiempo y cuya trayectoria culmina en otro río, un lago, una laguna o mar.

Depósitos aluviales recientes (Qh - al2)

Las acumulaciones aluvionares recientes se hallan repartidos uniformemente una amplia fracción del departamento, con mayor predominio en los valles y quebradas. Están conformados por sedimentos de origen fluvial, integrados principalmente por gravas redondeadas de diversa composición litológica, así como arenas y limos, los cuales han dado lugar a la formación de terrazas aluviales recientes producto de los procesos erosivos y deposicionales asociados a antiguas cauces de quebradas (Oviedo, 2013).

Depósitos fluviales (Qh- fl)

En el departamento, dichas acumulaciones sedimentarias se ubican en los lechos fluviales y otras corrientes naturales de agua que presentan flujo permanente o estacional. En algunos sectores, el caudal varía a lo largo del año debido a las condiciones climáticas e hidrológicas, desembocando finalmente en el mar, un lago o en otro río, que actúa como cauce receptor.

Según Olaya (2016), su composición litológica esta denominada por acumulaciones de gravas con clastos redondeado inmersos en una matriz arenosa, acompañadas por pequeños lentes de área, elementos que se apreciar mayormente en el cauce y quebradas.

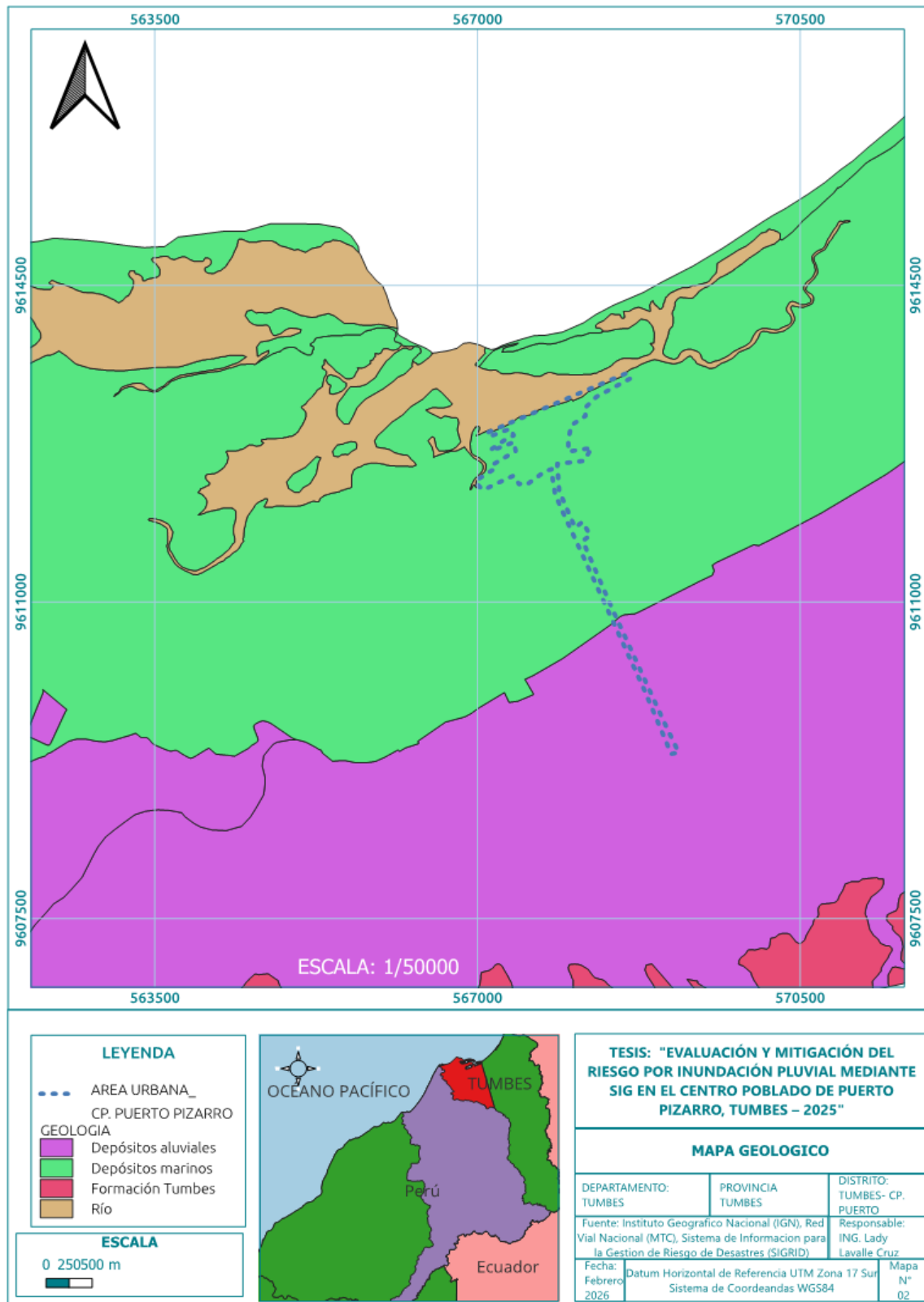
Formación Tumbes (Nm-t)

La unidad estratigráfica se ubica en el sector septentrional de la región y está conformada principalmente por conglomerados y areniscas de granulometría gruesa, cuyas tonalidades varían entre gris parduzco y gris rojizo, según la información consignada en la Carta Geológica 8- c4 actualizada por Oviedo et al (2017). De acuerdo con lo señalado por Olaya (2016), la secuencia estratigráfica presenta, en su sección intermedia, estrato de areniscas tobáceas de grano fino. Sobre estas capas se disponen en niveles delgados de lutitas visibles con predominio de tonalidades grisáceas, acompañadas por matices amarillos y rojizos.

Asimismo, se reconocen depósitos conglomeráticos constituidos por gravas de gran tamaño y clastos redondeados embebidos en una masa limosa- arenosa, lo que presentan una consistencia compacta y una coloración que oscila entre beige y amarillo claro.

Figura 8.

Mapa Geológico del área



3.5.2. Geomorfología

Langostinera (Lang)

Esta unidad está restringida al lado norte del departamento, se relaciona a depósitos aluviales y marinos de pendiente plana. Tiene una extensión superficial de 79.79 km², el cual representa un 1.71% del territorio departamental. Estos sectores están sufriendo fenómenos de salinización de suelos a cada actividad antrópica.

Humedales costeros (Hc)

La unidad geomorfológica correspondiente a los humedales costeros se localiza exclusivamente en el sector norte de la región. Bajo este enfoque petrográfico, se encuentra constituida por depósitos de cantos rodados, arenas e composición cuarzosa y limos acumulados a lo largo de la costa a raíz de la acción del oleaje.

Terraza de lecho fluvial actual inundable (Tfli)

La terraza del lecho fluvial actual inundable se desarrolla a lo largo de los principales cauces fluviales del departamento. Litológicamente, está integrada mediante acumulación de ripio con clastos redondeados inmersos dentro de un terreno base arenosa, donde localmente se observan pequeños a lentes de arena. Estos materiales se distribuyen tanto en el lecho activo de los ríos como en sus márgenes inmediatas.

Playas litorales (Pli)

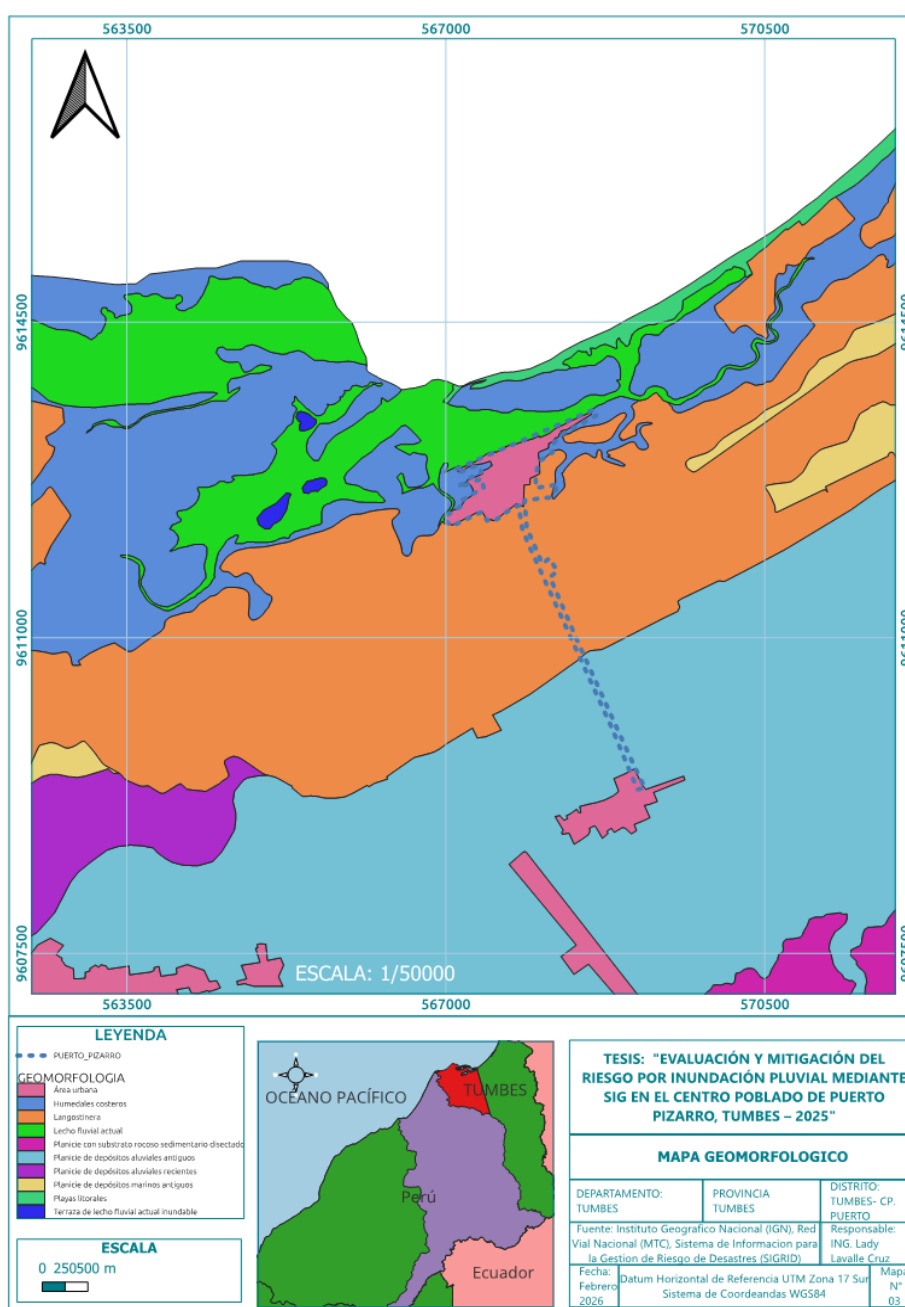
Esta unidad geomorfológica esta pegada a la zona que comprende el oleaje marino y forma una extensa faja que recorre al departamento de sur a norte. Su litología es de cantos, arenas cuarzosas y limos el cual es producto del oleaje, tiene repercusión de la dinámica oceánica continental. Las dinámicas geológicas que suceden en esta unidad son erosión marina y eólica, la primera con mayor intensidad; buena parte de esta unidad no presenta asentamientos humanos, pero pueden afectar a aquellos asentamientos que se forman por tiempos de veraneo y otras instalaciones. Tiene una extensión superficial de 10.31 km² lo cual representa el 0.22 % del territorio departamental, su pendiente es plana o casi a nivel (0-2%).

Planicie de depósitos aluviales antiguos (Pdala)

Esta unidad geomorfológica se halla en la zona norte del departamento, está conformado por depósitos de origen aluvial el cual contiene concentraciones de guijarros a modo de conglomerado escasamente consolidado; alberga fragmentos de cuarcita, rocas ígneas y base arenosa. Presenta procesos geodinámicos externos como inundación eventual en donde existen poblaciones, cultivos en riesgo y sectores de salinización por actividad antrópica.

Figura 9.

Mapa Geomorfológico del área



3.5.3. Pendiente del terreno

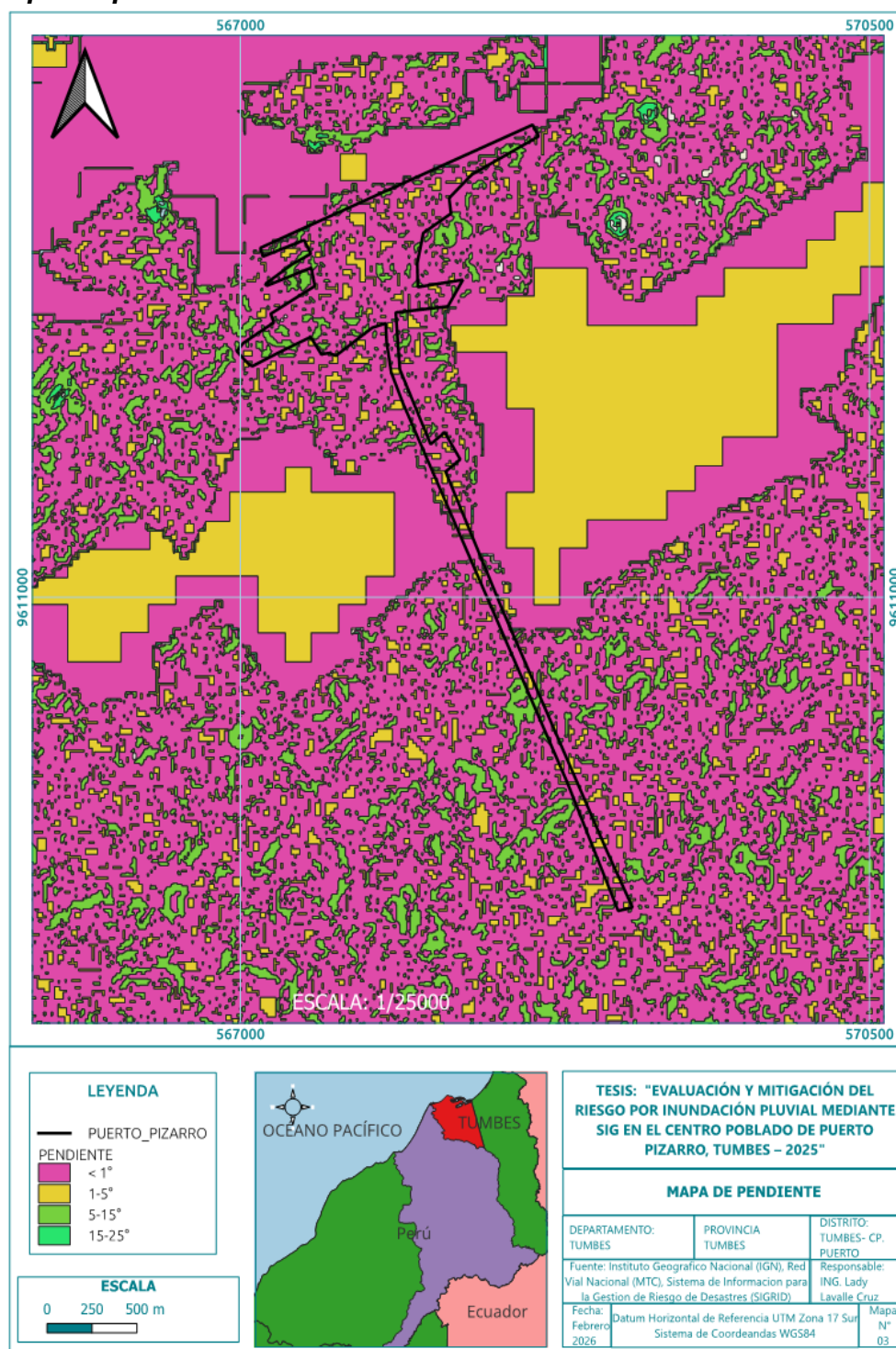
La inclinación del terreno se determinó elaborando un Modelo Digital de Elevación (MDE), mediante la fotogramétrico de fotos tomadas con un (DRON). Este modelo sirvió para definir los perfiles del área, los cuales se analizaron y clasificaron en diferentes rangos de pendiente. Este procedimiento permitió identificar terrenos que abarcan desde planicies o ligeras inclinaciones hasta zonas de desniveles pronunciados:

- a. **Muy baja:** Menor a 5°, se reparten por la pampa de la costa y en mesetas o planicies de altura, con suaves ondulaciones que dan cierta irregularidad al suelo y originan elevaciones de poca altura. También forman parte de la zona más distal de conos de deyección y las faldas de estribaciones andinas.
- b. **Baja:** 5-15°, las áreas con pendientes moderadas se localizan ubicadas sobre todo en unidades geomorfológicas compuestas por llanuras, lomas y colinas de la región de Tumbes. Este rango de pendiente tiene una distribución en toda la región. Aquí se registran fenómenos de movimiento en masa de tipo de deslizamientos, derrumbes o caídas de bloques rocosos, partiendo de los bordes de cauces de ríos y arroyos; asimismo suceden desprendimientos desde excavaciones de talud en vías que restan estabilidad a las laderas.
- c. **Media:** 15- 25°, las áreas de declive pronunciado abarcan un área limitada en el departamento de Tumbes y se reparten aleatoriamente por los flancos de la cadena de Amotape, la cadena montañosa de Cochas y la ribera derecha de la quebrada La Angostura, entre el poblado de Higuierón Seco y la cumbre Caucho.
- d. **Alta:** mayor de 25-50°, los sectores con declividad pronunciada cubren una extensión bastante acotada y se sitúan dispersos a lo largo de las cotas intermedias y superiores de los flancos de la serranía de Amotape y la Cordillera de Cochas.

- e. **Muy Alta: mayor de 50°**, las superficies de fuerte inclinación que abarcan las cumbres superiores de las vertientes del macizo de Amotape y la Cordillera de Cochas. Constituyen los laderos de ambas márgenes del cauce de Tumbes.

Figura 10.

Mapa de pendientes



3.5.4. Condiciones climatológicas

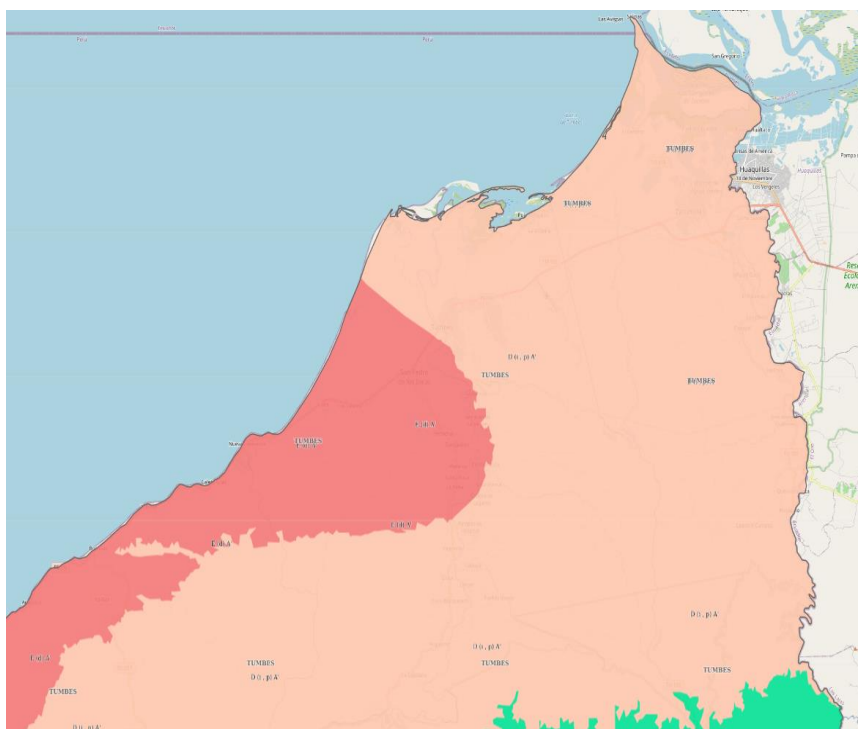
3.5.4.1. Clasificación climatológica

De acuerdo con la clasificación climática de Warren Thornthwaite, adoptada por el Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología del Perú (SENAMHI) en noviembre de 2010, y considerando el Mapa de Clasificación Climática del Perú elaborado por esta institución en 1988, el centro poblado de Puerto Pizarro, donde se desarrolla el presente proyecto, se encuentra dentro de la categoría climática D (i, p) A'. Esta clasificación corresponde a un clima de las características semiáridas y cálidas, con una marcada estacionalidad seca que predomina durante las estaciones de invierno y primavera.

Esta región presente durante el año, en promedio temperaturas máximas de 30° °C y 33 °C, mientras que en las temperaturas mínimas fluctúan entre 20 °C a 23 °C. Asimismo, los acumulados anuales de precipitación son relativamente bajos, variando aproximadamente entre los 100 mm y 300 mm, aunque puede incrementarse significativamente durante eventos extraordinarios asociados al Fenómeno El Niño.

Figura 11.

Clasificación climática del distrito de Tumbes



- **Temperatura:** La temperatura máxima media del aire presenta una variación estacional a lo largo del año, con valores que oscilan entre 27,0 °C Y 32,5 °C. Los registros más elevados se concentran durante la temporada de verano, comprendida entre los meses de enero y abril, mientras que en invierno se observa un ligero descenso. De manera similar, la temperatura mínima media mantiene un comportamiento estacional, registrando valores promedio que varían entre 21,0 °C y 24,0 °C.
- **Humedad:** La humedad atmosfera relativa es elevada y relativamente constante durante todo el año, oscilando entre 75 y 90 %, debido a la cercanía con el litoral marino y la presencia de manglares. Durante eventos del Fenómeno El Niño, la humedad puede incrementarse considerablemente, especialmente entre los meses de enero y mayo.
- **Horas de Sol:** Las horas de sol promedio anual en la zona son moderadas, valores estimados entre 110 y 130 horas mensuales en promedio, registrándose mayor insolación en los meses de verano y una ligera disminución durante el invierno debido a la presencia de nubosidad costera.
- **Viento:** El régimen de vientos esta influenciado por la dinámica oceánica y costera. La dirección predominante es del suroeste hacia el noreste, con velocidades promedio anuales cercanas a 3,5 m/s a 4,0 m/s. estos vientos contribuyen a la regulación termina y al transporte de humedad en la zona.

3.5.4.2. Precipitaciones extremas

El centro poblado de Puerto Pizarro, ubicado en el departamento de Tumbes, presenta características climáticas similares en lo referente a precipitaciones pluviales, evidenciando un régimen pluviométrico altamente variable. Se observan años con lluvias muy escasas, así como periodos con precipitaciones intensas y de carácter torrencial, generalmente asociadas a la aparición del Fenómeno El Niño.

Históricamente, en la región se han registrado eventos pluviométricos excepcionales que han tenido incidencia directa en zonas costeras como Puerto Pizarro, entre los que destacan:

- En 1925 se registraron lluvias excepcionales de gran magnitud y corta duración (03 meses), alcanzándose en una sola noche un volumen aproximado de 375 mm, mientras que el volumen anual llego a 1524mm.
- En 1932 se registraron precipitaciones intensas durante los meses de febrero y marzo, con volúmenes de 691 mm y 689 mm respectivamente, alcanzando un total anual de 1832 mm.
- Antes de 1983 la mayor precipitación anual registrada fue de 562 m en el año 1972. Sin embargo, en 1983 en la estación Rica Playa alcanzo un registro extraordinario de 5466 mm (Rocha, A. 2007, Pag. 15).
- Durante el año 1983 se presentaron lluvias excepcionales de larga duración (aproximadamente 09 meses), manteniéndose precipitaciones elevadas durante cerca de 06 meses, con un volumen estimado de 4,000 mm.
- El fenómeno de 1998 afecto seriamente los servicios básicos en la región, incluyendo zonas como Puerto Pizarro, registrándose precipitaciones intensas que totalizaron entre 300 mm y 600 mm. Este evento impacto la infraestructura de agua potable, alcantarillado, establecimiento de salud y más de 50 000 hectáreas de cultivo (SENAMHI, 1999).
- En 1998, los máximos volúmenes diarios de precipitación se registraron en febrero, alcanzando valores de 122 mm y 230 mm.

En el año 2017 se presentó el denominado “Niño Costero” en la costa del Perú, afectando significativamente la región de Tumbes. Se registraron intensas lluvias que ocasionaron daños a viviendas, carreteras, infraestructura hidráulica y servicios básicos, principalmente por activación de quebradas y desborde de ríos (Gómez, D, 2017, pag4).

Se llevo a cabo un análisis hidrológico utilizando información proveniente de estaciones pluviométricas ubicadas en el entorno del área de estudios, seleccionadas en función de su cercanía y representatividad hidrológica. Con el propósito de identificar la función de probabilidad más adecuada para modelar las precipitaciones máximas en 24 horas se aplicó la prueba de bondad que ajuste de Kolmogorov- Smirnov, cuyos resultados evidenciaron que la distribución Log Normal

de dos parámetros es que representa el comportamiento de datos. A partir de esta distribución se estimaron las precipitaciones de diseño corresponde a distintos periodos de retorno.

Figura 12.

Curva de ajuste Log Normal 2 parámetros

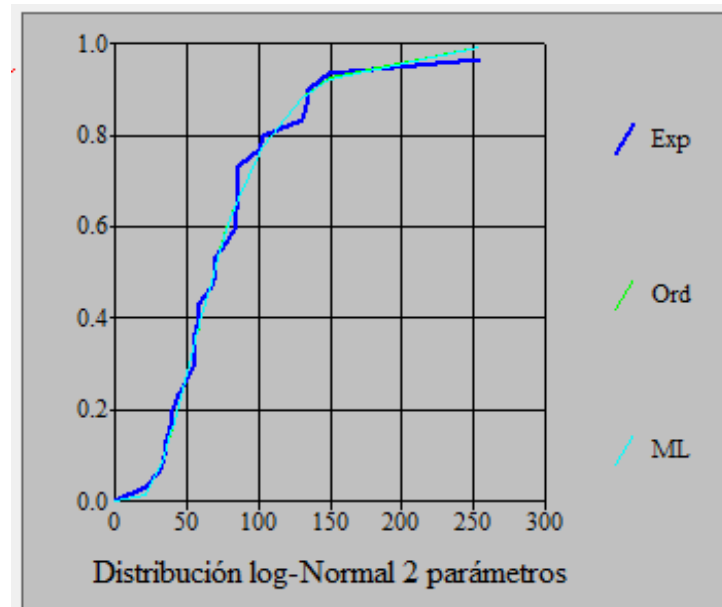


Tabla 1.

Umbral de precipitación- Estación El Tigre

Periodo de retorno T (años)	Probabilidad de excedencia q	Precipitación correspondiente XT (mm)
2	0.5	68.26
5	0.2	108.41
10	0.1	138.09
25	0.04	178.74
50	0.02	211.15
100	0.01	245.29
140	0.007	262.55
200	0.005	281.35
500	0.002	332.21

La estación que se ha elegido para constatar la información respecto al factor desencadenante de la precipitación corresponde al Tigre, la cual es administrada por el SENAMHI, cuyos umbrales se muestran a continuación.

Tabla 2.

Umbrales de precipitación- Estación El Tigre

Umbrales de Precipitación	Caracterización de lluvias extremas	Umbrales calculados para la Estación El Tigre
RR/día>99p	Extremadamente lluvioso	RR>69,6 mm
95p<RR/día≤99p	Muy lluvioso	32,1 mm<RR≤69,6 mm
90p<RR/día≤95p	Lluvioso	20,2 mm<RR≤32,1 mm
75p<RR/día≤90p	Moderadamente lluvioso	7,6 mm<RR≤20,2 mm

La determinación de los umbrales de precipitación para red de estaciones meteorológicas del SENAMHI se efectuó conforme a los lineamientos metodológicos establecidos en la Nota Técnica 001- SENAMHI – DGM-2014, la cual establece los procedimientos para la estimación de umbrales de precipitación extremos destinados a la emisión de alertas meteorológicas (Alfaro et al, 2014).

DETERMINACION DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD

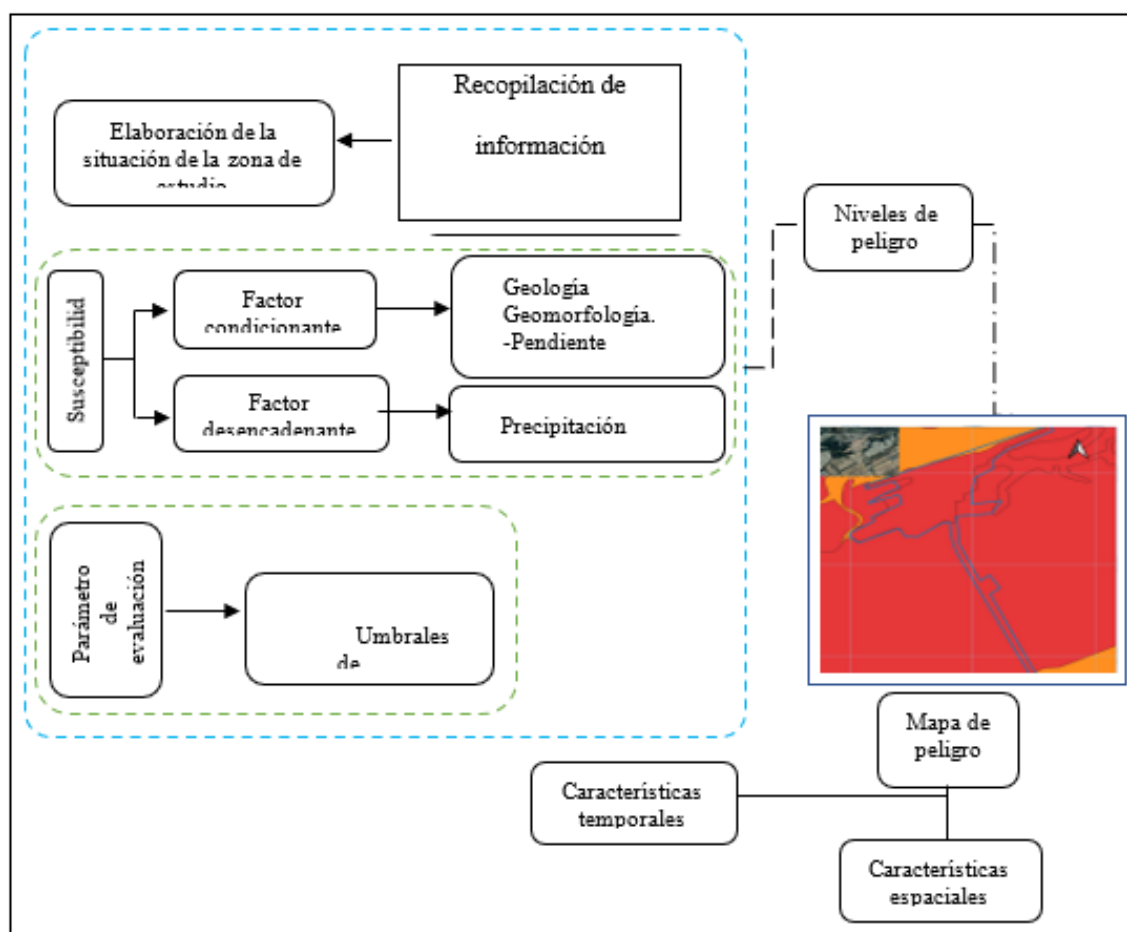
CALCULO DEL PELIGRO

La peligrosidad en el área de influencia se basa en la ocurrencia de lluvias intensas es en ese sentido que se identificaron aspectos geomorfológicos, geológicos y topográficos que hacen del sector una zona con áreas susceptibles a estos fenómenos.

La metodología se basa en el Manual para Evaluación de Riesgos Originador por fenómenos Naturales (2da Versión).

Figura 13.

Metodología general para determinar el nivel de peligrosidad



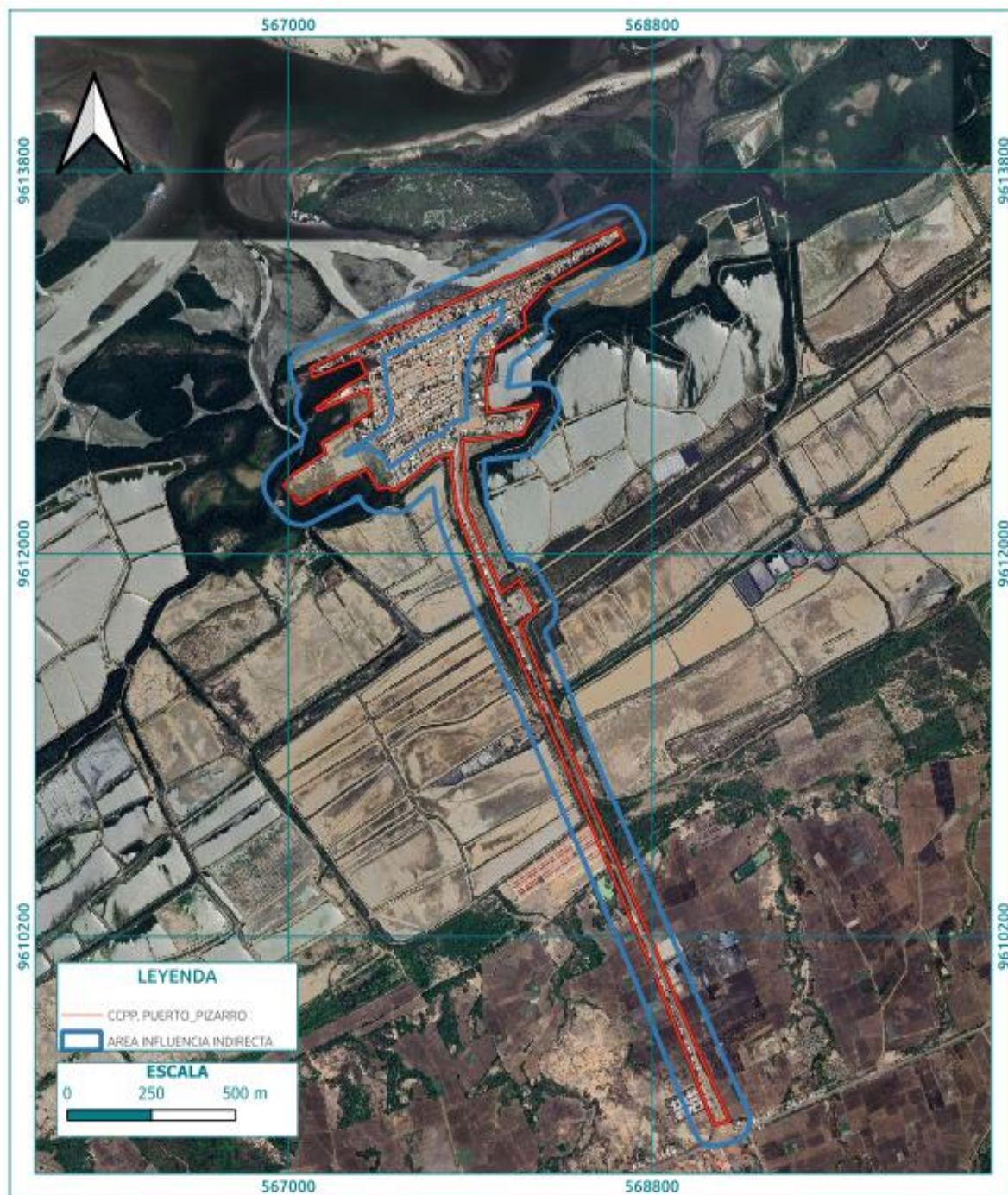
Fuente: Elaboración propia tomando como referencia el “Manual de Evaluación Originado por Fenómenos Naturales- 2da Versión”.

Identificación del área de estudio

La delimitación del área de influencia del peligro corresponde al CCPP de Puerto Pizarro del distrito de Tumbes, provincia y departamento de Tumbes.

Figura 14.

Área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

Recopilación y análisis de información

La recopilación de información proviene de las siguientes fuentes: la visita de campo al sector, y también la información se ha realizado de los portales de las entidades técnico científica competentes: (CENEPRED, INGEMMET, INEI, SENAMHI, ANA, MINAM, NASA), evidencias históricas, análisis de amenazas y recursos cartográficos, topografía, hidrografía, climatología, geología y geomorfología del área de influencia.

Así mismo, se ha realizado el análisis y procesamiento de la información proporcionada por el Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres, Google Earth, SIGRID, ARC GIS, Q GIS, plataforma OFICCE 2016.

Fenómeno El Niño 1982/1983

Según Rocha (2007) en el evento del niño 1982/83; en la costa norte, especialmente en Piura y Tumbes, se produjo desde fines de 1982 una notable tropicalización del clima, una de cuyas características fue el aumento de la temperatura ambiental, la que en los meses de enero, febrero y marzo tuvo un incremento del 30%; en julio, agosto, setiembre y octubre el incremento fue mayor y llegó a ser de orden del 50%.

En Tumbes, estación Campamento Sede, la precipitación máxima fue de 160.4 mm, y una precipitación total anual de 3,996.4 mm (Rocha, 2007) comenta que las lluvias se caracterizaron porque, el valor acumulado anual alcanzo cifras muy altas, fueron especialmente fuertes en las partes bajas de las cuencas, por debajo de la cota 300 m.s.n.m. desapareció el concepto de cuenca húmeda, pues llovió en toda cuenca, tuvo Larga duración expresada en meses.

Fenómeno El Niño 1997/1998

El evento FEN 1997/1998, ha presentado lluvias intensas desde fines del año 1997 hasta los primeros meses de 1998. La precipitación máxima registrada fue de 230 mm y se tuvo un total anual de aproximadamente 2,194mm. Asimismo, en el estudio, de acuerdo con el estudio de los efectos generados por el Fenómeno El Niño- Oscilación del Sur, durante 1997- 1998 en el departamento de Lambayeque, se indica que sobre el departamento de Tumbes las lluvias se iniciaron en noviembre de 1997, incrementándose en febrero 1998, totalizándose las mas

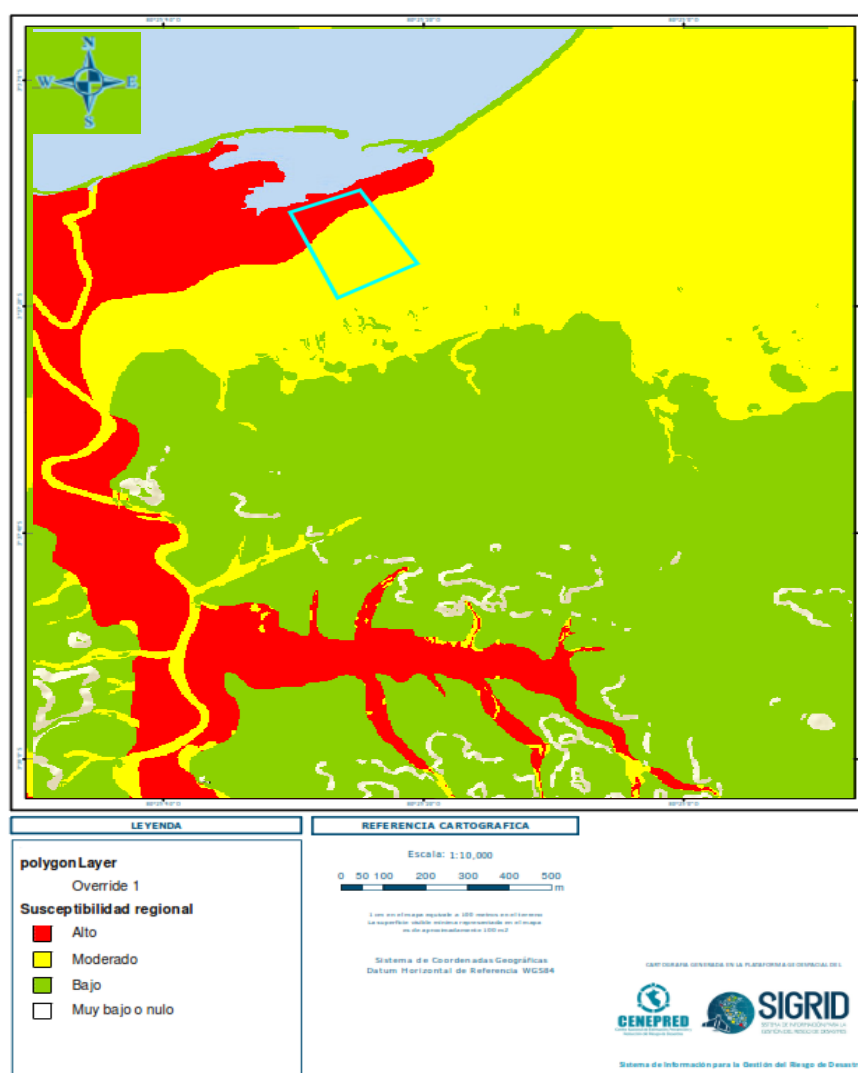
intensas lluvias de 701 mm en la estación de Tumbes, que significó 45% de anomalía.

Fenómeno El Niño Costero 2017

Según ENFEN, se habría iniciado en diciembre del 2016 durante hasta mayo del 2017, fue calificado de magnitud “moderado”. Se ha registrado una precipitación máxima de 130 mm y una precipitación total anual de aproximadamente 670mm. Se caracterizó por el incremento brusco de la temperatura superficial del mar en varios puntos de la zona norte del mar peruano y fue comparado con el evento de 1925, por sus impactos ocasionados y es considerado el tercer episodio del fenómeno El Niño de mayor intensidad registrado en el Perú durante el último siglo.

Figura 15.

Susceptibilidad a inundación pluvial



4.3. Identificación del peligro

Se identifico que el peligro a evaluar en el área de estudio es de inundación pluvial. La intensidad del peligro es una valoración del impacto o daño ocasionado al área de la intervención. Para referirse al potencial destructivo de intensidad, se emplean parámetros tales como la afectación al terreno y el nivel de daños causados. La frecuencia, el periodo de retorno y la duración están mas asociados a la temporalidad de las lluvias extraordinarias (intensas o persistentes). Como parámetro de evaluación se tomó la precipitación con rango de (9-104 mm), producto de los umbrales de precipitación del estado en el que se encuentra el área de interés.

Estado situacional del área del proyecto

En la inspección realizada por el tesista, se constato que el lugar donde se realiza la evaluación del riesgo, se encuentra en una zona recurrente al peligro de inundación pluvial debido a su pendiente y escaso drenaje pluvial.

Actualmente, el terreno donde se realiza la investigación se encuentra expuesto a inundación por problemas de desnivel.

Figura 16.

Terreno donde se emplazará la infraestructura.



Identificación de elementos expuestos

Consiste en identificar los elementos (predios, infraestructura pública y privada, áreas de cultivo, etc.). Sin embargo, para el presente documento se refiere a la comunidad y su área de influencia que se encuentra expuesta al peligro que se está evaluando.

Figura 17.

Ambientes expuestos alrededor del área de estudio.

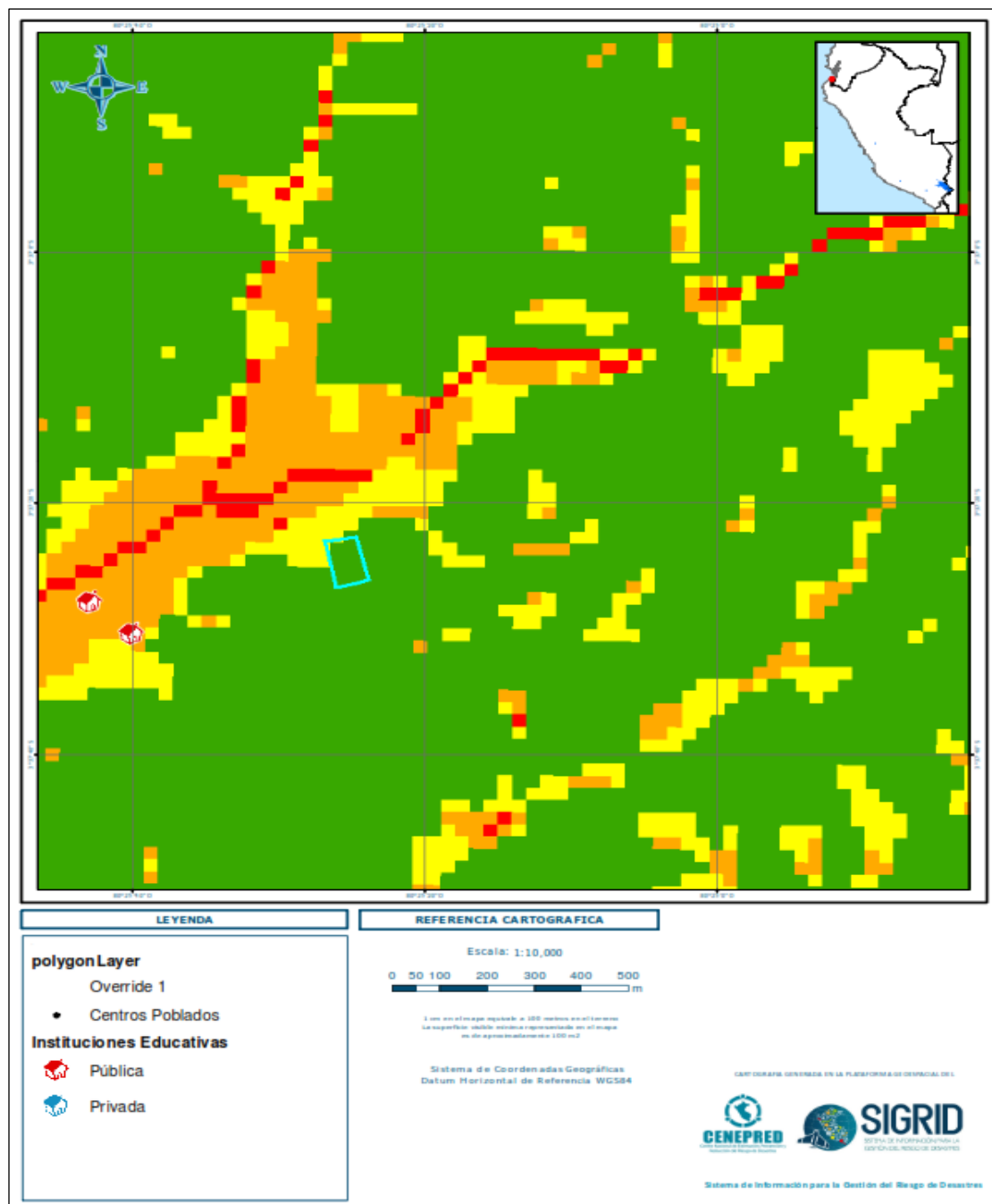


Figura 18.

Caseta de bombeo expuesta a deterioro por la falta de mantenimiento.



Figura 19.

Colmatación de quebrada por depósito de residuos sólidos, desagüe, malezas.



Figura 20.

Inundación por intensas lluvias en varias calles del centro poblado de Puerto Pizarro



Figura 21.

Evidencia del aislamiento en el que se encuentran las viviendas al ser inundadas por la lluvia.



Susceptibilidad del territorio ante peligro de inundación pluvial

Para calcular la susceptibilidad del territorio se analizaron los siguientes factores.

Tabla 3. Análisis de la susceptibilidad del territorio

FACTORES CONDICIONANTES				
PARAMETRO	GEOMORFOLOGÍA		PESO PONDERADO	
DESCRIPTOR	GEOM1	Área Urbana	Peso GEOM1	0.416
	GEOM2	Humedales costeros	Peso GEOM2	0.262
	GEOM3	Lecho fluvial actual	Peso GEOM3	0.161
	GEOM4	Lecho fluvial actual	Peso GEOM4	0.099
	GEOM5	Planicie de depósitos aluviales	Peso GEOM5	0.062
PARAMETRO	PENDIENTE		PESO PONDERADO	
DESCRIPTOR	PD1	De 0° a 5°	PESO PD1	0.444
	PD2	De 5° a 15°	PESO PD2	0.262
	PD3	De 15° a 25°	PESO PD3	0.153
	PD4	De 25° a 50°	PESO PD4	0.089
	PD5	Mayor a 50°	PESO PD5	0.053
PARAMETRO	GEOLOGÍA		PESO PONDERADO	
DESCRIPTOR	FC1	Depósitos aluviales	PESO FC1	0.788
	FC2	Depósitos coluviales	PESO FC2	0.285
	FC3	Río	PESO FC3	0.178
	FC4	Depósitos fluviales	PESO FC4	0.110
	FC5	Formación Zorritos	PESO FC5	0.068
FACTOR DESENCADENANTE				
PARAMETRO	PRECIPITACIÓN		PESO PONDERADO	
DESCRIPTOR	PRC1	Extremadamente lluvioso > 57.1 mm	PESO PRC1	0.503
	PRC2	Muy lluvioso > 5.28 y ≤ 57.1mm	PESO PRC2	0.260
	PRC3	Lluvioso > 14.4 y ≤ 25.2mm	PESO PRC3	0.134
	PRC4	Moderadas > 4.6 y ≤ 14.4mm	PESO PRC4	0.068
	PRC5	Débiles ≤ 4.6 mm	PESO PRC5	0.035
EVALUACION DEL FENOMENO				
PARAMETRO	FRECUENCIA		PESO PONDERADO	
DESCRIPTOR	FR1	5 ocurrencia al año en promedio	PESO FR1	0.436
	FR2	3 a 4 ocurrencia por año en promedio	PESO FR2	0.257
	FR3	2 a 3 ocurrencia por año en promedio	PESO FR3	0.176
	FR4	1 a 2 ocurrencia por año en promedio	PESO FR4	0.082
	FR5	1 ocurrencia por año en promedio o inferior	PESO FR5	0.049

Análisis de los factores condicionantes Inundación Pluvial

Para establecer la importancia relativa de los factores condicionantes asociados al peligro de inundación, se aplicó un método de análisis jerárquico.

Tabla 4. Factores condicionantes

FACTOR CONDICINANTE	GEOMOR_ FOLOGÍA	PENDIENTE	GEOLOGIA
GEOMOR_ FOLOGÍA	1.00	2.00	3.00
PENDIENTE	0.50	1.00	2.00
GEOLOGIA	0.33	0.50	1.00
Suma	1.83	3.50	6.00
1/Suma	0.55	0.29	0.17

a) Ponderación descriptores: Geomorfología

GEOM1: Área urbana

GEOM2 : Humedales costeros

GEOM3 : Lecho fluvial actual

GEOM4: Langostinera

GEOM5: Planicie de depósitos Aluviales

Tabla 5. Geomorfología

GEOMORFOLOGÍA	Abanico del pedelmonte	Colina y lomada en roca sedimentaria	Laguna y cuerpos de agua	Llanura o planicie inundable.	Terraza aluvial
Abanico del pedelmonte	1.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Colina y lomada en roca sedimentaria	0.33	1.00	2.00	3.00	4.00
Laguna y cuerpos de agua	0.25	0.50	1.00	2.00	5.00
Llanura o planicie inundable.	0.20	0.33	0.50	1.00	1.50
Terraza aluvial	0.17	0.25	0.20	0.67	1.00
Suma	1.950	5.083	7.700	11.667	17.500
1/Suma	0.513	0.197	0.130	0.086	0.057

Conforme a la escala de Saaty, el descriptor área urbana fue valorado con una importancia relativa de 5 respecto a la planicie de depósitos aluviales, debido a que la concentración de infraestructura, población y superficies impermeabilizadas incrementa la susceptibilidad y las posibles afectaciones por inundación pluvial.

b) Ponderación descriptores: Pendiente

PD1: De 0° a 5°

PD2: De 5° a 15°

PD3: De 15° a 25°

PD4: De 25° a 50°

PD5: Mayor a 50°

Tabla 6.

Pendiente

PENDIENTE	De 0° a 5°	De 5° a 15°	De 15° a 25°	De 25° a 50°	Mayor a 50°
De 0° a 5°	1.00	3.00	5.00	7.00	8.00
De 5° a 15°	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
De 15° a 25°	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
De 25° a 50°	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Mayor a 50°	0.13	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.80	4.68	9.53	16.33	24.00
1/Suma	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Según la escala de Saaty, el rango de pendiente es de 0-5°, debido a que los terrenos con pendiente muy bajas favorecen la acumulación y el estancamiento de las aguas pluviales, incrementando la susceptibilidad a inundaciones.

c) Ponderación descriptores: Geología

FC1: Depósitos marinos antiguos

FC2: Río

FC3: Depósitos marinos recientes

FC4: Depósitos aluviales

FC5: Formación Tumbes.

Tabla 7.
Geología

GEOLOGÍA	Formacion Zorritos	Deposito Aluvial	Formacion Cardalitos	Laguna	Formacion Heath
Formacion Zorritos	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00
Deposito Aluvial	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00
Formacion Cardalitos	0.250	0.333	1.00	2.00	4.00
Laguna	0.200	0.200	0.500	1.00	3.00
Formacion Heath	0.143	0.167	0.250	0.333	1.00
Suma	1.93	4.700	8.75	13.33	21.00
1/Suma	0.52	0.213	0.11	0.08	0.05

El descriptor de depósitos aluviales antiguos recibió una importancia relativa de 5, debido a que sus características geológicas favorecen en una mayor susceptibilidad del terreno frente a la acumulación e infiltración de aguas pluviales, influyendo de manera mas significativa en la evacuación del riesgo por inundación pluvial.

Análisis de los factores desencadenantes de Inundación Pluvial

Tabla 8.
Factores desencadenantes

Factor desencadenante	Precipitación
Precipitación	1.00
Suma	1.00
1/Suma	1.00

a) Precipitación

PRC1: Extremadamente lluvioso > 104,0 mm

PRC2: Muy lluvioso > 45,1 y ≤ 104,0 mm

PRC3: Lluvioso > 27,0 y ≤ 45,1 mm

PRC4: Moderadas > 9 y ≤ 27,0 mm

PRC5: Débiles ≤ 9 mm

Tabla 9.***Precipitación***

PRECIPITACIÓN	Extremadamente lluvioso > 104,0 mm	Muy lluvioso > 45,1 y ≤ 104,0 mm	Lluvioso > 27,0 y ≤ 45,1mm	Moderadas > 9 y ≤ 27,0mm	Débiles ≤ 9 mm
Extremadamente lluvioso > 104,0 mm	1.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Muy lluvioso > 45,1 y ≤ 104,0 mm	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00
Lluvioso > 27,0 y ≤ 45,1mm	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
Moderadas > 9 y ≤ 27,0mm	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
Débiles ≤ 9 mm	0.17	0.20	0.25	0.33	1.00
Suma	1.95	4.78	8.58	13.33	19.00
1/Suma	0.51	0.21	0.12	0.08	0.05

El factor desencadenante de lluvia es fundamental para evaluar la vulnerabilidad, el cual concluye que un evento extremadamente lluvioso (mayor de 104 mm), debido a que las precipitaciones de mayor intensidad incrementan significativamente la probabilidad de ocurrencia de inundaciones pluviales y, por lo tanto, tienen una mayor incidencia en la evaluación del riesgo.

Ponderación del parámetro de evaluación del fenómeno**Tabla 10.*****Parámetro de evaluación***

INUNDACION PLUVIAL	FRECUENCIA
FRECUENCIA	1.00
Suma	1.00
1/Suma	1.00

a) Frecuencia

A1: 5 ocurrencia al año en promedio

A2: 3 a 4 ocurrencia por año en promedio

A3: 2 A 3 ocurrencia por año en promedio

A4: 1 A 2 ocurrencia por año en promedio

A5: 1 ocurrencia por año en promedio o inferior

Tabla 11.

Frecuencia

FRECUENCIA	5 eventos al año en promedio	3 a 4 eventos por año en promedio	2 a 3 eventos por año en promedio	1 a 2 eventos por año en promedio	1 evento por año en promedio o inferior
5 eventos al año en promedio	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
3 a 4 eventos por año en promedio	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
2 a 3 eventos por año en promedio	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
1 a 2 eventos por año en promedio	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
1 evento por año en promedio o inferior	0.14	0.20	0.33	0.50	1.00
Suma	2.18	4.03	6.83	11.50	18.00
1/Suma	0.46	0.25	0.15	0.09	0.06

Una frecuencia promedio de 5 eventos de precipitación por año recibió una importancia relativa de 7, debido a que una mayor recurrencia de eventos de lluvia incrementa la probabilidad de ocurrencia de inundación pluviales, ejerciendo una mayor influencia en la evaluación del peligro.

4.4.2. Definición de escenario

Se ha considerado el escenario mas alto con las siguientes características:

_Muy lluvioso $>45,1$ y $\leq 104,0$ mm

_2 a 3 eventos por año en promedio.

4.4.3. Niveles de peligro

A continuación, se presentan los niveles de peligro por inundación pluvial con sus respectivos rangos, obtenidos a partir del proceso de análisis jerárquico.

Tabla 12.

Niveles de peligro

NIVEL	RANGO
Muy alto	$0.219 \leq P \leq 0.319$
Alto	$0.173 \leq P < 0.219$
Medio	$0.146 \leq P < 0.173$
Bajo	$0.131 \leq P < 0.146$

Estratificación del nivel de peligrosidad

Del análisis se determina la siguiente estratificación del nivel de peligrosidad siguiente:

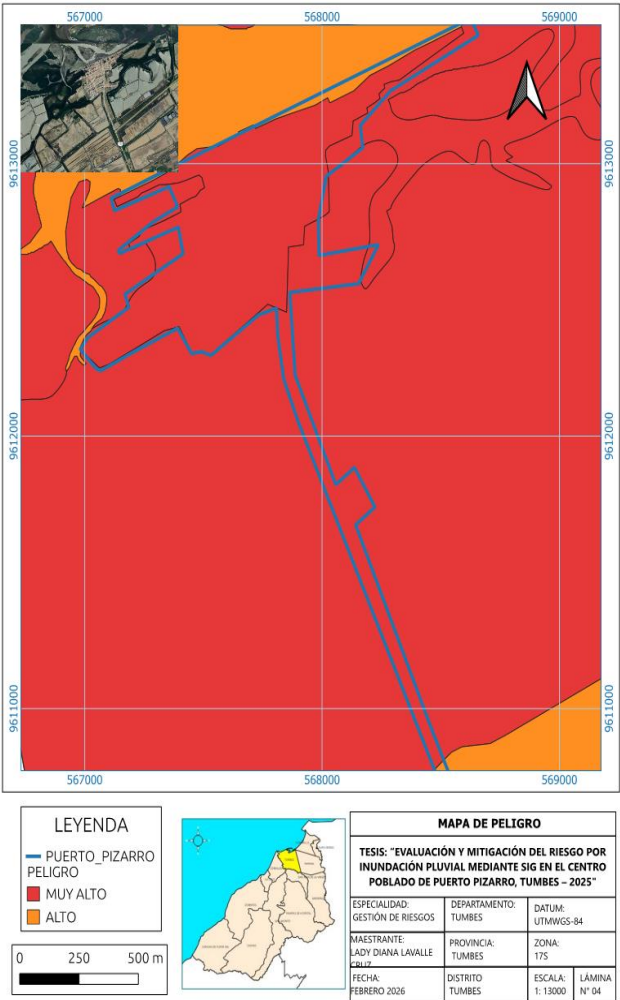
Tabla 13. Estratificación del peligro

Niveles de Peligro	Descripción
Muy alto	5 eventos al año en promedio, Extremadamente lluvioso > 57.1 mm, De 0° a 5°, Planicie de depósitos aluviales recientes, Depósitos aluviales
Alto	3 a 4 eventos por año en promedio, Muy lluvioso > 5.28 y ≤ 57.1mm, De 5° a 15°, Lecho fluvial actual, Depósitos coluviales
Medio	2 a 3 eventos por año en promedio, Lluvioso > 14.4 y ≤ 25.2mm, De 15° a 25°, Terraza de lecho fluvial actual inundable, Río
Bajo	1 a 2 eventos por año en promedio, Moderadas > 4.6 y ≤ 14.4mm, De 25° a 50°, Ladera de colina, Depósitos fluviales

Mapa de peligro por Inundación Pluvial

Figura 22.

Mapa de peligro por Inundación Pluvial



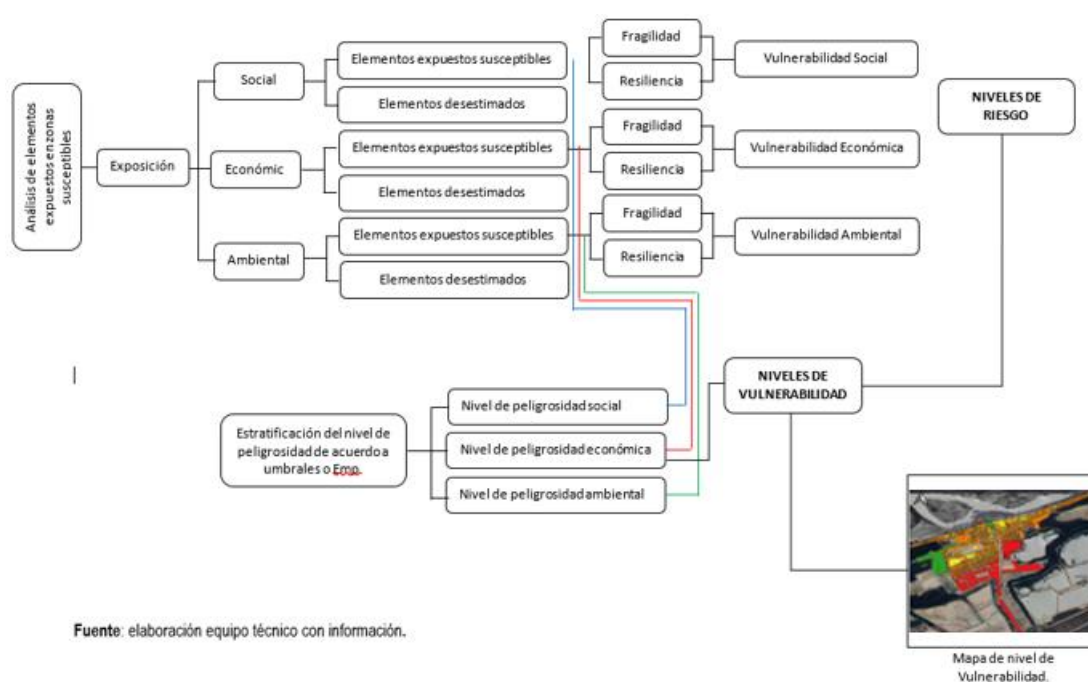
ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

Análisis de la vulnerabilidad

La evaluación de la vulnerabilidad de desarrollo a partir del análisis de dimensión social, económico y social.

Figura 23.

Metodología general para determinar la vulnerabilidad.

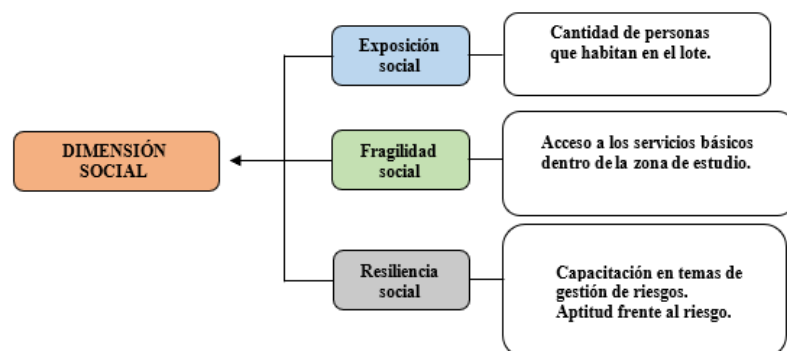


Análisis de la dimensión social

El estudio de la dimensión social se centra en reconocer las particularidades de la población del área de estudio y determina la influencia en la condición de vulnerabilidad existente. Por lo tanto, no es necesario tener en cuenta al momento del análisis la dimensión social, porque el área a intervenir y su radio de influencia se encuentran alejados.

Figura 24.

Flujograma general para el análisis de la dimensión social



Exposición social

Para el análisis de la exposición social se consideró como parámetro la cantidad de personas que residen en cada lote en relación con el nivel de peligrosidad al que se encuentran expuestas.

Tabla 14.

Exposición social.

Exposición Social	Cantidad de personas que habitan en el lote
Cantidad de personas que habitan en el lote	1.00
Suma	1.00
1/Suma	1.00

Tabla 15.

Cantidad de personas que habitan en el lote

Cantidad de personas que habitan en el lote	Más de 10 personas	7 a 10 personas	4 a 6 personas	2 a 3 personas	1 persona
Mas de 10 personas	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
7 a 10 personas	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
4 a 6 personas	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
2 a 3 personas	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
1 persona	0.14	0.20	0.33	0.50	1.00
Suma	2.18	4.03	6.83	11.50	18.00

Según la escala de Saaty, un lote con mas de 10 habitantes recibió una importancia relativa de 7, porque ante el peligro de inundación pluvial este descriptor de vulnerabilidad es mas importante de evaluar respecto a los otros.

Fragilidad social

La evaluación de la fragilidad social se realizo considerando como criterios el acceso a los servicios básicos en el área de estudio y el nivel de exposición de la población ante el peligro analizado.

Tabla 16.

Fragilidad social

Fragilidad Social	Acceso a los servicios básicos dentro de la zona de estudio	Vector Priorización
Acceso a los servicios básicos dentro de la zona de estudio	1.000	1.000

Tabla 17.

Acceso a los servicios básicos dentro de la zona de estudio

Acceso a los servicios básicos dentro de la zona de estudio	Sin acceso a servicios básicos	Con acceso solo al servicio de energía eléctrica	Con acceso solo a servicios de agua y energía eléctrica	Con acceso solo a servicios de agua y saneamiento	Con acceso a todos los servicios básico
Sin acceso a servicios básicos	1.00	2.00	4.00	5.00	6.00
Con acceso solo al servicio de energía eléctrica	0.50	1.00	2.00	4.00	5.00
Con acceso solo a servicios de agua y energía eléctrica	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Con acceso solo a servicios de agua y saneamiento	0.20	0.25	0.50	1.00	2.00
Con acceso a todos los servicios básico	0.17	0.20	0.25	0.50	1.00
Suma	2.12	3.95	7.75	12.50	18.00
1/Suma	0.47	0.25	0.13	0.08	0.06

Respecto al descriptor con acceso a todos los servicios básicos, debido a que la ausencia de servicios esenciales, como agua potable, alcantarillado y energía eléctrica, reduce significativamente la capacidad de la población para prevenir, afrontar y recuperarse de los efectos ocasionados por las inundaciones pluviales.

Resiliencia Social

Los parámetros considerados para el análisis de la resiliencia social como:

Tabla 18.

Resiliencia social

Resiliencia Social	Capacitación en temas de gestión de riesgos	Aptitud frente al Riesgo
Capacitación en temas de gestión de riesgos	1.00	7.00
Aptitud frente al Riesgo	0.14	1.00
Suma	1.14	8.00
1/Suma	0.88	0.13

Tabla 19.

Aptitud frente al riesgo

Aptitud frente al Riesgo	Predomina en la población una actitud pasiva frente al riesgo, caracterizada por escaso interés en la adopción de acciones preventivas.	La mayoría parte de la población muestra una limitada cultura de prevención ante situaciones de riesgo.	La población reconoce parcialmente la existencia del riesgo; sin embargo, no adopta medidas concretas para su mitigación o prevención.	La población presenta un nivel moderado de conciencia sobre el riesgo y aplica de manera limitada algunas acciones preventivas.	La población evidencia una sólida cultura de prevención, implementado de forma generalizada diversas medidas orientadas a la reducción del riesgo.
Predomina en la población una actitud pasiva frente al riesgo, caracterizada por escaso interés en la adopción de acciones preventivas.	1.00	3.00	5.00	7.00	8.00
La mayoría parte de la población muestra <u>un limitada cultura</u> de prevención ante situaciones de riesgo.	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
La población reconoce parcialmente la existencia del riesgo; sin embargo, no adopta medidas concretas para su mitigación o prevención.	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
La población presenta un nivel moderado de conciencia sobre el riesgo y aplica de manera limitada algunas acciones preventivas.	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
La población evidencia una <u>sólida</u> cultura de prevención, implementado de forma generalizada diversas medidas orientadas a la reducción del riesgo.	0.13	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.80	4.68	9.53	16.33	24.00
1/Suma	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

El descriptor predomino de una actitud pasiva frente al riesgo, caracterizada por la limitada adopción de acciones preventivas, recibió una importancia relativa de 8 frente al descriptor de población con una sólida cultura de prevención e implementación generalizada de medidas de reducción del riesgo, debido a que una menor preparación y respuesta preventiva incrementa la vulnerabilidad de la población ante eventos de inundación.

Tabla 20.

Capacitación en temas de gestión de riesgos.

Capacitación en temas de gestión de riesgos	Nunca han recibido capacitación en GRD	Escasamente han sido capacitados en GRD	Se capacitan con frecuencia en GRD	Se capacitan constantemente en GRD	Siempre asisten a capacitaciones y se actualizan
Nunca han recibido capacitación en GRD	1.00	3.00	5.00	7.00	8.00
Escasamente han sido capacitados en GRD	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Se capacitan con frecuencia en GRD	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Se capacitan constantemente en GRD	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Siempre asisten a capacitaciones y se actualizan	0.13	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.80	4.68	9.53	16.33	24.00
1/Suma	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

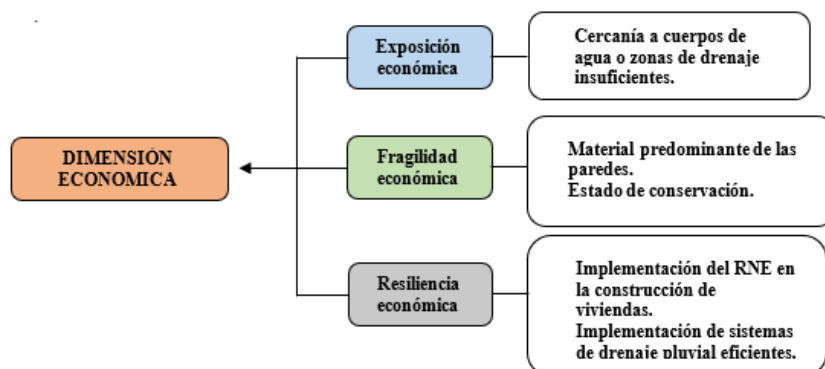
El descriptor de población que nunca ha recibido una capacitación en gestión del riesgo de desastres, recibió una importancia relativa de 8 frente al descriptor de población que participa de manera permanente en capacitaciones y mantiene actualizados sus conocimientos en GRD, debido a que la falta limitada de preparación, respuesta y adopción de medidas preventivas, incrementando la vulnerabilidad de la población frente a inundaciones pluviales.

Análisis de dimensión económica

El análisis de la dimensión economía tomó en cuenta las características de las viviendas como un indicador representativo de las condiciones económicas de la población ubicada en el área de estudio y su relación con el nivel de vulnerabilidad. Los parámetros analizados fueron organizados en los componentes de exposición, fragilidad y resiliencia, cuyo proceso metodológico se detalla en el siguiente flujograma:

Figura 25.

Flujograma para el análisis de la dimensión económica



Fuente: elaboración del equipo técnico.

Exposición económica

Los parámetros considerados para el análisis de la exposición económica son:

- **Cercanía a cuerpos de agua o zonas de drenaje insuficientes respecto al peligro:**

Tabla 21.

Exposición económica

Exposición económica	Cercanía a cuerpos de agua o zonas de drenaje insuficientes
Cercanía a cuerpos de agua o zonas de drenaje insuficientes	1.00
Suma	1.00
1/Suma	1.00

Tabla 22.

Cercanía a cuerpos de agua

Cercanía a una fuente de agua	Menos 25 ml.	De 25 a 50 mt.	De 50 a 100 mt.	De 100 a 250 mt.	Mayor a 250 ml.
Menos 25 ml.	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
De 25 a 50 mt.	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
De 50 a 100 mt.	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
De 100 a 250 mt.	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
Mayor a 250 ml.	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
Suma	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
1/Suma	0.44	0.24	0.15	0.10	0.07

El descriptor de ubicación dentro de una zona de drenaje insuficiente recibió una importancia relativa de 5 frente al descriptor ubicación muy alejada (mas de 60 m de una zona con drenaje insuficiente), debido a que la proximidad a áreas con deficiencias en el drenaje incrementa la exposición de la población y de las edificaciones a los efectos de las inundaciones pluviales, aumentando su nivel de vulnerabilidad.

Fragilidad económica

Los parámetros empleados para evaluar la fragilidad de la dimensión económica comprenden los siguientes aspectos:

- **Fragilidad económica respecto al peligro.**

Tabla 23.

Fragilidad económica

Fragilidad económica	Material predominante	Estado de conservación
Material predominante	1.00	3.00
Estado de conservación	0.33	1.00
Suma	1.33	4.00
1/Suma	0.75	0.25

Tabla 24.

Material predominante

Material predominante	Ladrillo confinado	Madera	Adove	Ladrillo sin confinar	Prefabricado
Ladrillo confinado	1.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Madera	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00
Adove	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
Ladrillo sin confinar	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
Prefabricado	0.17	0.20	0.25	0.33	1.00
Suma	1.95	4.78	8.58	13.33	19.00
1/Suma	0.51	0.21	0.12	0.08	0.05

Tabla 25.

Estado de conservación de la edificación

Estado de conservación de la edificación	Las edificaciones evidencian un grado crítico de deterioro estructural que compromete seriamente su estabilidad y sugiere un riesgo inminente de colapso.	Las construcciones carecen de mantenimiento periódico y presentan daños estructurales significativos que afectan su desempeño, sin que exista riesgo inmediato de colapso.	Las edificaciones son objeto de mantenimiento ocasional y, en general, conservan condiciones estructurales adecuadas; los daños existentes son menores y susceptibles de reparación.	Las construcciones cuentan con mantenimiento continuo y únicamente presentan desgaste superficial asociado al uso habitual de la infraestructura.	Las edificaciones reciben mantenimiento constante y se encuentran en óptimas condiciones, sin evidencias de deterioro estructural o funcional.
Las edificaciones evidencian un grado crítico de deterioro estructural que compromete seriamente su estabilidad y sugiere un riesgo inminente de colapso	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
Las construcciones carecen de mantenimiento periódico y presentan daños estructurales significativos que afectan su desempeño, sin que exista riesgo inmediato de colapso.	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
Las edificaciones son objeto de mantenimiento ocasional y, en general, conservan condiciones estructurales adecuadas; los daños existentes son menores y susceptibles de reparación.	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Las construcciones cuentan con mantenimiento continuo y únicamente presentan desgaste superficial asociado al uso habitual de la infraestructura.	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
Las edificaciones reciben mantenimiento constante y se encuentran en óptimas condiciones, sin evidencias de deterioro estructural o funcional.	0.14	0.20	0.33	0.50	1.00
Suma	2.18	4.03	6.83	11.50	18.00
1/Suma	0.46	0.25	0.15	0.09	0.06

El descriptor edificaciones que representan un grado crítico de deterioro estructural, comprometiendo su estabilidad y evidenciando un riesgo inminente de colapso, recibió una importancia relativa frente al descriptor de edificaciones que reciben mantenimiento periódico y se mantienen en óptimas condiciones estructurales y funcionales, debido a que el deterioro estructural incrementa significativamente la susceptibilidad de las edificaciones.

Resiliencia económica

Los parámetros empleados para el análisis de la resiliencia en dimensión económica son los siguientes:

- Resiliencia económica frente al peligro.

Tabla 26.

Resiliencia económica

Resiliencia económica	Implementación del RNE en la construcción de las viviendas	Implementación de sistemas de drenaje pluvial eficientes
Implementación del RNE en la construcción de las viviendas	1.00	2.00
Implementación de sistemas de drenaje pluvial eficientes	0.50	1.00
Suma	1.50	3.00
1/Suma	0.67	0.33

Tabla 27.

Implementación del RNE en la construcción de viviendas

Implementación del RNE en la construcción de las viviendas	El RNE no se aplica desde la fase de diseño urbano, determinando la ubicación, tipo de habitación (residencial, comercial, etc.) y las características generales de la construcción.	El RNE no se aplica para el diseño de la edificación, incluyendo consideraciones de seguridad, accesibilidad, ventilación, iluminación natural, y otros aspectos.	El RNE no se aplica durante la construcción, debiéndose seguir las normas específicas del RNE, como las normas de albañilería, acero, hormigón, instalaciones sanitarias, eléctricas, etc.	El RNE no se aplica en la realización de las inspecciones durante la construcción para verificar el cumplimiento de las normas del RNE y asegurar la calidad de los materiales y la ejecución de los trabajos.	El RNE no se aplica para el mantenimiento y operación de las edificaciones, incluyendo aspectos de seguridad, eficiencia energética, y accesibilidad.
El RNE no se aplica desde la fase de diseño urbano, determinando la ubicación, tipo de habitación (residencial, comercial, etc.) y las características generales de la construcción.	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
El RNE no se aplica para el diseño de la edificación, incluyendo consideraciones de seguridad, accesibilidad, ventilación, iluminación natural, y otros aspectos.	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
El RNE no se aplica durante la construcción, debiéndose seguir las normas específicas del RNE, como las normas de albañilería, acero, hormigón, instalaciones sanitarias, eléctricas, etc.	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
El RNE no se aplica en la realización de las inspecciones durante la construcción para verificar el cumplimiento de las normas del RNE y asegurar la calidad de los materiales y la	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00

ejecución de los trabajos.					
El RNE no se aplica para el mantenimiento y operación de las edificaciones, incluyendo aspectos de seguridad, eficiencia energética, y accesibilidad.	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
Suma	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
1/Suma	0.44	0.24	0.15	0.10	0.07

El descriptor incumplimiento del RNE desde la fase de diseño urbano y de la planificación de las edificaciones recibió una importancia de 5 frente al descriptor incumplimiento del RNE, únicamente en las actividades de mantenimiento de las edificaciones, debido a que las deficiencias durante toda su vida útil, incrementando su vulnerabilidad frente a eventos de inundación pluvial.

Tabla 28.

Implementación de sistemas de drenaje deficientes

Implementación de sistemas de drenaje pluvial eficientes	No implementa apropiadamente sistemas de drenaje pluvial eficientes	Implementa medianamente los sistemas de drenaje pluvial eficientes	Implementa parcialmente los sistemas de drenaje pluvial eficientes	Implementa los sistemas de drenaje pluvial eficientes	Implementa completamente los sistemas de drenaje pluvial eficientes
No implementa apropiadamente sistemas de drenaje pluvial eficientes	1.00	2.00	3.00	5.00	6.00
Implementa medianamente los sistemas de drenaje pluvial eficientes	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
Implementa parcialmente los sistemas de drenaje pluvial eficientes	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Implementa los sistemas de drenaje pluvial eficientes	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
Implementa completamente los sistemas de drenaje pluvial eficientes	0.17	0.20	0.33	0.50	1.00
Suma	2.20	4.03	6.83	11.50	17.00
1/Suma	0.45	0.25	0.15	0.09	0.06

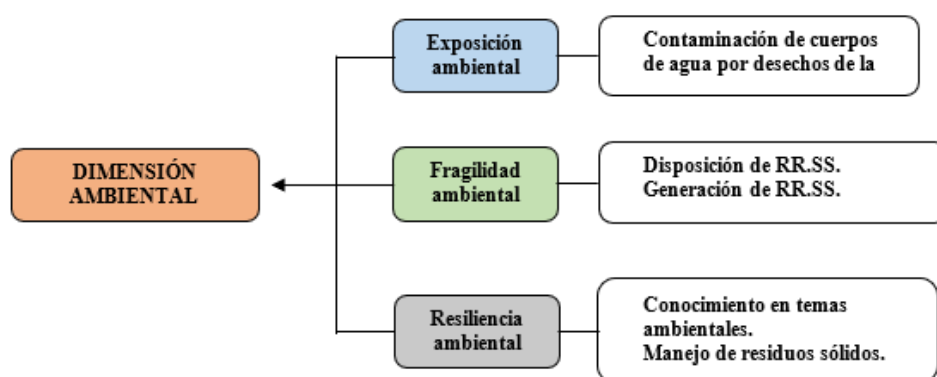
El descriptor ausencia o implementación inadecuada de sistemas de drenaje pluvial eficiente recibió una importancia relativa de 6 frente al descriptor de implementación integral, debido a que la deficiente infraestructura de drenaje reduce la capacidad de evacuación de las aguas pluviales, favorece su acumulación e incrementa la vulnerabilidad de la población y de las edificaciones frente a inundaciones pluviales.

Análisis de la dimensión ambiental

El análisis de dimensión ambiental comprende la evaluación de las condiciones y características del entorno natural del área de estudio, así como su influencia sobre la vulnerabilidad. Los parámetros considerados fueron organizados en los componentes de exposición, fragilidad y resiliencia, cuyo proceso metodológico se presenta en el siguiente flujograma:

Figura 26.

Flujograma de dimensión ambiental para determinar vulnerabilidad.



Fuente: elaborado por equipo técnico.

Exposición ambiental

El parámetro empleado para evaluar la exposición ambiental corresponde a la contaminación de los cuerpos de agua por la disposición de residuos y desechos generados en la zona.

Tabla 29.

Exposición ambiental

Exposición ambiental	Contaminación de cuerpos de agua por desechos de la zona
Contaminación de cuerpos de agua por desechos de la zona	1.00
Suma	1.00
1/Suma	1.00

Tabla 30.***Disposición de RRSS***

Contaminación de cuerpos de agua por desechos de la zona	Menos 25 ml.	De 26 a 50 ml.	De 51 a 100 ml.	De 101 a 250 ml.	Mayor a 250 ml.
Menos 25 ml.	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
De 26 a 50 ml.	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
De 51 a 100 ml.	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
De 101 a 250 ml.	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
Mayor a 250 ml.	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
Suma	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
1/Suma	0.44	0.24	0.15	0.10	0.07

La evaluación de la vulnerabilidad de la zona, la contaminación de cuerpos de agua por desechos de la zona, determinando la ubicación que menos de 25 ml es cinco veces más importante que a 250ml.

Fragilidad ambiental

Los parámetros considerados para el análisis de la fragilidad ambiental son:

- Disposición de RRSS.
- Generación de residuos sólidos.

Tabla 31.***Fragilidad ambiental***

Fragilidad ambiental	Disposición de RR. SS	Generación de Residuos sólidos
Disposición de RR. SS	1.00	3.00
Generación de Residuos sólidos	0.33	1.00
Suma	1.33	4.00
1/Suma	0.75	0.25

Tabla 32.**Disposición de RRSS**

Disposición de RR.SS	En botadero no autorizado	En recolector municipal	En la misma vivienda con métodos e tratamiento	Entrega a EPS-RS	En relleno sanitario autorizado
En botadero no autorizado	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
En recolector municipal	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
En la misma vivienda con métodos e tratamiento	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Entrega a EPS-RS	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
En relleno sanitario autorizado	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
Suma	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
1/Suma	0.44	0.24	0.15	0.10	0.07

El criterio de disposición de residuos sólidos (RRSS), es utilizada en la evaluación de la vulnerabilidad, esto se debe a que la gestión inadecuada de residuos sólidos puede generar la obstrucción de los sistemas de drenaje pluvial, contribuyendo al deterioro y la contaminación del entorno, en consecuencia, aumentar la vulnerabilidad de la población y de las edificaciones frente a inundaciones pluviales.

Tabla 33.**Generación de RRSS**

Generación de Residuos sólidos	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Muy Alto	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Alto	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Medio	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Bajo	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Muy bajo	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/Suma	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

La generación de residuos sólidos para la evaluación de la vulnerabilidad, según la matriz de saaty, debido a que una mayor producción de residuos incrementa las condiciones de vulnerabilidad al favorecer la acumulación de desechos, la obstrucción de los sistemas de drenaje y la reducción de la capacidad de respuesta frente a eventos de inundación pluvial.

Resiliencia ambiental

Para el análisis de resiliencia ambiental son:

- Conocimiento en temas ambientales,
- Manejo de residuos sólidos.

Tabla 34.

Resiliencia ambiental

Resiliencia ambiental	Conocimiento en temas ambientales	Manejo de residuos sólidos
Conocimiento en temas ambientales	1.00	3.00
Manejo de residuos sólidos	0.33	1.00
Suma	1.33	4.00
1/Suma	0.75	0.25

Tabla 35.

Conocimiento en temas ambientales

Conocimiento en temas ambientales	No conoce	Por otras personas	Por medios de comunicación (Radio y/o TV)	Por medio de comunicación (Internet)	Capacitaciones por entidades públicas o privadas
No conoce	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
Por otras personas	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
Por medios de comunicación (Radio y/o TV)	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Por medio de comunicación (Internet)	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
Capacitaciones por entidades públicas o privadas	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
Suma	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
1/Suma	0.44	0.24	0.15	0.10	0.07

El descriptor población sin conocimientos en temas ambientales recibió una importancia relativa de 5 frente al descriptor de población capacitada en temas ambientales por Entidades públicas o privadas, debido a que la falta de conocimiento ambiental limita la adopción de prácticas adecuadas de prevención, conservación y gestión del entorno, incrementando la vulnerabilidad de la población frente a eventos de inundación pluvial.

Tabla 36.

Manejo de residuos solidos

Manejo de residuos sólidos	Sin Manejo	Deposita en envases	Segrega orgánico e inorgánico	Compostaje y Reusó	Segrega por tipo de RR.SS.
Sin Manejo	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Deposita en envases	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Segrega orgánico e inorgánico	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Compostaje y Reusó	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Segrega por tipo de RR.SS.	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/Suma	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

El descriptor ausencia de manejo adecuado de residuos sólidos recibió una importancia relativa de 9 frente al descriptor de segregación de residuos sólidos por tipo, debido a que las deficientes prácticas de manejo favorecen la acumulación de residuos, generan obstrucción en los sistemas de drenaje y contribuyen al incremento de las condiciones de vulnerabilidad de la población frente a eventos de inundación pluvial.

5.4. Nivel de vulnerabilidad

La determinación se basó en el análisis historio y temporal de los factores que inciden en el desarrollo, incorporando aspectos sociales y técnico- científico vinculados al área de estudio. Los rangos y niveles resultantes fueron obtenidos mediante la aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), tal como se muestra:

Tabla 37.

Niveles de vulnerabilidad

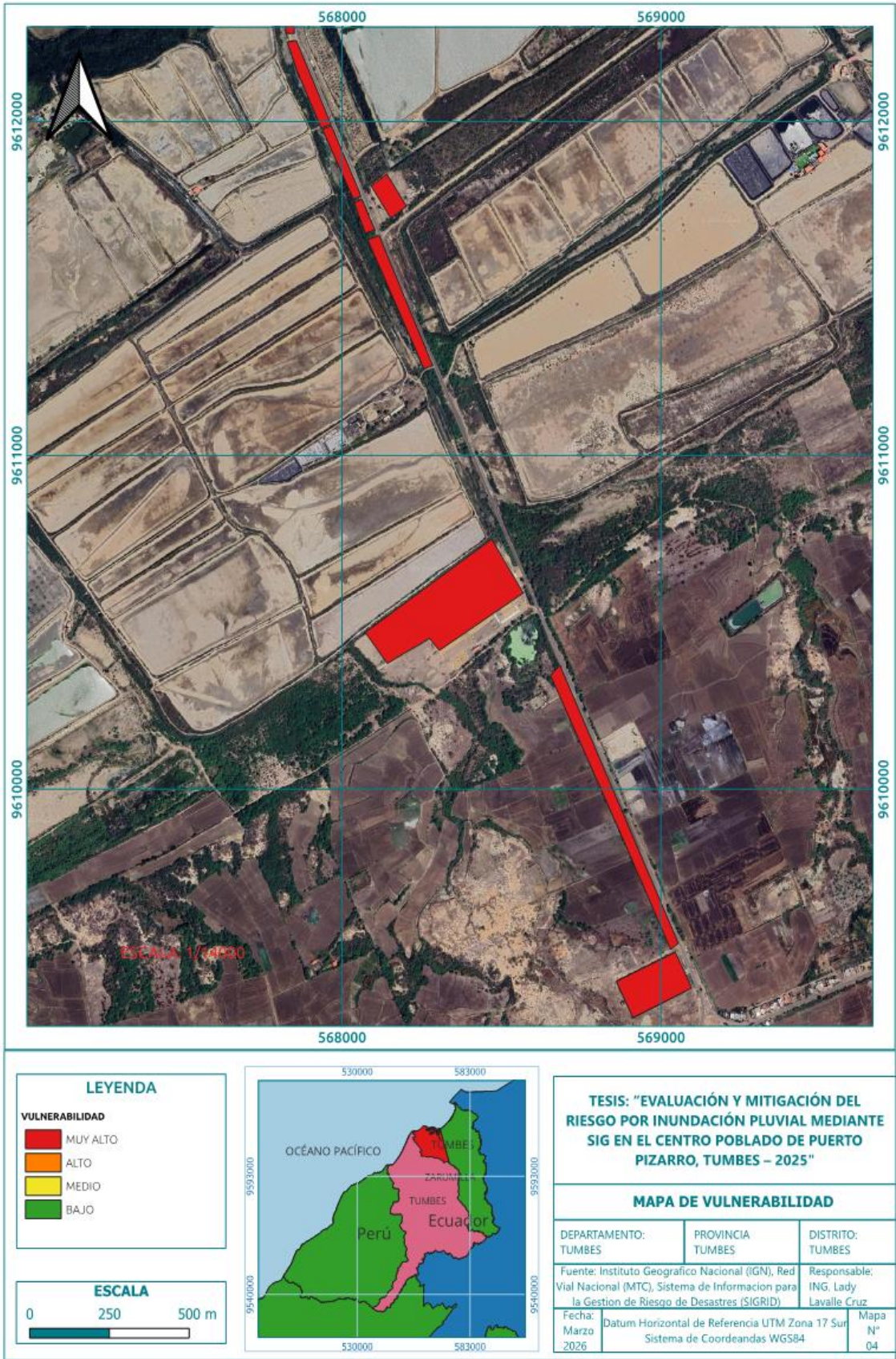
NIVEL	RANGO
Muy alto	$0.262 \leq V \leq 0.446$
Alto	$0.152 \leq V < 0.262$
Medio	$0.087 \leq V < 0.152$
Bajo	$0.052 \leq V < 0.087$

MAPA DE VULNERABILIDAD



Figura 27.

Mapa de vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia con información de campo.

CALCULO DEL RIESGO

DETERMINACION DE LOS NIVELES DEL RIESGO

Luego de identificar los peligros y evaluar la vulnerabilidad del área frente a la presencia de precipitaciones torrenciales, se examinaron las variables de exposición, debilidad estructural y capacidad de adaptación que determinan el grado de susceptibilidad. Posteriormente, la articulación de estos factores hizo posible determinar el grado de riesgo en la zona analizada, considerando que, conforme a lo dispuesto por la Guía para la Evaluación de Riesgos del SINAGERD, este se calcula a partir de la interacción entre amenaza y la vulnerabilidad.

$$R_{ie}|_t = f(P_i, V_e)|_t$$

Donde:

R= Riesgo

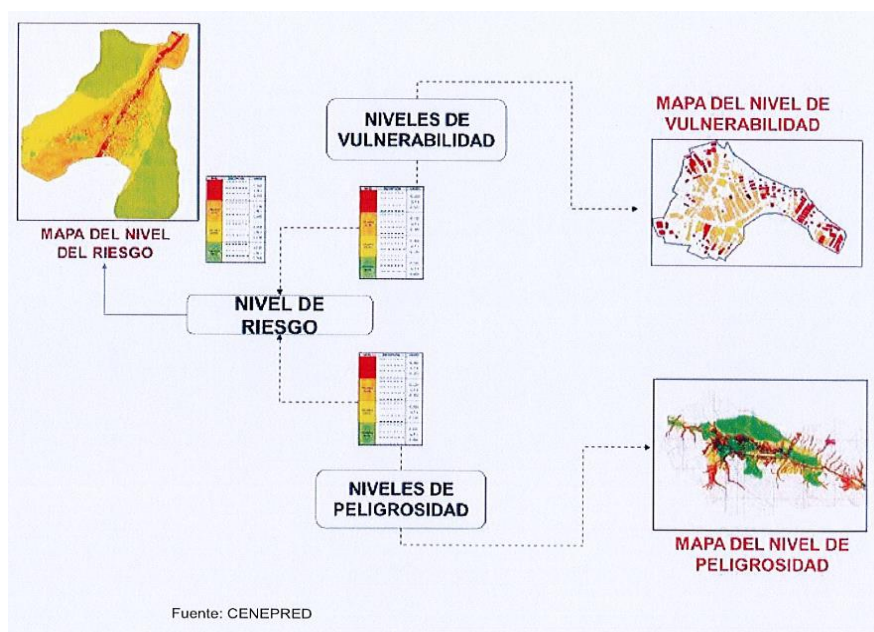
F= En función

Pi= Peligro con la intensidad mayor o igual a i durante un periodo de exposición t

Ve= Vulnerabilidad de un elemento expuesto

Figura 28.

Metodología para determinar el riesgo



DETERMINACION DE LOS NIVELES DE RIESGOS

Niveles de riesgo

Los niveles de riesgos definitivos establecen los valores extremos obtenidos en la matriz de riesgos:

Tabla 38.

Matriz de riesgo por Inundación Pluvial.

Valor de peligro	Valor de vulnerabilidad	Valor de riesgo
(P)	(V)	(PxV=R)
0.319	0.446	0.142
0.219	0.262	0.057
0.173	0.152	0.026
0.146	0.087	0.013
0.131	0.052	0.007

Tabla 39.

Matriz de riesgo

NIVEL	RANGO
Muy alto	$0.106 \leq R \leq 0.307$
Alto	$0.041 \leq R < 0.106$
Medio	$0.013 \leq R < 0.041$
Bajo	$0.005 \leq R < 0.013$

Matriz del riesgo

El cuadro de evaluación de peligros asociados a la presencia de lluvias intensas dentro de la zona de afectación del asentamiento poblacional de Puerto Pizarro se presenta en las siguientes líneas:

Tabla 40.

Matriz para determinar los valores del riesgo

0.319	0.028	0.048	0.084	0.142
0.219	0.019	0.033	0.057	0.098
0.173	0.015	0.026	0.045	0.077
0.146	0.013	0.022	0.038	0.065
	0.087	0.152	0.262	0.446

MAPA DEL RIESGO

Figura 29.

Mapa del Riesgo por Inundación Pluvial

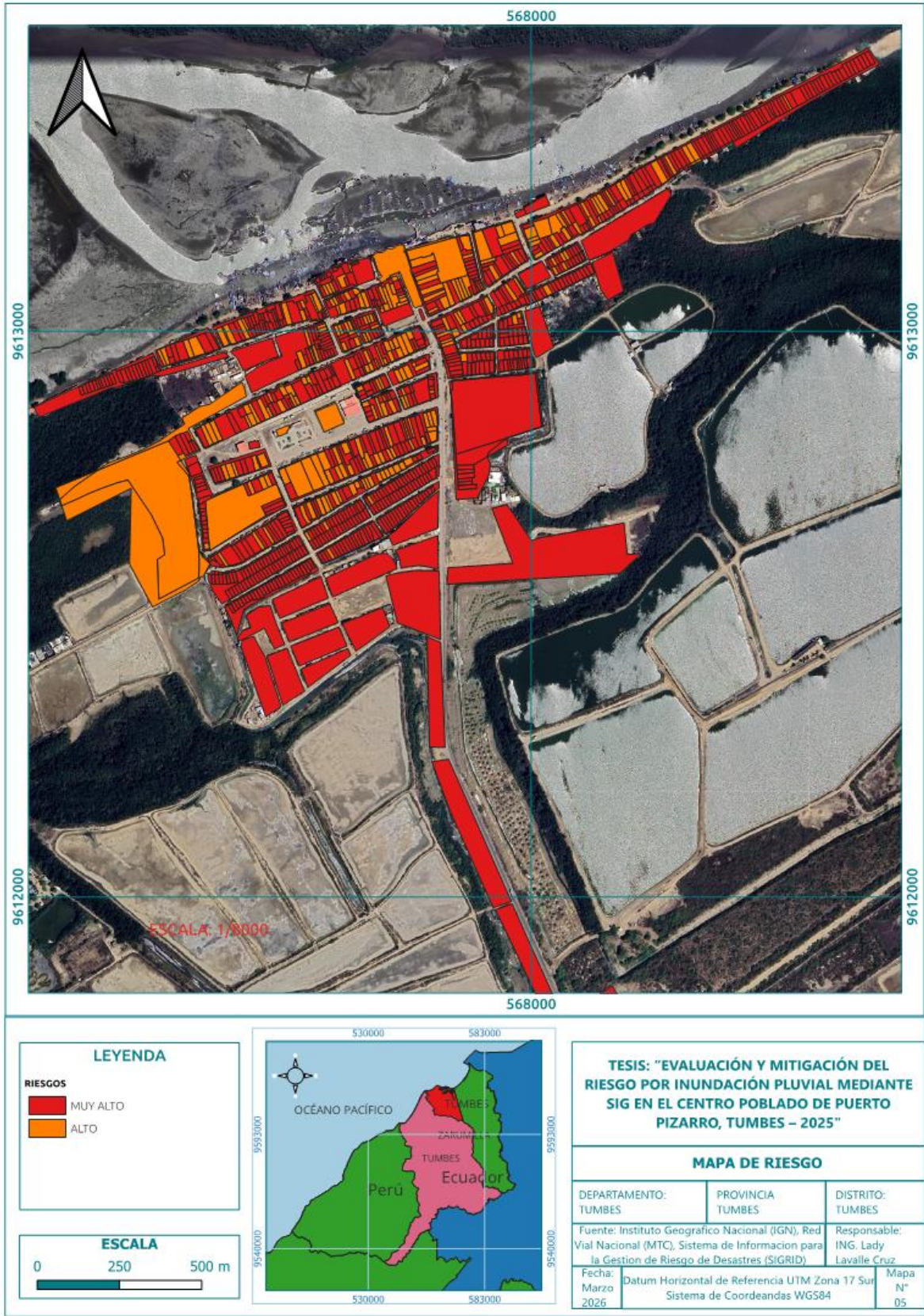
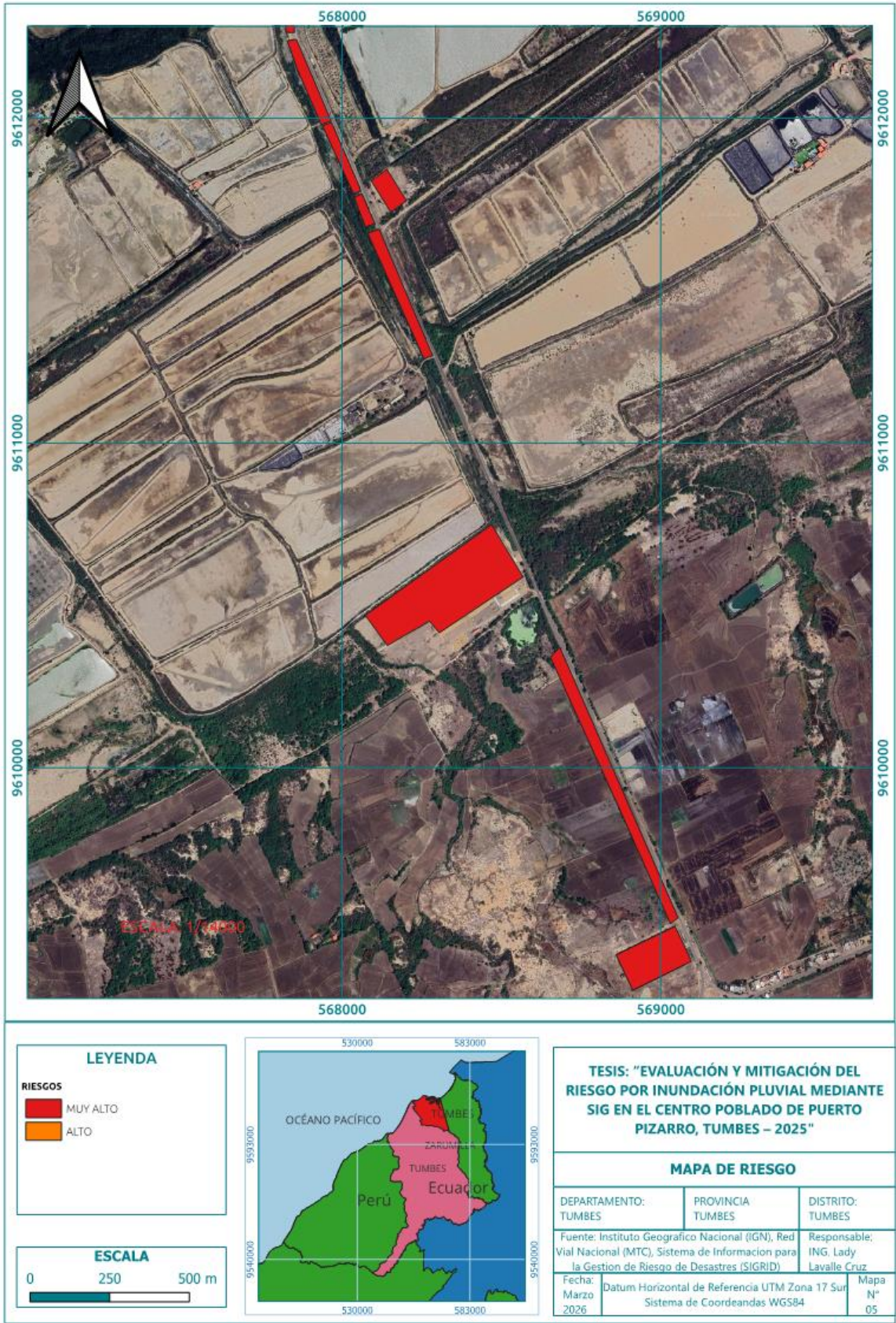


Figura 30.

Mapa del Riesgo por Inundación Pluvial



Fuente: Elaboración propia con información de campo.

CONTROL DEL RIESGO ACEPTABILIDAD O TOLERANCIA DEL RIESGO

Tabla 41.

Valoración de las consecuencias.

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy Alta	Los efectos generados por la ocurrencia de un fenómeno natural alcanzan una magnitud crítica, ocasionando pérdidas severas y afectaciones generalizadas.
3	Alta	Los impactos ocasionados por el fenómeno natural requieren asistencia externa para su adecuada atención y recuperación.
2	Medio	Los efectos producidos por el evento pueden ser afrontados mediante los recursos y capacidades existentes en el ámbito afectado.
1	Baja	Las afectaciones derivadas del fenómeno pueden ser atendidas eficazmente, sin generar mayores dificultades para la población o las instituciones responsables.

Fuente: Elaboración de equipo técnico curso EVAR

Según el cuadro presente, parte de la vivienda que presentan afectaciones que podrían ser atendidas con apoyo externo, clasificándose en el Nivel 3- Alto.

Sin embargo, otras viviendas muestran una condición más crítica, donde las consecuencias potenciales serían catastróficas, correspondiendo al Nivel 4- Muy Alto.

Valoración de frecuencia

Tabla 42.

Valoración de la frecuencia de ocurrencia

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy Alta	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias
3	Alta	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias
2	Media	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias
1	Baja	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales

Fuente: CENEPRED – DIFAT

Nivel de consecuencia y daño

Tabla 43.

Nivel de consecuencia y daño

Consecuencia	Nivel	Zona de consecuencias y daños			
Muy Alta	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Media	Media	Alta	Alta
Baja	1	Baja	Media	Media	Alta
	Nivel	1	2	3	4
	Frecuencia	Baja	Media	Alta	Muy Alta

Fuente: CENEPRED – DIFAT

A partir de lo expuesto, se determina que el nivel de consecuencias y daño corresponde a los niveles 3- Alto, 4 Muy Alto.

Aceptabilidad y/o tolerancia

Tabla 44.

Nivel de aceptabilidad y tolerancia

Valor	Nivel	Descripción
4	Inadmisible	Es indispensable implementar de forma inmediata medidas de control estructural o físico y, cuando sea viable, adoptar mecanismos de transferencia del riesgo.
3	Inaceptable	Se requiere ejecutar acciones urgentes y de alta prioridad orientadas a la gestión y reducción del riesgo identificado.
2	Tolerable	Es necesario implementar medidas y actividades destinadas al control y manejo del riesgo existente.
1	Aceptable	El nivel de riesgo identificado no representa una amenaza significativa para el área evaluada.

Fuente: CENEPRED – DIFAT

Del cuadro se obtiene que la Aceptabilidad y/o tolerancia del Riesgo por Inundación Pluvial es de Nivel 3- Inaceptable, Nivel 4- Inadmisible, debiendo desarrollarse actividades INMEDIATAS Y PRIORITARIAS.

PROPUESTA DE MITIGACION

MEDIDAS DE MITIGACION

DE ORDEN ESTRUCTURAL

Anexo técnico de mitigación hidráulica preliminar: curvas de nivel, dirección de flujo, caudales, evacuación, disposición final, equipo de bombeo en el centro poblado de Puerto Pizarro.

El proyecto de pavimentación vial para el centro poblado de Puerto Pizarro contempla la ejecución de calles con adecuada elevación de rasante, incorporando pendientes longitudinales y transversales que permiten un eficiente escurrimiento superficial de las aguas pluviales. Este diseño incluye la construcción de cunetas laterales que capten y conduzcan el agua de lluvia, incrementando la pendiente en puntos estratégicos para garantizar su flujo continuo, así como la implementación de buzones pluviales destinados a la recolección y conducción subterránea del drenaje. Todo el sistema ha sido planteado para dirigir las aguas hacia zonas de descarga natural, específicamente hacia el área del manglar y mar. La tecnología de pavimentación a emplear en el centro poblado puede variar desde concreto simple (complementando con cunetas) hasta concreto permeable (que favorece la infiltración al subsuelo). En caso de utilizar pavimento flexible, este deberá incluir cunetas longitudinales de sección rectangular (concreto simple) y un bombeo (2%) adecuado a la pendiente transversal de la vía, conforme a los criterios técnicos indicados en la siguiente figura.

Figura 31.

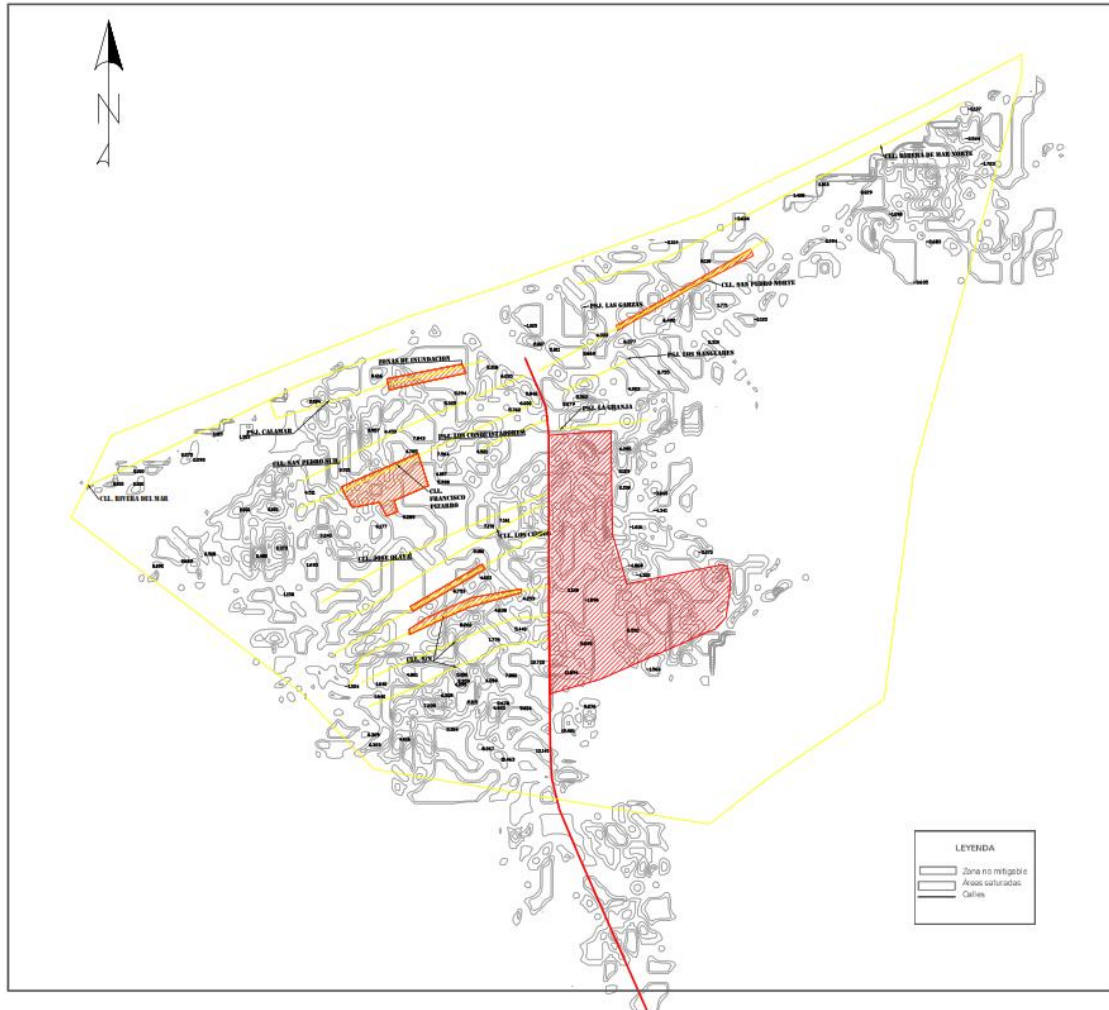
Plano General de Pavimentación vial y secciones.



1. Anexo plano de curvas de nivel en el que se indican: cotas, curvas de nivel, norte, escala, calles, zonas de inundación y zonas no habitable.

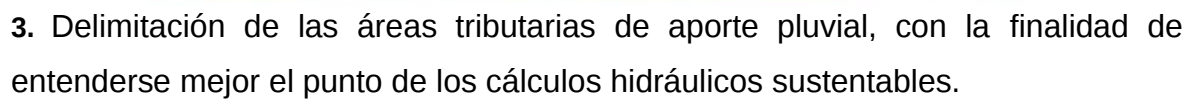
Figura 32.

Plano de curvas de nivel y delimitación de zonas de riesgo por inundación pluvial



2. Anexo plano de dirección de flujos superficiales, en el que se indica gráficamente el sentido natural de escurrimiento de las aguas pluviales. En el plano anterior se visualizaron los puntos más críticos de inundación; el presente plano indica la dirección de los flujos pos pavimentación de las calles con sus cunetas respectivas para drenar el agua de lluvia.

Plano de dirección de flujos y puntos de desfogue N° 01 al N° 05



Plano de delimitación de áreas tributarias de aporte pluvial



4. Cálculo hidrológico e hidráulico preliminar, en el que se halló el caudal generado por precipitaciones mediante el método racional que aplica para el área de estudio según MTC; se tomó en cuenta las áreas de aporte, intensidad de lluvia, coeficiente de escorrentía y caudal de diseño. Asimismo, se verificó mediante la herramienta H CANALES, la capacidad de conducción de las cunetas propuestas en las vías para la conducción y entrega del agua pluvial.

Distribución de Probabilidades Pluviométricas mediante Gumbel

Nº	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm)	
			x_i	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1986	160.40	160.40	8,620.408
2	1987	51.80	51.80	248.184
3	1988	19.90	19.90	2,270.889
4	1989	145.80	145.80	6,122.461
5	1990	94.30	94.30	715.357
6	1991	7.50	7.50	3,606.464
7	1992	63.50	63.50	16.434
8	1993	32.60	32.60	1,221.771
9	1994	26.10	26.10	1,718.421
10	1995	159.20	159.20	8,399.018
11	1996	44.00	44.00	554.784
12	1997	54.90	54.90	160.120
13	1998	54.80	54.80	162.661
14	1999	17.50	17.50	2,505.388
15	2000	121.20	121.20	2,877.910
16	2001	230.00	230.00	26,388.753
17	2002	155.70	155.70	7,769.744
18	2003	25.80	25.80	1,743.384
19	2004	35.50	35.50	1,027.449
20	2005	79.10	79.10	133.314
21	2006	51.30	51.30	264.188
22	2007	50.00	50.00	308.138
23	2008	15.50	15.50	2,709.603
24	2009	88.50	88.50	438.741
25	2010	47.00	47.00	422.461
26	2011	71.30	71.30	14.034
27	2012	67.00	67.00	0.307
28	2013	72.30	72.30	22.526
29	2014	20.00	20.00	2,261.368
30	2015	48.50	48.50	363.049
31	2016	30.90	30.90	1,343.504
32	2017	29.90	29.90	1,417.812
33	2018	78.60	78.60	122.018
34	2019	90.70	90.70	535.744
35	2020	103.40	103.40	1,284.947
36	2021	16.90	16.90	2,565.812
37	2022	44.00	44.00	554.784
38	2023	49.30	49.30	333.203
39	2024	43.60	43.60	573.787
40	2025	36.30	36.30	976.803
39		Suma	2,634.60	92,775.74

Cálculo variables probabilísticas	Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias																																													
<u>Media</u> $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 67.55 \text{ mm}$	<table><tr><th>Periodo Retorno</th><th>Variable Reducida</th><th>Precip. (mm)</th><th>Prob. de ocurrencia</th><th>Corrección intervalo fijo</th></tr><tr><th>Años</th><th>YT</th><th>XT'(mm)</th><th>F(xT)</th><th>XT (mm)</th></tr><tr><td>2</td><td>0.3665</td><td>51.1900</td><td>0.4238</td><td>57.8447</td></tr><tr><td>5</td><td>1.4999</td><td>95.5200</td><td>0.7621</td><td>107.9376</td></tr><tr><td>10</td><td>2.2504</td><td>132.3900</td><td>0.9009</td><td>149.6007</td></tr><tr><td>25</td><td>3.1985</td><td>187.4800</td><td>0.9753</td><td>211.8524</td></tr><tr><td>50</td><td>3.9019</td><td>234.7100</td><td>0.9927</td><td>265.2223</td></tr><tr><td>100</td><td>4.6001</td><td>287.2600</td><td>0.9981</td><td>324.6038</td></tr><tr><td>500</td><td>6.2136</td><td>432.4100</td><td>1.0000</td><td>488.6233</td></tr></table>	Periodo Retorno	Variable Reducida	Precip. (mm)	Prob. de ocurrencia	Corrección intervalo fijo	Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)	2	0.3665	51.1900	0.4238	57.8447	5	1.4999	95.5200	0.7621	107.9376	10	2.2504	132.3900	0.9009	149.6007	25	3.1985	187.4800	0.9753	211.8524	50	3.9019	234.7100	0.9927	265.2223	100	4.6001	287.2600	0.9981	324.6038	500	6.2136	432.4100	1.0000	488.6233
Periodo Retorno		Variable Reducida	Precip. (mm)	Prob. de ocurrencia	Corrección intervalo fijo																																									
Años		YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)																																									
2		0.3665	51.1900	0.4238	57.8447																																									
5		1.4999	95.5200	0.7621	107.9376																																									
10	2.2504	132.3900	0.9009	149.6007																																										
25	3.1985	187.4800	0.9753	211.8524																																										
50	3.9019	234.7100	0.9927	265.2223																																										
100	4.6001	287.2600	0.9981	324.6038																																										
500	6.2136	432.4100	1.0000	488.6233																																										
<u>Desviación estandar</u> $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 49.41 \text{ mm}$																																														
<u>alfa</u> $\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 38.53 \text{ mm}$																																														
<u>u</u> $u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 45.32 \text{ mm}$																																														
	$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$																																													

$$F_{(x)} = e^{-e^{\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Coefficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas

Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo

Fuente: Volumen de Tránsito

Duraciones, en horas									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.56	0.64	0.79	0.90	1.00

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	57.8447	107.9376	149.6007	211.8524	265.2223	324.6038	488.6233
18 hr	X18 = 91%	52.0602	97.1438	134.6406	167.3634	238.7001	292.1434	439.7610
12 hr	X12 = 80%	45.6973	85.2707	118.1846	167.3634	209.5256	256.4370	386.0124
8 hr	X8 = 68%	37.0206	69.0801	95.7444	135.5855	169.7423	207.7464	312.7189
6 hr	X6 = 61%	32.3930	60.4451	83.7764	118.6373	148.5245	181.7781	273.6290
5 hr	X5 = 57%	28.9224	53.9688	74.8004	105.9262	132.6112	162.3019	244.3117
4 hr	X4 = 52%	25.4517	47.4925	65.8243	93.2151	116.6978	142.8257	214.9943
3 hr	X3 = 46%	21.9810	41.0163	56.8483	80.5039	100.7845	123.3494	185.6769
2 hr	X2 = 39%	17.9319	33.4607	46.3762	65.6742	82.2189	100.6272	151.4732
1 hr	X1 = 30%	14.4612	26.9844	37.4002	52.9631	66.3056	81.1510	122.1558

Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma

$$I = \frac{P \text{ [mm]}}{t_{\text{duración}} \text{ [hr]}}$$

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	2.4102	4.4974	6.2334	8.8272	11.0509	13.5252	20.3593
18 hr	1080	2.8922	5.3969	7.4800	9.2980	13.2611	16.2302	24.4312
12 hr	720	3.8081	7.1059	9.8487	13.9469	17.4605	21.3698	32.1677
8 hr	480	4.6276	8.6350	11.9681	16.9482	21.2178	25.9683	39.0899
6 hr	360	5.3988	10.0742	13.9627	19.7729	24.7541	30.2964	45.6048
5 hr	300	5.7845	10.7938	14.9601	21.1852	26.5222	32.4604	48.8623
4 hr	240	6.3629	11.8731	16.4561	23.3038	29.1745	35.7064	53.7486
3 hr	180	7.3270	13.6721	18.9494	26.8346	33.5948	41.1165	61.8923
2 hr	120	8.9659	16.7303	23.1881	32.8371	41.1095	50.3136	75.7366
1 hr	60	14.4612	26.9844	37.4002	52.9631	66.3056	81.1510	122.1558

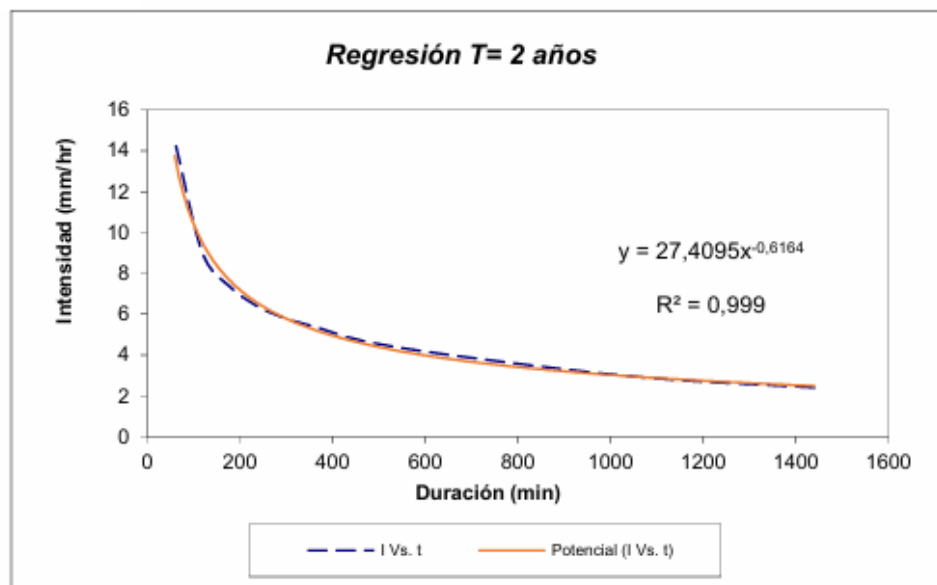
Realizando un cambio de variable:

Con lo que de la anterior expresión se obtiene:

$$d = K \cdot T^m$$

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n} \quad I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n}$$

Periodo de retorno para T = 2 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2.4102	7.2724	0.8797	6.3976	52.8878
2	1080	2.8922	6.9847	1.0620	7.4180	48.7863
3	720	3.8081	6.5793	1.3371	8.7973	43.2865
4	480	4.6276	6.1738	1.5320	9.4584	38.1156
5	360	5.3988	5.8861	1.6862	9.9251	34.6462
6	300	5.7845	5.7038	1.7552	10.0111	32.5331
7	240	6.3629	5.4806	1.8505	10.1419	30.0374
8	180	7.3270	5.1930	1.9916	10.3421	26.9668
9	120	8.9659	4.7875	2.1934	10.5010	22.9201
10	60	14.4612	4.0943	2.6715	10.9379	16.7637
10	4980	62.0384	58.1555	16.9592	93.9304	346.9435
Ln (d) =		4.8219	d =	124.2012	n =	-0.5375



Representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno:

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

Donde:

I = Intensidad (mm/hr)
 t = Duración de la lluvia (min)
 T = Período de retorno (años)
 K, m, n = Parámetros de ajuste

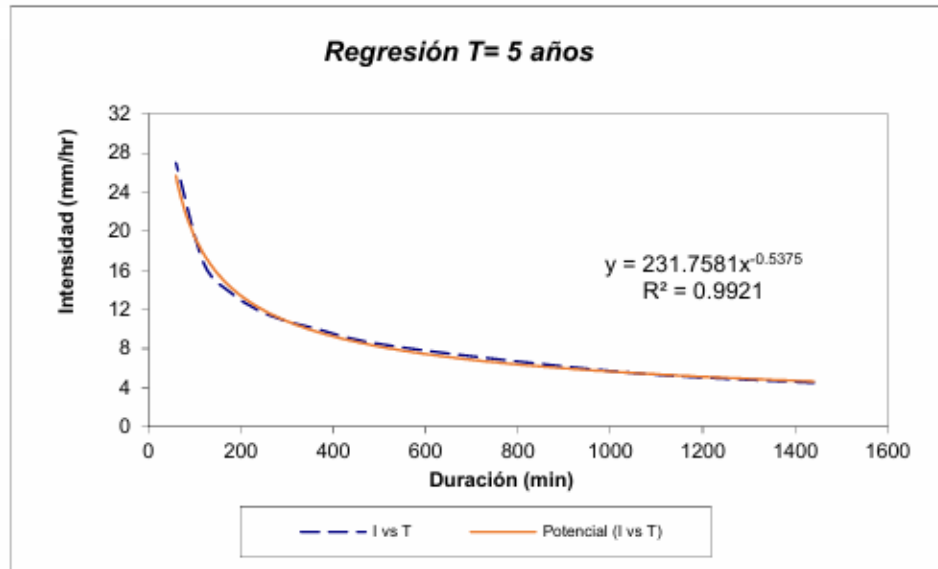
$$d = K \cdot T^m$$

Realizando un cambio de variable:

Con lo que de la anterior expresión se obtiene:

$$I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n}$$

Periodo de retorno para T = 5 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	4.4974	7.2724	1.5035	10.9340	52.8878
2	1080	5.3969	6.9847	1.6858	11.7750	48.7863
3	720	7.1059	6.5793	1.9609	12.9014	43.2865
4	480	8.6350	6.1738	2.1558	13.3096	38.1156
5	360	10.0742	5.8861	2.3100	13.5968	34.6462
6	300	10.7938	5.7038	2.3790	13.5691	32.5331
7	240	11.8731	5.4806	2.4743	13.5606	30.0374
8	180	13.6721	5.1930	2.6154	13.5814	26.9668
9	120	16.7303	4.7875	2.8172	13.4874	22.9201
10	60	26.9844	4.0943	3.2953	13.4919	16.7637
10	4980	115.7631	58.1555	23.1971	130.2073	346.9435
Ln (d) =		5.4457	d =	231.7581	n =	-0.5375



Representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno:

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

Donde:

I = Intensidad (mm/hr)
 t = Duración de la lluvia (min)
 T = Período de retorno (años)
 K, m, n = Parámetros de ajuste

$$d = K \cdot T^m$$

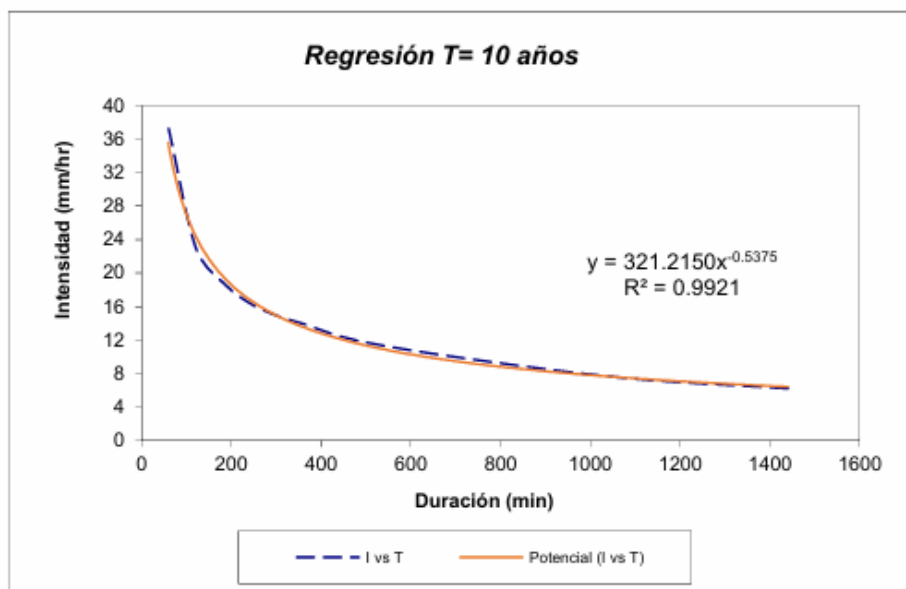
Realizando un cambio de variable:

Con lo que de la anterior expresión se obtiene:

$$I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n}$$

Periodo de retorno para T = 10 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	6.2334	7.2724	1.8299	13.3079	52.8878
2	1080	7.4800	6.9847	2.0122	14.0549	48.7863
3	720	9.8487	6.5793	2.2873	15.0490	43.2865
4	480	11.9681	6.1738	2.4822	15.3248	38.1156
5	360	13.9627	5.8861	2.6364	15.5181	34.6462
6	300	14.9601	5.7038	2.7054	15.4309	32.5331

7	240	16.4561	5.4806	2.8007	15.3496	30.0374
8	180	18.9494	5.1930	2.9418	15.2765	26.9668
9	120	23.1881	4.7875	3.1436	15.0501	22.9201
10	60	37.4002	4.0943	3.6217	14.8284	16.7637
10	4980	160.4468	58.1555	26.4613	149.1902	346.9435
Ln (d) =		5.7721	d =	321.2150	n =	-0.5375



Representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno:

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

Donde:

I = Intensidad (mm/hr)
 t = Duración de la lluvia (min)
 T = Período de retorno (años)
 K, m, n = Parámetros de ajuste

$$d = K \cdot T^m$$

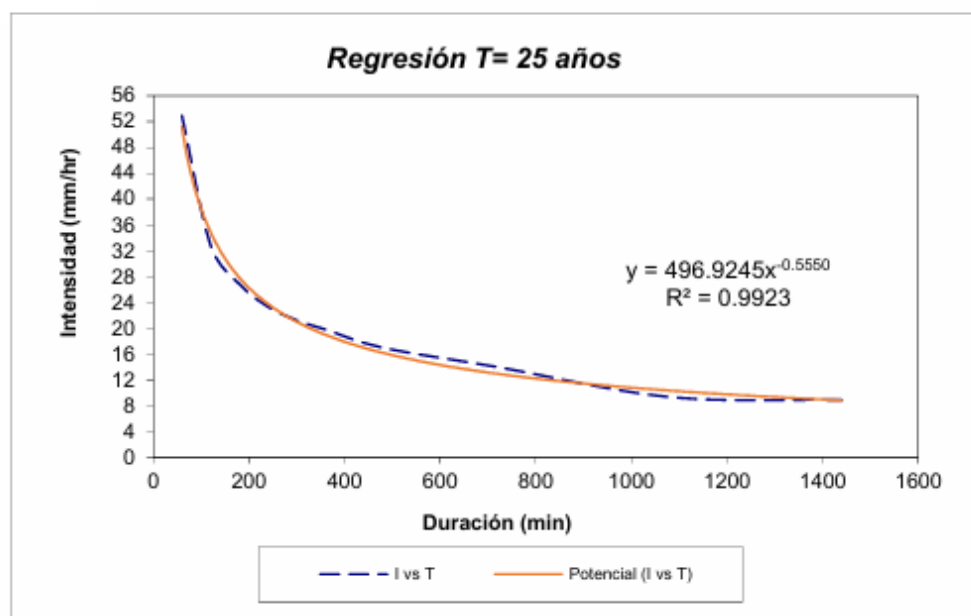
Realizando un cambio de variable:

Con lo que de la anterior expresión se obtiene:

$$I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n}$$

Periodo de retorno para T = 25 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	8.8272	7.2724	2.1778	15.8381	52.8878
2	1080	9.2980	6.9847	2.2298	15.5745	48.7863
3	720	13.9469	6.5793	2.6353	17.3380	43.2865
4	480	16.9482	6.1738	2.8302	17.4728	38.1156
5	360	19.7729	5.8861	2.9843	17.5660	34.6462
6	300	21.1852	5.7038	3.0533	17.4154	32.5331
7	240	23.3038	5.4806	3.1486	17.2564	30.0374
8	180	26.8346	5.1930	3.2897	17.0832	26.9668
9	120	32.8371	4.7875	3.4916	16.7158	22.9201
10	60	52.9631	4.0943	3.9696	16.2529	16.7637
10	4980	225.9170	58.1555	29.8101	168.5132	346.9435
Ln (d) =		6.2084	d =	496.9245	n =	-0.5550



Representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno:

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

Donde:

I = Intensidad (mm/hr)
t = Duración de la lluvia (min)
T = Período de retorno (años)
K, m, n = Parámetros de ajuste

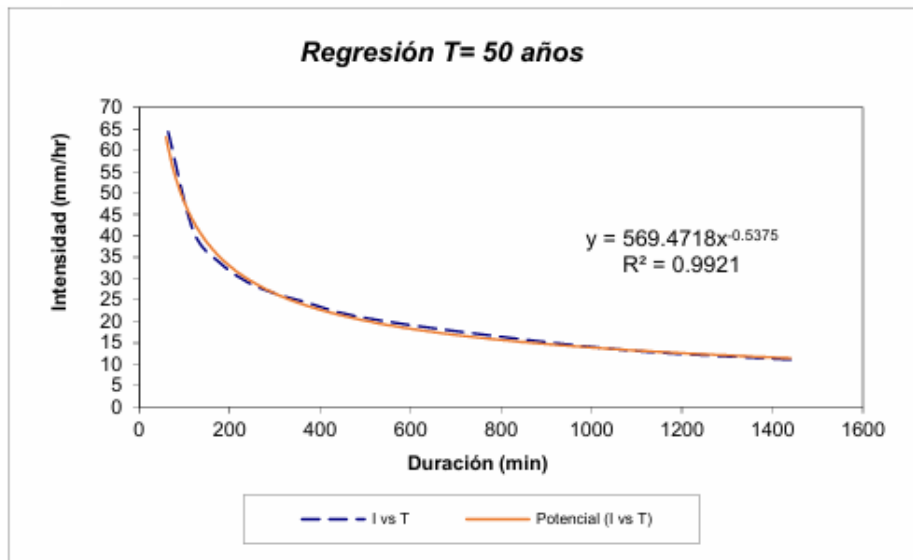
$$d = K \cdot T^m$$

Realizando un cambio de variable:

Con lo que de la anterior expresión se obtiene:

$$I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n}$$

Periodo de retorno para T = 50 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	11.0509	7.2724	2.4025	17.4720	52.8878
2	1080	13.2611	6.9847	2.5848	18.0543	48.7863
3	720	17.4605	6.5793	2.8599	18.8163	43.2865
4	480	21.2178	6.1738	3.0548	18.8599	38.1156
5	360	24.7541	5.8861	3.2090	18.8885	34.6462
6	300	26.5222	5.7038	3.2780	18.6969	32.5331
7	240	29.1745	5.4806	3.3733	18.4878	30.0374
8	180	33.5948	5.1930	3.5144	18.2500	26.9668
9	120	41.1095	4.7875	3.7162	17.7915	22.9201
10	60	66.3056	4.0943	4.1943	17.1728	16.7637
10	4980	284.4509	58.1555	32.1873	182.4900	346.9435
Ln (d) =		6.3447	d =	569.4718	n =	-0.5375



Representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno:

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

Donde:

I = Intensidad (mm/hr)
t = Duración de la lluvia (min)
T = Período de retorno (años)
K, m, n = Parámetros de ajuste

$$d = K \cdot T^m$$

Realizando un cambio de variable:

Con lo que de la anterior expresión se obtiene:

$$I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n}$$

Periodo de retorno para T = 100 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	13.5252	7.2724	2.6046	18.9413	52.8878
2	1080	16.2302	6.9847	2.7869	19.4655	48.7863
3	720	21.3698	6.5793	3.0620	20.1455	43.2865
4	480	25.9683	6.1738	3.2569	20.1073	38.1156
5	360	30.2964	5.8861	3.4110	20.0777	34.6462
6	300	32.4604	5.7038	3.4800	19.8493	32.5331
7	240	35.7064	5.4806	3.5753	19.5951	30.0374
8	180	41.1165	5.1930	3.7164	19.2992	26.9668
9	120	50.3136	4.7875	3.9183	18.7587	22.9201
10	60	81.1510	4.0943	4.3963	18.0000	16.7637
10	4980	348.1376	58.1555	34.2077	194.2395	346.9435
Ln (d) = 6.5467		d = 696.9728		n = -0.5375		

Representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno:

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

Donde:

I = Intensidad (mm/hr)
t = Duración de la lluvia (min)
T = Período de retorno (años)
K, m, n = Parámetros de ajuste

$$d = K \cdot T^m$$

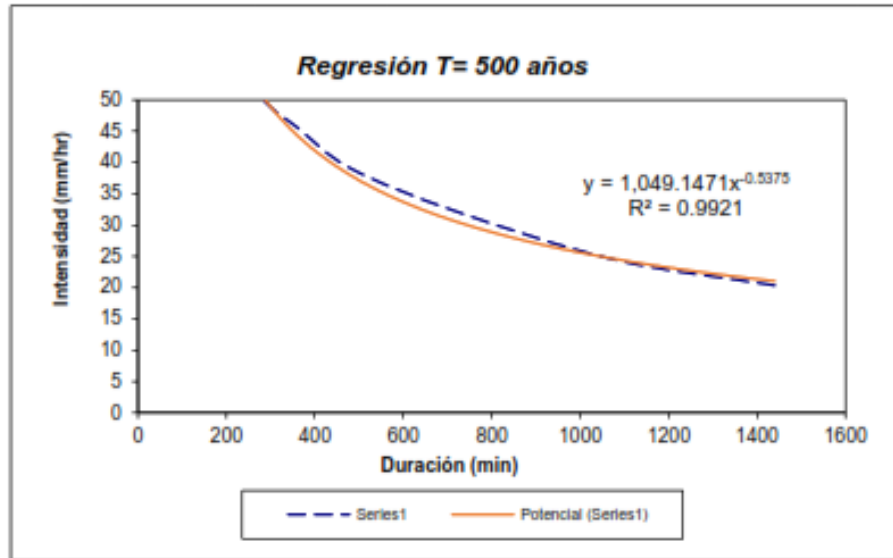
Realizando un cambio de variable:

Con lo que de la anterior expresión se obtiene:

$$I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n}$$

Periodo de retorno para T = 500 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	20.3593	7.2724	3.0135	21.9156	52.8878
2	1080	24.4312	6.9847	3.1959	22.3222	48.7863
3	720	32.1677	6.5793	3.4710	22.8363	43.2865
4	480	39.0899	6.1738	3.6659	22.6323	38.1156
5	360	45.6048	5.8861	3.8200	22.4850	34.6462
6	300	48.8623	5.7038	3.8890	22.1820	32.5331
7	240	53.7486	5.4806	3.9843	21.8366	30.0374

8	180	61.8923	5.1930	4.1254	21.4230	26.9668
9	120	75.7366	4.7875	4.3273	20.7167	22.9201
10	60	122.1558	4.0943	4.8053	19.6745	16.7637
10	4980	524.0485	58.1555	38.2975	218.0243	346.9435
Ln (d) =		6.9557	d =	1049.1471	n =	-0.5375



Resumen de aplicación de regresión potencial		
Periodo de Retorno (años)	Término ctte. de regresión (d)	Coef. de regresión [n]
2	124.20119520153	-0.53752143702
5	231.75812005568	-0.53752143702
10	321.21500747668	-0.53752143702
25	496.92449453309	-0.55496493933
50	569.47182117118	-0.53752143702
100	696.97275510047	-0.53752143702
500	1049.14707593462	-0.53752143702
Promedio =	498.52720992475	-0.54001336592

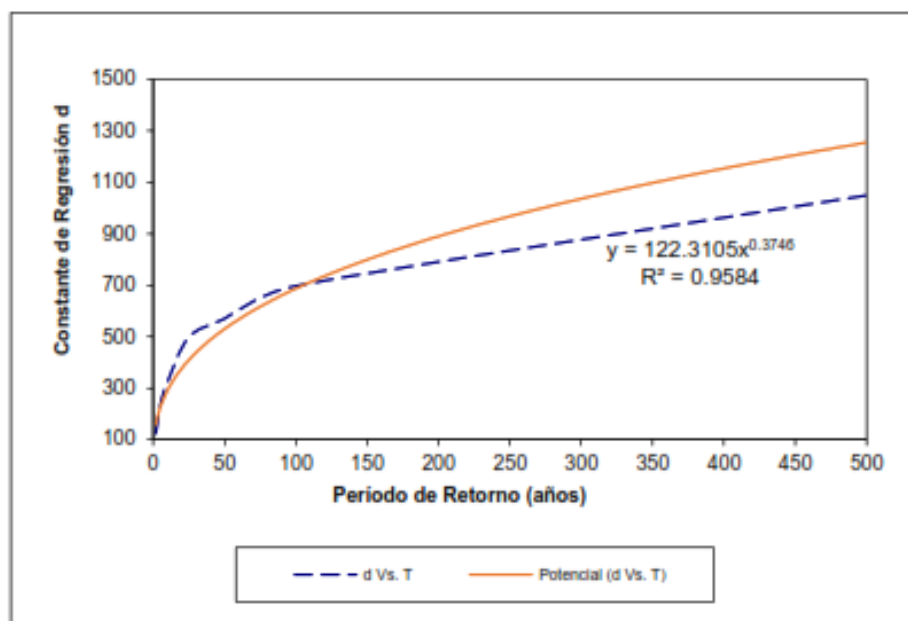
En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación:

$$d = K \cdot T^m$$

Regresión potencial						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	124.2012	0.6931	4.8219	3.3423	0.4805
2	5	231.7581	1.6094	5.4457	8.7645	2.5903
3	10	321.2150	2.3026	5.7721	13.2908	5.3019
4	25	496.9245	3.2189	6.2084	19.9842	10.3612
5	50	569.4718	3.9120	6.3447	24.8206	15.3039
6	100	696.9728	4.6052	6.5467	30.1489	21.2076
7	500	1049.1471	6.2146	6.9557	43.2272	38.6214
7	692	3489.6905	22.5558	42.0953	143.5784	93.8667
Ln (K) =		4.8066	K =		122.3105	m =
					0.3746	

Termin
 constante
 de
 regresión
 (K) = 122.3105

 Coef. de
 regresión
 (m) = 0.374599



La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{K T^m}{t^n}$$

$$I = \frac{122.3105 \cdot T^{0.374599}}{t^{0.54001}}$$

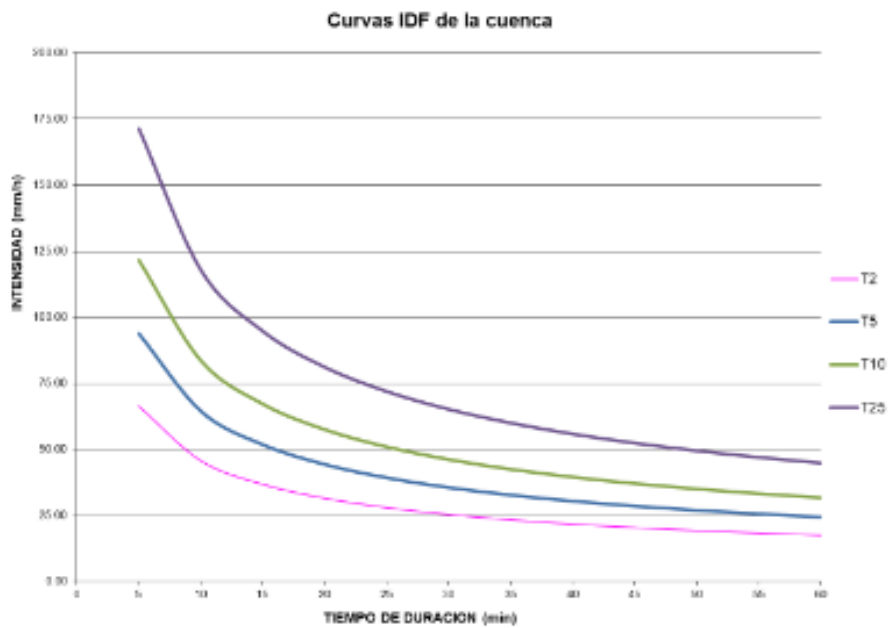
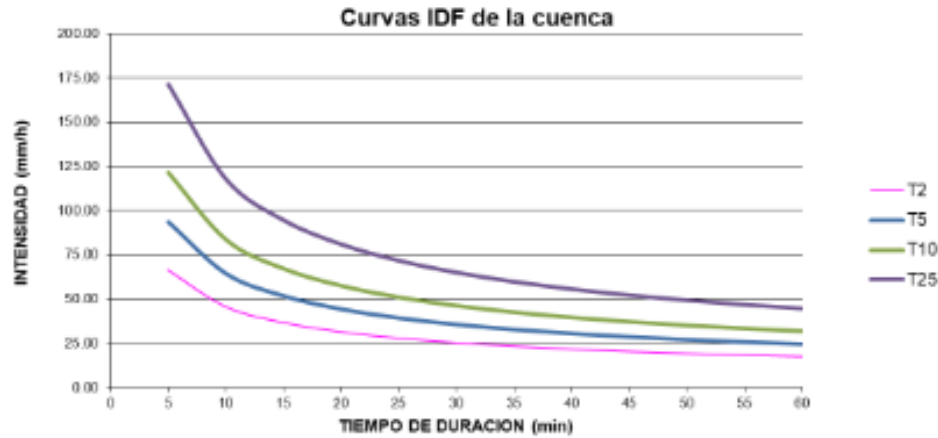
Donde:

I = Intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Período de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración											
Frecuencia años	Duración en minutos										
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60
2	66.49	45.73	36.74	31.45	27.55	25.27	23.25	21.63	20.30	19.15	17.35
5	93.72	64.46	51.75	44.33	39.30	35.61	32.77	30.49	28.61	27.03	24.49
10	121.51	83.57	67.14	57.45	50.95	46.17	42.49	39.53	37.09	35.04	31.76
25	171.27	117.79	94.63	81.01	71.52	65.05	59.55	55.72	52.25	49.39	44.76



**Coefficiente de escorrentía promedio para áreas urbanas.
Para 5 y 10 años de periodo de retorno**

CARACTERISTICA DE LA SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	
Calles		
Pavimento Asfáltico	0.70	0.95
Pavimento de Concreto	0.80	0.95
Pavimento de adoquines	0.70	0.85
Veredas	0.70	0.85
Techos y azoteas	0.75	0.95
Césped, suelo arenoso		
Pendiente plana (0-2%)	0.05	0.10
Pendiente promedio (2-7%)	0.10	0.15
Pendiente pronunciada (>7%)	0.15	0.20
Césped, suelo arcilloso		
Pendiente plana (0-2%)	0.13	0.17
Pendiente promedio (2-7%)	0.18	0.22
Pendiente pronunciada (>7%)	0.25	0.35

ÁREAS DE LOS TECHOS

N° orden		AC	Detalle	Tipo de superficie	Largo	Ancho	Área m2	Área Ha	C Promedio
1	C. Rivera del Mar S	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	580	6.00	3,480.00	0.35	0.88
2	Psj. Calamar	Áreas urbanas	Pasaje	Pavimento de Concreto	426	6.00	2,556.00	0.26	0.88
3	C. San Pedro	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	543	6.00	3,258.00	0.33	0.88
4	C. Francisco Pizarro	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	780	6.00	4,680.00	0.47	0.88
5	C. José Olaya	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	428	6.00	2,568.00	0.26	0.88
6	C. Los ceibos	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	456	6.00	2,736.00	0.27	0.88
7	C. S/N	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	468	6.00	2,808.00	0.28	0.88
8	C. S/N	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	451	6.00	2,706.00	0.27	0.88
9	C. S/N	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	456	6.00	2,736.00	0.27	0.88
10	C. Rivera del Mar N	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	683	6.00	4,098.00	0.41	0.88
11	C. San Pedro Norte	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	526	6.00	3,156.00	0.32	0.88
12	Psj. Las brisas	Áreas urbanas	Pasaje	Pavimento de Concreto	143	6.00	858.00	0.09	0.88
13	Psj La Granja	Áreas urbanas	Pasaje	Pavimento de Concreto	179	6.00	1,074.00	0.11	0.88
Total							36,714.00	3.67	

Para poder determinar el caudal de discurre sobre el techo o la azote utilizaremos la formula racional y analizaremos del plano de techos el área mas desfavorable

PRIMER METODO DE ANALISIS

$$Q = \frac{i \cdot A}{60}$$

Donde:

Q = Caudal en L/min.

i = Intensidad de lluvia en mm/hora

A = Área a drenar en m²

Reemplazando los valores en la formula se tiene el caudal

$$\begin{aligned} i &= 44.76 \\ &\text{mm/hora} \\ A &= 36714.00 \\ &\text{m}^2 \\ Q &= 27389.58 \\ &\text{l/min} \\ Q &= 0.4565 \\ &\text{m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

SEGUNDO METODO DE ANALISIS

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{360}$$

Donde:

Q = Caudal en m³/s.

C = Coeficiente de escorrentia (adimencional)

i = Intensidad de lluvia en mm/hora

A = Área a drenar en hectareas Ha

Reemplazando los valores en la formula se tiene el caudal

$$\begin{aligned} C &= 0.875 \\ i &= 44.76 \\ &\text{mm/hora} \\ A &= 3.67 \text{ Ha} \\ Q &= 0.3994 \\ &\text{m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

TERCER METODO DE ANALISIS

$$Q = C.i.A$$

Donde:

Q = Caudal en l/s.

C = Coeficiente de escorrentia (adimensional)

i = Intensidad de lluvia en l/s/Ha

A = Área a drenar en hectareas Ha

Reemplazando los valores en la formula se tiene el caudal

Debemos tener presente que para convertir mm/hr/m2 a l/s/Ha tenemos que multiplicar por 2.78

$$\begin{aligned} C &= 0.875 \\ i &= 44.76 \text{ mm/hora} \\ A &= 3.67 \text{ Ha} \\ Q &= 399.75 \text{ l/s} \\ Q &= 0.3998 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$



1. Plano de distribución de los flujos de agua en el CCPP de Puerto Pizarro



1.2. Cálculo del caudal - METODO RACIONAL (Q=C.I.A)

Según la norma técnica de drenaje pluvial NTP CE 040, se calculará los caudales existentes de las calles por punto de desfogue, en función al área y su coeficiente de escorrentía promedio.

PUNTO DE DESFOGUE N°01

N° orden		AC	Detalle	Tipo de superficie	Largo	Ancho	Área m2	Área Ha	C Promedio
1	C. Rivera del Mar	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	580	6.00	3,480.00	0.35	0.88
2	Psj. Calamar	Áreas urbanas	Pasaje	Pavimento de Concreto	426	6.00	2,556.00	0.26	0.88

PRIMER METODO DE ANALISIS

$$Q = \frac{i \cdot A}{60}$$

Donde:

Q = Caudal en l/min.

i = Intensidad de lluvia en mm/hora

A = Área a drenar en m2

Reemplazando los valores en la formula se tiene el caudal

Debemos tener presente que para convertir mm/hr/m2 a l/s/Ha tenemos que multiplicar por 2.78

$$i = 44.76 \text{ mm/hora}$$

$$A = 6036.00 \text{ m}^2$$

$$Q = 4302.86 \text{ l/min}$$

$$Q = 0.0730 \text{ m}^3/\text{s}$$

PUNTO DE DESFOQUE N°02

N° orden	AC	Detalle	Tipo de superficie	Largo	Ancho	Área m2	Área Ha	C Promedio
3 C. San Pedro	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	543	6.00	3,258.00	0.33	0.88
4 C. Francisco Pizarro	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	780	6.00	4,680.00	0.47	0.88
5 C. José Olaya	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	428	6.00	2,568.00	0.26	0.88

PRIMER METODO DE ANALISIS

$$Q = \frac{i \cdot A}{60}$$

Donde:

Q = Caudal en L/min.

i = Intensidad de lluvia en mm/hora

A = Área a drenar en m2

Reemplazando los valores en la formula se tiene el caudal

Debemos tener presente que para convertir mm/hr/m2 a l/s/Ha tenemos que multiplicar por 2.78

i = 44.76 mm/hora

A = 10506.00 m2

Q = 7837.48 l/min

Q = 0.1306 m3/s

PUNTO DE DESFOQUE N°03

N° orden	AC	Detalle	Tipo de superficie	Largo	Ancho	Área m2	Área Ha	C Promedio
6 C. Los cellos	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	456	6.00	2,736.00	0.27	0.88
7 C. 5/N	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	468	6.00	2,808.00	0.28	0.88
8 C. 5/N	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	451	6.00	2,706.00	0.27	0.88
9 C. 5/N	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	456	6.00	2,736.00	0.27	0.88

METODO RACIONAL**PRIMER METODO DE ANALISIS**

$$Q = \frac{i \cdot A}{60}$$

Donde:

Q = Caudal en L/min.

i = Intensidad de lluvia en mm/hora

A = Área a drenar en m2

Reemplazando los valores en la formula se tiene el caudal

Debemos tener presente que para convertir mm/hr/m2 a l/s/Ha tenemos que multiplicar por 2.78

i = 44.76 mm/hora

A = 10986.00 m2

Q = 8195.56 l/min

Q = 0.1306 m3/s

PUNTO DE DESFOQUE N°04

N° orden		AC	Detalle	Tipo de superficie	Largo	Ancho	Área m2	Área Ha	C Promedio
10	C. Rivera del Mar	Áreas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	683	6.00	4,098.00	0.41	0.88

METODO RACIONAL

PRIMER METODO DE ANALISIS

$$Q = \frac{i \cdot A}{60}$$

Donde:

Q = Caudal en L/min.

i = Intensidad de lluvia en mm/hora

A = Área a drenar en m2

Reemplazando los valores en la formula se tiene el caudal

Debemos tener presente que para convertir mm/hr/m2 a l/s/Ha tenemos que multiplicar por 2.78

i = 44.76 mm/hora

A = 4098.00 m2

Q = 3037.11 l/min

Q = 0.0510 m3/s

PUNTO DE DESFOQUE N°05

	Nº orden	AC	Detalle	Tipo de superficie	Largo	Ancho	Área m2	Área Ha	C Promedio
11	C. San Pedro Norte	Areas urbanas	Calle	Pavimento de Concreto	526	6.00	3,156.00	0.32	0.88

METODO RACIONAL

PRIMER METODO DE ANALISIS

$$Q = \frac{i \cdot A}{60}$$

Donde:

Q = Caudal en L/min.

i = Intensidad de lluvia en mm/hora

A = Área a drenar en m2

Reemplazando los valores en la formula se tiene el caudal

Debemos tener presente que para convertir mm/hr/m2 a l/s/Ha tenemos que multiplicar por 2.78

i = 44.76 mm/hora

A = 3156.00 m2

Q = 2354.38 l/min

Q = 0.0392 m3/s

PUNTO DE DESFOQUE Nº06

12	Psj. Las brisas	Áreas urbanas	Pasaje	Pavimento de Concreto	143	6.00	858.00	0.09	0.88
13	Psj La Granja	Áreas urbanas	Pasaje	Pavimento de Concreto	179	6.00	1,074.00	0.11	0.88

METODO RACIONAL

PRIMER METODO DE ANALISIS

$$Q = \frac{i \cdot A}{60}$$

Donde:

Q = Caudal en l/min.

i = Intensidad de lluvia en mm/hora

A = Área a drenar en m2

Reemplazando los valores en la formula se tiene el caudal

Debemos tener presente que para convertir mm/hr/m2 a l/s/Ha tenemos que multiplicar por 2.78

i = 44.76 mm/hora

A = 1932.00 m2

Q = 1441.27 l/min

Q = 0.0240 m3/s

1.3 DIMENSIONES DE LAS CUNETAS (CALCULADO FORMULA MANNING)

PUNTO DE DESFOQUE Nº01

Caudal	0.08	Formula:	$A = by + Zy^2$
Ancho de solera (b)	0.3		$P = b + 2y\sqrt{1 + Z^2}$
Talud (Z)	0		$Q = \left(\frac{A^{5/3} \cdot S^{1/2}}{P^{2/3} \cdot n} \right)$
Pendiente (m/m)	0.01		
Rugosidad (n)	0.014		

BLOQUE	Asumien. (y)	Área hidrau.	Perimetro mojado	Radio hidrau.	Veloci d.	Caudal Q
1	0.2	0.0600	0.700	0.086	1.389	0.0833



PUNTO DE DESFOQUE Nº02

Caudal	0.04	Formula:	$A = by + Zy^2$
Ancho de solera (b)	0.3		$P = b + 2y\sqrt{1 + Z^2}$
Talud (Z)	0		$Q = \left(\frac{A^{5/3} \cdot S^{1/2}}{P^{2/3} \cdot n} \right)$
Pendiente (m/m)	0.01		
Rugosidad (n)	0.014		

BLOQUE	Asumien. (y)	Área hidrau.	Perimetro mojado	Radio hidrau.	Veloci d.	Caudal Q
1	0.2	0.0600	0.700	0.086	1.389	0.0833



PUNTO DE DESFOQUE N°03

Caudal	0.05	Formula:	$A = by + Zy^2$
Ancho de solera (b)	0.3		$P = b + 2y\sqrt{1 + Z^2}$
Talud (Z)	0		$Q = \left(\frac{A^{5/3} \cdot S^{1/2}}{P^{2/3} \cdot n}\right)$
Pendiente (m/m)	0.01		
Rugosidad (n)	0.014		

BLOQUE	Asumien. (y)	Área hidrau.	Perímetro mojado	Radio hidrau.	Veloci- d.	Caudal Q
1	0.2	0.0600	0.700	0.086	1.389	0.0833



PUNTO DE DESFOQUE N°04

Caudal	0.05	Formula:	$A = by + Zy^2$
Ancho de solera (b)	0.3		$P = b + 2y\sqrt{1 + Z^2}$
Talud (Z)	0		$Q = \left(\frac{A^{5/3} \cdot S^{1/2}}{P^{2/3} \cdot n}\right)$
Pendiente (m/m)	0.01		
Rugosidad (n)	0.014		

BLOQUE	Asumien. (y)	Área hidrau.	Perímetro mojado	Radio hidrau.	Veloci- d.	Caudal Q
1	0.2	0.0600	0.700	0.086	1.389	0.0833



PUNTO DE DESFOQUE N°05

Caudal	0.04	Formula:	$A = by + Zy^2$
Ancho de solera (b)	0.3		$P = b + 2y\sqrt{1 + Z^2}$
Talud (Z)	0		$Q = \left(\frac{A^{5/3} \cdot S^{1/2}}{P^{2/3} \cdot n}\right)$
Pendiente (m/m)	0.01		
Rugosidad (n)	0.014		

BLOQUE	Asumien. (y)	Área hidrau.	Perímetro mojado	Radio hidrau.	Veloci- d.	Caudal Q
1	0.2	0.0600	0.700	0.086	1.389	0.0833



PUNTO DE DESFOQUE N°06

Caudal	0.02	Formula:	$A = by + Zy^2$
Ancho de solera (b)	0.3		$P = b + 2y\sqrt{1 + Z^2}$
Talud (Z)	0		$Q = \left(\frac{A^{5/3} \cdot S^{1/2}}{P^{2/3} \cdot n}\right)$
Pendiente (m/m)	0.01		
Rugosidad (n)	0.014		

BLOQUE	Asumien. (y)	Área hidrau.	Perímetro mojado	Radio hidrau.	Veloci- d.	Caudal Q
1	0.15	0.0450	0.600	0.075	1.270	0.0572



1.4. DIMENSIONES DE LAS TUBERIAS DE EVACUACION

Formula:

$$D = \left(\frac{Q n}{0.312 \sqrt{S}} \right)^{3/8}$$

AD	Q (m ³ /s)	Nº Canal.	S (m/m)	BL	n	d (m)	D (mm)	D (comercial)	Material
1	0.0750	1	0.02	0.2	0.090	0.114	114.085	200	PVC
2	0.1306	1	0.01	0.2	0.090	0.123	123.323	200	PVC
3	0.1366	1	0.01	0.2	0.090	0.125	125.406	200	PVC
4	0.1019	1	0.01	0.2	0.090	0.112	112.358	200	PVC
5	0.0785	1	0.01	0.2	0.090	0.102	101.875	200	PVC
6	0.0721	1	0.01	0.2	0.090	0.099	98.668	100	PVC

SE PROCEDE A VERIFICAR LA DIMENSION DE LAS CUNETAS CON EL USO DE LA HERRAMIENTA H CANALES

ÁREA DE DRENAJE 2 Y 3

Cálculo del ancho solera (b)

Cálculo de la pendiente (S)

Cálculo de la rugosidad (n)

Datos:
Caudal (Q): m³/s
Tirante (y): m
Talud (Z):
Rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m

Resultados:
Ancho de solera (b): m
Área hidráulica (A): m²
Espejo de agua (T): m
Número de Froude (F):
Tipo de flujo:

Perímetro (p): m
Radio hidráulico (R): m
Velocidad (v): m/s
Energía específica (E): m-Kg/Kg

Calcular

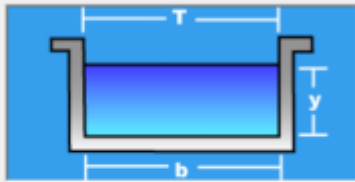
Limpiar Pantalla

Imprimir

Menú Principal

Calculadora

ÁREA DE DRENAJE 1, 4, 5 Y 6

Cálculo del ancho solera (b)	Cálculo de la pendiente (S)	Cálculo de la rugosidad (n)
Datos:		
Caudal (Q):	0.083 m ³ /s	
Tirante (y):	0.3 m	
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.014	
Pendiente (S):	0.01 m/m	
		
Resultados:		
Ancho de solera (b):	0.2117 m	Perímetro (p): 0.8117 m
Área hidráulica (A):	0.0635 m ²	Radio hidráulico (R): 0.0782 m
Espejo de agua (T):	0.2117 m	Velocidad (v): 1.3067 m/s
Número de Froude (F):	0.7617	Energía específica (E): 0.3870 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico	
    		

5. Consideraciones de Evaluación de Riesgo (CENEPRED)

En el Capítulo 2 - Inundaciones, apartado 'según su origen' (pág. 75), el manual de CENEPRED indica:

Inundaciones pluviales: Se producen por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que este fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial'. Esto significa que la inundación pluvial es un fenómeno independiente del desborde de un río o quebrada. El origen del agua evaluada es la precipitación directa sobre el área de estudio.

Inundaciones fluviales: Causadas por el desbordamiento de los ríos y los arroyos, es atribuida al aumento brusco del volumen de agua más allá de lo que un lecho o cauce es capaz de transportar sin desbordarse.

➤ La presente investigación evalúa exclusivamente el peligro por inundación pluvial. Conforme al Manual para la Evaluación de Riesgos por Fenómenos Naturales V.2. de CENEPRED, la inundación pluvial se origina por la acumulación de agua de lluvia sobre el área de estudio, sin que necesariamente exista desbordamiento de un cauce fluvial. Por ello, el ingreso de agua proveniente del río

Tumbes, del mar o del estuario constituye un mecanismo diferente de inundación (fluvial o costera), cuya evaluación corresponde a otra metodología específica de CENEPRED.

6. Esquema Preliminar de Evacuación de Aguas de Inundación

Visualización de la ruta de drenaje de las aguas para ser depositadas en los puntos más bajos según la propuesta (mar y/o manglar).

7. Cálculo de Potencia del Equipo de Bombeo Pluvial

Se utilizarán dos bombas de 100 HP según cálculos de diseño (1 activa y una en reposo en caso de que la activa necesite mantenimiento). La finalidad es succionar las aguas que se encuentran depositadas en el buzón pluvial de 1.50 m de diámetro (material de concreto armado) de los puntos de evacuación N° 02 y N° 03 para ser arrojadas al mar, ya que dichos puntos son los más bajos y críticos al no contar con suficiente pendiente de diseño para evacuar las aguas pluviales provenientes de las calles mencionadas.

CALCULO DE LA POTENCIA DE UNA BOMBA PARA EVACUAR LAS AGUAS PLUVIALES

$$P \text{ (HP)} = \frac{Q \text{ (L/s)} \times H \text{ (m)}}{76 \times \eta}$$

$$HMT = H_g + h_f + h_m + P_r$$



DATOS

$H_m =$ 20 m
 $Q_b =$ 0.28 m³/s
 $Q_b =$ 277.00 l/s
 $\gamma =$ 1000 kg/m³
 $\eta =$ 65%

$$\text{Potencia} = \frac{277 \times 20}{76 \times 0.75}$$

$$\text{Potencia} = 97.19254241$$

$$\text{Potencia} = 100 \text{ HP}$$

DE ORDEN NO ESTRUCTURAL

- a) Integrar el estudio del Plan de Desarrollo Urbano del distrito de Tumbes, en concordancia con lo establecido en el Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano Sostenible, aprobado mediante el D.S. N° 022-2016-VIVIENDA, así como cualquier normativa complementaria o vigente aplicable.
- b) Garantizar el estricto cumplimiento del Reglamento Nacional de Edificaciones en la ejecución de construcciones dentro de zonas de alto riesgo, evitando su localización en áreas de dominio público, proximidades a cauces naturales de escorrentías superficiales y espacios que obstaculicen el acceso a rutas de evacuación y zonas seguras.
- c) Implementar mecanismos comunitarios de alerta o alarma frente a diversos peligros, utilizando medios accesibles como campanas, silbatos, megáfonos u otros dispositivos de comunicación.
- d) Desarrollar campañas de sensibilización y educación ambiental en el centro poblado de Puerto Pizarro, promoviendo la participación comunitaria en buenas prácticas de manejo de residuos sólidos, incluyendo la segregación en la fuente.
- e) Gestionar y mejorar la eficiencia del servicio de recolección periódica de residuos sólidos en todo el ámbito del centro poblado, con el propósito de contribuir a la salubridad y reducción de los riesgos ambientales.

CAPITULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. RESULTADOS

a) Mediante el examen territorial ejecutado en una plataforma de Sistemas de Información Geográfica (SIG) junto con la implementación de la técnica del Proceso Jerárquico (AHP), fue posible estimar los grados de amenaza, fragilidad y riesgo, facilitando el planteamiento de alternativas de reducción de impacto estructurales y no estructurales, que se describen minuciosamente en los adjuntos del estudio actual.

b) Con base en el pesaje de las variables condicionantes, se confecciono la cartografía de amenaza frente a desbordes por lluvias en el asentamiento humano de Puerto Pizarro. Los resultados obtenidos evidencian el registro de grados de amenaza critico y elevado, lo que muestra una elevada susceptibilidad del territorio ante la ocurrencia de eventos de precipitación intensa.

c) La evaluación de las dimensiones de susceptibilidad física, social, económica y del medio ambiente, a través del uso de tecnología SIG, hizo posible fijar las escalas de susceptibilidad presentes en el sector analizado. Los resultados obtenidos muestran la presencia de grados de fragilidad muy alto, alto, medio y bajo frente a anegamiento por lluvias.

d) Como resultado de la combinación geográfica de las cartográficas de amenaza y fragilidad, se confecciono la cartografía de riesgo frente a desbordes por lluvias. Los resultados permitieron reconocer grados de riesgo muy alto y alto, definiéndose los sectores prioritarios para la puesta en marcha de medidas orientadas a la reducción del riesgo, así como aquellas áreas consideradas no mitigables y, por lo tanto, no habitables.

e) Se formuló una propuesta integral de mitigación conformada por acciones de carácter estructural y no estructural. Las medidas estructurales comprenden:

- Pavimentación de todas las calles del centro poblado con un ancho de 5, 0 metros.
- Conducción del escurrimiento superficial mediante tuberías de 100 mm y 200 mm.
- En el punto de desfogue N°3.1. donde confluyen tres calles y en el punto de desfogue N°3.2, donde confluyen cuatro calles donde el flujo es conducido a un buzón pluvial y posteriormente mediante una tubería de 300 mm hacia una estación de bombeo equipada con dos motobombas de 100 hp, donde el agua es impulsada al mar mediante una tubería de 300 mm.

- Las características del buzón pluvial:

D= 1.50m; material de concreto armado; diámetro de 15-20 cm; tapa de hierro dúctil o concreto reforzado; braqueta y canaleta para guiar el flujo y reducir turbulencias, escalones de acceso galvanizado o de acero inoxidable cuando la profundidad sea considerable.

- En los puntos de desfogue N°1,2,4,5,y 6, el agua es evacuada por gravedad mediante tuberías de 100 mm y 200 mm hasta su descarga final hacia el mar.

Las medidas no estructurales incluyen la puesta en marcha de un Sistema de Alerta Temprana (SAT), el desarrollo de talleres de instrucción y concienciación orientados al ciudadano, el fortalecimiento de los procesos del riesgo ante emergencias, así como la actualización de las herramientas de ordenamiento del territorio.

4.2. DISCUSION

- a) Los resultados obtenidos evidencian el valor de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), complementados mediante la evaluación multicriterio, representan herramientas eficaces con miras a la estimación del peligro asociado a anegamientos por lluvias en la localidad de Puerto Pizarro. La integración de variables de carácter físico, hidrológico, topográfico y socioeconómico hizo posible definir los grados de amenaza, susceptibilidad y riesgo, demostrando el modo en que el acontecimiento de anegamiento en zonas pobladas se produce como resultado del acoplamiento entre elementos

naturales con actividades antrópicas. Asimismo, el empleo del instrumental SIG facilitó el procesamiento, análisis y representación espacial de la información territorial, permitiendo generar escenarios que constituyen un soporte técnico orientado a la administración anticipada y correctiva del peligro, al igual que para la adecuada planificación en relación al ordenamiento urbano.

- b)** Las conclusiones obtenidas guardan concordancia con los hallazgos reportados en investigaciones anteriores realizadas en escenarios con características semejantes. En correspondencia con los estudios desarrollados por Ccopi-Trucios et. al. (2023) y Pacherras (2023), se corrobora que la articulación de indicadores geográficos e indicadores sociales y económicos a través de entornos SIG facilita reconocer y delimitar sectores con mayor susceptibilidad y criticidad frente a inundaciones, mientras que el crecimiento urbano desordenado contribuye al incremento de los factores de fragilidad. Sin embargo, para la situación correcta de Puerto Pizarro, las condiciones de riesgo se intensifican debido a las características propias de su entorno costero- estuarino, entre las que se destacan la baja altitud del territorio, las pendientes reducidas, la influencia del estuario y las deficiencias existentes en el sistema de drenaje superficial.
- c)** Desde una perspectiva hidrológica y territorial, los sectores con los grados de peligro más elevados se vinculan principalmente asociados a áreas características por pendientes reducidas, baja elevación topográfica y una infraestructura de drenaje insuficiente o deficiente. Estas condiciones limitan el desalojo adecuado del agua de escorrentía, lo que propicia el estancamiento durante el registro de fuertes lluvias.
- d)** Del mismo modo, los resultados permiten establecer que el grado del riesgo no queda definido de forma exclusiva por las propiedades físicas de la amenaza, sino que también depende de factores sociales, urbanos junto a la aptitud de reacción de la ciudadanía. Este comportamiento es consistente con el enfoque metodológico promovido por el CENEPRED, según el riesgo surge de la interacción entre el peligro y las condiciones de la fragilidad presentes en un determinado territorio.

- e) Entre los principales aportes de la presente investigación destaca la aplicabilidad de la metodología sustentada en el empleo de los Sistemas de Información Geográfica y la evaluación multicriterio, debido a que su estructura metodológica puede ser adaptada y aplicada en otros territorios que presenten características físicas, ambientales y urbanas similares, incorporando las variables particulares de cada área de estudio. Esta capacidad de adaptación otorga a la metodología un significado potencial de replicabilidad en otras localidades costeras de la región de Tumbes y del territorio nacional, constituyéndose en una alternativa técnica con miras a consolidar las etapas de reconocimiento, evaluación y mitigación del riesgo vinculado a inundaciones pluviales.
- f) Finalmente, la zonificación del riesgo obtenida constituye un instrumento técnico de utilidad para fortalecer la gestión municipal, orientar las actividades de organización y estructuración del territorio, así como definir prelación en la inversión en infraestructura de drenaje pluvial y en medidas destinadas a la disminución del riesgo ante emergencias. De este modo, los hallazgos conseguidos evidencian la relevancia de potenciar las fases de planificación urbana sostenible y promover una gestión integral y eficiente del drenaje pluvial, especialmente ante la posible intensificación de eventos hidrometeorológicos extremos asociados a la variabilidad junto al cambio climático. Asimismo, se colabora en impulsar un esquema de crecimiento urbano más seguro, duradero y adaptativo en zonas costeras expuestas a condiciones de vulnerabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Chen, Y., Liu, R., Barrett, D., & Gao, L. (2020). Evaluación del riesgo de inundación basada en SIG mediante análisis multicriterio en zonas costeras urbanas. *Journal of Hydrology*, 590, 125145. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125145>
- Ccopi-Trucios, R., Quispe, L., & Medina, J. (2023). Evaluación del riesgo de inundación fluvial mediante análisis multicriterio y SIG en comunidades altoandinas del Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 25(2), 45-60. <https://doi.org/10.18271/ria.2023.455>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2014). Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales (2.^a ed.). <https://www.cenepred.gob.pe>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2015). Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales (2.^a ed.). <https://www.cenepred.gob.pe>
- Flores, C., Ramos, J., & Pérez, M. (2023). Diseño de un sistema de drenaje pluvial para mitigar los riesgos de inundación en Tacna (Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna). Repositorio Institucional UPT. <https://repositorio.upt.edu.pe>
- Hardoy, J., & Pandiella, G. (2021). Vulnerabilidad urbana y adaptación al cambio climático en América Latina. *Environment and Urbanization*, 33(1), 15-32. <https://doi.org/10.1177/0956247820971092>
- Hope, M. A., Phinn, S., Roelfsema, C., & Childs, I. (2021). Impactos de la urbanización en la vulnerabilidad ante inundaciones en regiones costeras. *Environmental Science & Policy*, 122, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.04.009>
- Instituto Geográfico Nacional. (2021). Especificaciones técnicas para la generación de orto imágenes. <https://www.gob.pe/ign>.

- Instituto Geográfico Nacional. (2020). Manual básico para la estimación de riesgos. <https://www.indecigob.pe>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2023). Cambio climático 2023: Informe de síntesis. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
- Mahmoud, S. H., & Gan, T. Y. (2022). Evaluación de la resiliencia ante inundaciones urbanas mediante SIG y análisis de decisión multicriterio. *Hydrological Processes*, 36(5), e14563. <https://doi.org/10.1002/hyp.14563>
- Meerow, S., Newell, J. y Stults, M. (2020). Definición de resiliencia urbana: una revisión. *Paisaje y planificación urbana*, 147, 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2020). Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. <https://www.gob.pe/mtc>
- Pacherres, J. (2023). Evaluación del riesgo por inundación fluvial en el asentamiento San Jacinto, Tumbes [Evaluación del riesgo de inundación del río en el asentamiento San Jacinto, Tumbes] [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Tumbes]. Repositorio de la UnTumbes. <https://repositorio.untumbes.edu.pe/>
- Saaty, TL (1980). El proceso de jerarquía analítica. McGraw-Hill.
- Sardón, H., Vásquez, R., & León, P. (2022). Inventario de datos de eventos de inundación en el Perú. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/>
- Villón, M. (2021). Hidrología estadística (6ª ed.). Ediciones Villón.
- Rentachintala, LRNP, Reddy, MGM y Mohapatra, PK. (2022). Gestión de aguas pluviales urbanas para medidas y prácticas sostenibles y resilientes: una revisión. *Ciencia y tecnología del agua*, 85(4), 1120-1140. <https://doi.org/10.2166/wst.2022.017>
- Palla, A. y Gnecco, I. (2022). Sobre la eficacia de los sistemas domésticos de recolección de agua de lluvia para apoyar la resiliencia urbana a las

inundaciones. *Water Resources Management*, 36, 5897-5914.
<https://doi.org/10.1007/s11269-022-03327-6>

Zaragoza Badillo, J., & Guzmán, J. R. (2023). Economía, crecimiento urbano y cambio climático local en la Zona Metropolitana del Valle de México. *Interdisciplina*, 11 (29), 311-332.
<https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2023.29.84493>

Palla, A., & Gnecco, I. (2022). Sobre la eficacia de los sistemas domésticos de recolección de agua de lluvia para apoyar la resiliencia urbana frente a inundaciones. *Water Resources Management*, 36, 5897-5914. Springer.
<https://doi.org/10.1007/s11269-022-03327-6>.

Arfanuzzaman, M., & Atiq Rahman, A. (2021). Gestión sostenible de la demanda de agua frente a la rápida urbanización y el agotamiento de las aguas subterráneas para fomentar la resiliencia socio ecológica. *Global Ecology and Conservación*, 27, e01524. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01524>

Galarza-Molina, S., Torres-Lozada, P., & Galvis-Castaño, A. (2022). Incorporación de la resiliencia de los sistemas de drenaje urbano en las políticas públicas de una ciudad en un país en desarrollo: Colombia. *Water*, 14(3), 1-18.
<https://doi.org/10.3390/w14030425>

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR). (2020). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. <https://www.undrr.org/>

ANEXOS

Anexo 1. Tablas de matrices

_Matriz de peligro.

_Matriz de vulnerabilidad.

_Matriz de riesgo.

SUSCEPTIBILIDAD										FENOMENO NATURAL										Valor del peligro
FACTOR CONDICIONANTE (FC)				Valor factor condicionante	Peso factor condicionante	FACTOR DESENCADENANTE E		Valor factor desencade_n ante	Peso factor Susceptibili- dad	Valor Susceptibili- dad	LLUVIAS INTENSAS				Peso inundación Pluvial	Valor fenomeno natural				
GEOMOR- FOLOGIA	PENDIENTE	GEOLOGIA	PRECIPITACION			ALTURA DE FLUIDO														
			Pparam			Pdesc	Pparam				Pdesc									
0.539	0.463	0.297	0.505	0.164	0.268	1.000	0.459	0.459	0.400	0.471	0.600	1.000	0.456	1.000	0.456	0.400	0.457			
0.539	0.339	0.338	0.297	0.260	0.164	0.268	1.000	0.459	0.459	0.400	0.343	0.600	1.000	0.257	0.257	1.000	0.357	0.400	0.309	
0.539	0.144	0.297	0.134	0.164	0.144	0.141	1.000	0.459	0.459	0.400	0.268	0.600	1.000	0.176	0.176	1.000	0.176	0.400	0.231	
0.539	0.076	0.297	0.068	0.164	0.076	0.073	1.000	0.459	0.459	0.400	0.228	0.600	1.000	0.082	0.082	1.000	0.082	0.400	0.169	
0.539	0.044	0.297	0.035	0.164	0.044	0.041	1.000	0.459	0.459	0.400	0.208	0.600	1.000	0.049	0.049	1.000	0.049	0.400	0.145	

NIVEL	RANGO
Muy alto	0.309 ≤ P ≤ 0.457
Alto	0.231 ≤ P < 0.309
Medio	0.169 ≤ P < 0.231
Bajo	0.145 ≤ P < 0.169

DIMENSION ECONOMICA						Valor dimension economica		Peso dimension economica		DIMENSION AMBIENTAL												Valor dimension ambiental		Peso dimension ambiental		Valor de la Vulnerabilidad									
Exposición economica		Valor fragilidad economica		Peso fragilidad economica		Valor dimension economica		Peso dimension economica		EXPOSICIÓN AMBIENTA		Valor exposición ambiental		Peso exposición ambiental		FRAGILIDAD AMBIENTAL				Valor fragilidad ambiental		Peso fragilidad ambiental		RESILIENCIA AMBIENTAL				Valor resiliencia ambiental		Peso resiliencia ambiental					
Localización del terreno respecto al peligro		Pparam		Pdesc						Corcama a una fuente de agua		Pparam		Pdesc				Disposición de RR.SS		Pparam		Pdesc		Generación de Residuos sólidos		Pparam		Pdesc		Manejo de residuos sólidos		Pparam		Pdesc	
		0.444		0.444		0.500		0.098		0.300		0.416		0.200		0.300		0.750		0.416		0.750		0.503		0.438		0.500		0.434		0.300			
		0.262		0.262		0.500		0.034		0.300		0.262		0.200		0.300		0.262		0.260		0.260		0.260		0.261		0.500		0.261		0.300			
		0.153		0.153		0.500		0.012		0.300		0.161		0.200		0.300		0.750		0.161		0.750		0.134		0.154		0.500		0.156		0.300			
		0.089		0.089		0.500		0.004		0.300		0.099		0.200		0.300		0.099		0.099		0.750		0.068		0.091		0.500		0.092		0.300			
		0.053		0.053		0.500		0.001		0.300		0.062		0.200		0.300		0.062		0.062		0.750		0.035		0.055		0.500		0.057		0.300			

NIVEL	RANGO
Muy alto	0.089 ≤ V ≤ 0.16
Alto	0.05 ≤ V < 0.089
Medio	0.029 ≤ V < 0.05
Bajo	0.017 ≤ V < 0.029

Anexo 2. Matriz de riesgo

Valor de peligro	Valor de vulnerabilidad	Valor de riesgo
(P)	(V)	(PxV=R)
0.457	0.160	0.073
0.309	0.089	0.027
0.231	0.050	0.012
0.169	0.029	0.005
0.145	0.017	0.003

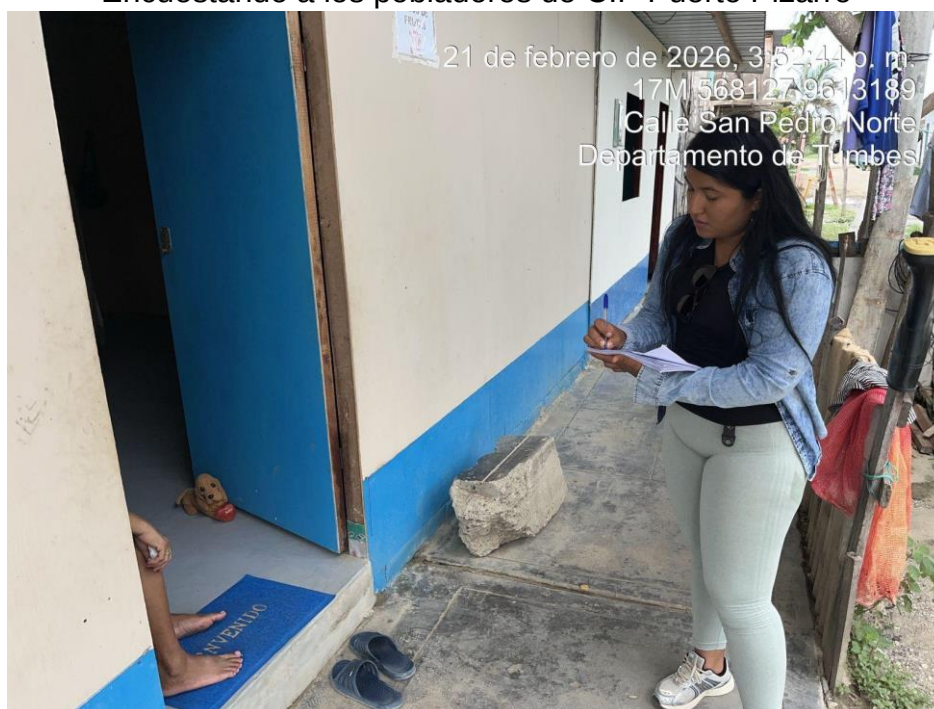
Fuente: elaboración propia

NIVEL	RANGO
Muy alto	$0.068 \leq R \leq 0.151$
Alto	$0.032 \leq R < 0.068$
Medio	$0.016 \leq R < 0.032$
Bajo	$0.009 \leq R < 0.016$

Fuente: elaboración propia

Anexo 3. Panel fotográfico

Encuestando a los pobladores de C.P Puerto Pizarro





21 de febrero de 2026, 4:24:28 p. m.
17M 567650 9613015
Pasaje Langostino
Departamento de Tumbes



21 de febrero de 2026, 4:47:59 p. m.
17M 567738 9612616
Departamento de Tumbes
Departamento de Tumbes

