

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**Evaluación del perfil de riesgo por inundación en el  
distrito de Tumbes – 2018.**

**TESIS**

Para optar título profesional de:

**Ingeniero Agrícola**

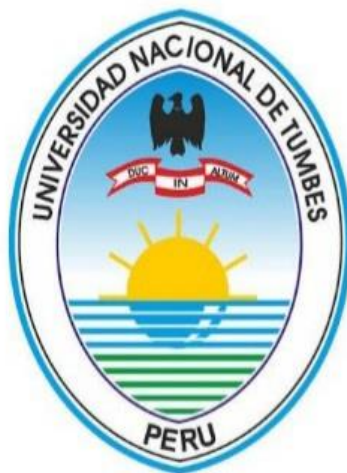
Presentado por:

**Bach. Frank Edivelton Sanchez Juarez**

**Bach. Paul Alexander Atoche Baca**

**Tumbes, 2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**EVALUACIÓN DEL PERFIL DE RIESGO POR  
INUNDACIÓN EN EL DISTRITO DE TUMBES – 2018.**

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. Ing. GINES TAFUR EBER

PRESIDENTE

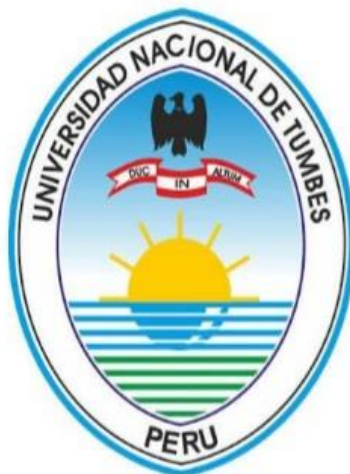
Dr. Ing. MACEDA NICOLINI ENRIQUE

SECRETARIO

Dr. Ing. ATOCHE ORTIZ DECIDERIO

VOCAL

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**EVALUACIÓN DEL PERFIL DE RIESGO POR  
INUNDACIÓN EN EL DISTRITO DE TUMBES – 2018.**

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

Bach. SANCHEZ JUAREZ FRANK EDIVELTON

EJECUTOR

Bach. ATOCHE BACA PAUL ALEXANDER

EJECUTOR

Dr. Ing. CARRILLO SARANGO JOSÉ MODESTO

ASESOR

## CERTIFICACIÓN

**Dr. Ing. Carrillo Sarango José Modesto**

Docente principal de la Universidad Nacional de Tumbes, adscrito a la Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento Académico de Ingeniería Agrícola.

**CERTIFICA:**

la presente Tesis: "Evaluación del perfil de riesgo por inundación en el Distrito de Tumbes- 2018", elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agrícola: Atoche Baca Paul Alexander y Sánchez Juárez Frank Edivelton, ha sido asesorado y revisado por mi persona.



---

Dr. Carrillo Sarango José Modesto  
Asesor del Proyecto de Tesis



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**CAMPUS UNIVERSITARIO S/N "LA CRUZ"  
SECRETARIA ACADÉMICA  
TUMBES - PERU**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En Tumbes, a los VEINTIDÓS día (s) del mes de FEBRERO de dos mil veintiuno, se reunieron de manera virtual, los integrantes del jurado designados, según Resolución N° 140-2018/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D (19-11-2018) y Resolución N° 044-2020/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D (03-08-2020) donde se aprueba el Proyecto de Tesis y ratifica el jurado; con el objeto de evaluar la sustentación de la tesis denominada: **Evaluación del perfil de riesgo por inundación en el distrito de Tumbes - 2018**, para optar el Título de Ingeniero Agrícola. **Cuyo Asesor de la mencionada tesis es el Dr. José Modesto Carrillo Sarango.**

A las OCHO horas con TRES minutos y, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el presidente del jurado dio por iniciado el acto.

Luego de la exposición del trabajo, la formulación de preguntas y la deliberación del jurado lo declararon APROBADO por Unánimidad con el calificativo de BUENO.

Por lo tanto los Bachilleres: **ATOCHÉ BACA PAUL ALEXANDER** y **SANCHEZ JUAREZ FRANK EDIVELTON**, quedan aptos para que el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Tumbes, le expida el Título Profesional de INGENIERO AGRÍCOLA de conformidad con lo estipulado en el Artículo 90 del Estatuto de la Universidad Nacional de Tumbes y a lo normado en el Reglamento de Grados y Títulos.

Siendo las NOVENA horas con DOCE minutos, el presidente del jurado dió por concluido el presente acto académico y para mayor constancia de lo actuado firman en señal de conformidad todos los integrantes de este jurado, presentes en el acto de sustentación.

**Dr. EBER GINES TAFUR**  
DNI N° 17542075  
Presidente

**Dr. ENRIQUE MACEDA NICOLINI**  
DNI N° 27750975  
Secretario

**Dr. DECIDERIO ATOCHE ORTIZ**  
DNI N° 00251292  
Vocal

## DEDICATORIA

Una enorme gratitud a mis Padres **Ana María y Víctor** que en todo momento me apoyaron con su sabiduría, inteligencia, por guiar mis pasos día tras día, siendo los precursores de mi formación profesional, a ellos este reconocimiento, aunque por destinos de la vida, mi madre, hoy no se encuentren a mi lado.

Dedico esté presente trabajo de investigación, a mi esposa **Nancy**, por su gran apoyo y consejos dados, y estar a mil lado en este camino de esfuerzo y superación de terminar uno de mis grandes objetivos de mi vida profesional en este caso mi tesis.

A mi hijo **Fabrizio**, porque gracias a su cariño y amor hizo que esta meta sea posible y gratamente satisfactorio, a él se lo dedico de manera muy especial.

**Bachiller: Frank Edivelton Sanchez Juarez.**

En primer lugar, agradezco a Dios por ser mi guía espiritual, y por darme la fortaleza para superar los obstáculos del día a día y así alcanzar mis objetivos.

A mis padres **Lenyk y Alejandro**, por su apoyo incondicional durante todo el tiempo de mi carrera profesional, ya que son ellos mi mayor motivación para lograr cada una de mis metas.

A mi abuela **Ana** por su amor y dedicación siempre ha logrado reponerme de cualquier situación que se me ha presentado en mi actuar diario.

**Bachiller: Paul Alexander Atoche Baca.**

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestro Asesor el Dr. Jose Modesto Carrillo Sarango por brindarnos su más grande apoyo y conocimiento en esta ejecución de Tesis para obtener el títulos de ingenieros agrícolas.

Al Ing. Jorge Antonio Solis Castro, Por brindarnos su magnífico apoyo y orientación para el levantamiento topográfico debido a su enorme experiencia en trabajos de campo para obras de ingeniería.

Al Ing. Kevin Erick Elizalde Carrillo, amigo y compañero de aula, por su apoyo incondicional en el desarrollo de la simulación del rio Tumbes en el presente trabajo de investigación.

Por ultimo a los Ingenieros miembros del jurado al Ingeniero Eber Ginés Tafur, ingeniero Enrique Maceda Nicolini e Ingeniero Deciderio Atoche Ortiz y a todas las personas que de alguna u otra manera contribuyeron para la realización del presente Estudio.

# INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>XXIII</b>
<b>ABSTRAC</b> .....	<b>XXIV</b>
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	<b>25</b>
<b>2. ESTADO DE ARTE</b> .....	<b>27</b>
2.1. Situación problemática .....	27
2.2. Formulación del problema.....	29
2.3. Justificación .....	30
2.4. Hipótesis general.....	31
2.4.1. Hipótesis específica.....	31
2.5. Variables .....	31
2.5.1. Variable independiente.....	31
2.5.2. Variable dependiente.....	32
2.6. Objetivos .....	32
2.6.1. Objetivo general .....	32
2.6.2. Objetivos específicos.....	32
2.7. Marco de referencia del problema .....	33
2.7.1. Antecedentes .....	33
2.8. Definición de términos básicos.....	35
2.9. Bases teóricas científicas.....	37
2.9.1. ArcGIS.....	38
2.9.2. Evaluación de riesgo .....	38
2.9.3. Gestión del riesgo de desastres .....	39



2.9.4. Modelo de flujo.....	40
2.9.5. Peligro.....	40
2.9.6. Sistema de información geográfica (SIG).....	40
2.9.7. Vulnerabilidad.....	41
<b>3. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>42</b>
3.1. Descripción de la zona de estudio.....	42
3.1.1. Rio Tumbes.....	42
3.1.2. Ubicación .....	43
3.1.2.1. Ubicación geopolítica .....	43
3.1.2.2. Ubicación geodésica .....	44
3.1.2.3. Área de influencia .....	45
3.2. Tipo de estudio y diseño de la contrastación de la Hipótesis .....	46
3.2.1. Tipo de estudio.....	46
3.2.2. Diseño de contratación de la hipótesis .....	46
3.3. Población muestra y muestreo.....	46
3.4. Materiales .....	47
3.5. Equipos .....	48
3.6. Método de Investigación.....	48
3.7. Procesamiento y análisis de datos .....	49
3.8. Metodología.....	50
3.8.1. Estudio topográfico.....	51
3.8.2. Determinación del caudal Máximo.....	52
3.8.3. Áreas de inundación con IBER 2D .....	55

3.8.3.1. <i>Malla de dominio de calculo</i> .....	56
3.8.3.2. <i>Condiciones de contorno</i> .....	56
3.8.3.3. <i>Coeficiente de Manning</i> .....	57
3.8.3.4. <i>Datos del problema</i> .....	58
3.8.3.5. <i>Resultados de la simulación</i> .....	59
3.9. <i>Proceso de análisis jerárquico</i> .....	63
3.9.1. <i>Proceso de análisis jerárquico</i> .....	65
3.10. <i>Análisis de peligro, vulnerabilidad y riesgo con ArGis</i> .....	67
3.10.1. <i>Superposición ponderada en ArGis</i> .....	70
3.10.2. <i>Reclasificación de ráster</i> .....	73
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	<b>75</b>
4.1. <i>Análisis del territorio afectado en el Distrito de Tumbes</i> .....	75
4.2. <i>Análisis y evaluación de la peligrosidad</i> .....	77
4.2.1. <i>Susceptibilidad del territorio</i> .....	79
4.2.1.1. <i>Análisis de los factores condicionantes</i> .....	79
a. <i>Distancia de inundación al eje del rio.</i> .....	80
b. <i>Pendiente del terreno</i> .....	82
c. <i>Geomorfología</i> .....	83
d. <i>Geología</i> .....	84
e. <i>Velocidad de flujo</i> .....	86
4.2.1.2. <i>Análisis de los factores desencadenantes</i> .....	88
a. <i>Tirante de agua (m)</i> .....	88
4.2.2. <i>Niveles de peligrosidad</i> .....	90

4.2.3.	Estratificación del peligro.....	91
4.2.4.	Mapa de peligro.....	92
4.2.5.	Elementos expuestos .....	93
4.2.5.1.	<i>Elementos expuestos a nivel socioeconómico</i> .....	93
a.	Población .....	93
b.	Viviendas .....	94
c.	Educación .....	95
d.	Salud.....	96
4.2.5.2.	<i>Elementos expuestos a nivel ambiental</i> .....	96
a.	Cobertura vegetal.....	97
4.3.	Análisis de la vulnerabilidad.....	99
4.3.1.	Análisis de las dimensiones para la vulnerabilidad .....	101
4.3.2.	Análisis de la dimensión Económica.....	102
4.3.2.1.	<i>Análisis de la fragilidad económica</i> .....	102
a.	Material de Pared.....	103
b.	Material de Piso .....	104
c.	Abastecimiento de agua.....	105
4.3.2.2.	<i>Análisis de la resiliencia económica</i> .....	106
a.	Tipo de vivienda .....	107
4.3.3.	Análisis de la dimensión social .....	108
4.3.3.1.	<i>Análisis de la fragilidad social</i> .....	109
a.	Grupos Etarios .....	109
b.	Grado de las instituciones educativas .....	110
c.	Distribución de los Centros de salud .....	111

4.3.3.2.	<i>Análisis de la resiliencia social</i> .....	112
a.	Parámetro: Concentración de población por manzanas .....	113
b.	Número de viviendas por manzana .....	114
4.3.4.	Análisis de la dimensión ambiental .....	114
4.3.4.1.	<i>Análisis de la fragilidad ambiental</i> .....	115
a.	Cercanía de las viviendas al río .....	115
4.3.4.2.	<i>Análisis de la resiliencia ambiental</i> .....	116
a.	Cobertura vegetal .....	117
b.	Conocimiento del riesgo .....	117
c.	Recolección de residuos solidos .....	119
4.3.5.	Matriz de vulnerabilidad .....	120
4.3.5.1.	<i>Vulnerabilidad de la dimensión económica</i> .....	120
4.3.5.2.	<i>Vulnerabilidad de la dimensión social</i> .....	121
4.3.5.3.	<i>Vulnerabilidad de la dimensión ambiental</i> .....	122
4.3.6.	Estratificación de la vulnerabilidad .....	125
4.3.7.	Mapa de vulnerabilidad .....	127
4.4.	Metodología para el cálculo del riesgo .....	128
4.5.	Niveles de Riesgo .....	130
4.6.	Estratificación de los Niveles de Riesgo .....	131
4.7.	Mapa de riesgo .....	133
4.8.	Matriz de Riesgo .....	134
4.9.	Perdidas probables .....	134
4.9.1.	Viviendas .....	135
4.9.2.	Educación .....	136

4.9.3. Salud.....	137
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>138</b>
<b>6. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>140</b>
<b>CAPITULO VII.....</b>	<b>141</b>
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>141</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>143</b>
7.1. Panel fotográfico del levantamiento topográfico en la zona de estudio	
Medición de puntos de control .....	143
7.2. Procesamiento de información de topografía tramo del Rio Tumbes ....	146

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización y ubicación de la zona de estudio en el Distrito de Tumbes.	44
.....	44
<b>Figura 2.</b> Imagen satelital del área de estudio. ....	45
<b>Figura 3.</b> Proceso metodológico de la investigación. ....	51
<b>Figura 4.</b> Levantamiento Topográfico desde el tramo del Puente Viejo y puente Nuevo del Rio Tumbes. ....	52
<b>Figura 5.</b> Cálculo del caudal máximo en un tiempo de retorno de 50 años. ....	54
<b>Figura 6.</b> <i>Ubicación de la zona de investigación en el software IBER 2D</i> .....	56
<b>Figura 7:</b> adecuación de la Rugosidad de Manning en la zona de investigación. .	57
<b>Figura 8.</b> Cota del agua del Rio Tumbes. ....	59
<b>Figura 9.</b> Calado del agua (tirante del agua). ....	60
<b>Figura 10.</b> Velocidad del agua del Rio Tumbes. ....	61
<b>Figura 11.</b> topografía del terreno. ....	62
<b>Figura 12.</b> Pasos del flujo metodológico a seguir para la toma de decisiones. ....	63
<b>Figura 13.</b> Escala de Saaty. ....	64
<b>Figura 14.</b> Matriz de Comparación de pares. ....	65
<b>Figura 15.</b> Matriz de normalización. ....	66
<b>Figura 16.</b> Resultado del vector de suma ponderado. ....	66
<b>Figura 17.</b> Llanura de inundación del rio en la Ciudad de Tumbes, a través del tirante de agua. ....	68
<b>Figura 18.</b> Elementos expuestos identificados en el Distrito de Tumbes. ....	69
<b>Figura 19.</b> Ejemplo de reclasificación por celda con escala de medición de 1 a 3. .....	71

<b>Figura 20.</b> Ejemplo de procesamiento de Superposición ponderada con una escala de evaluación de 1 a 100. ....	71
<b>Figura 21.</b> Resultado de peligrosidad con la superposición ponderada sin la delimitación de valores establecidos en la escala de Saaty. ....	72
<b>Figura 22.</b> Ejemplo de reclasificación por rango de valores. ....	73
<b>Figura 23.</b> Resultado de peligrosidad según los valores establecidos con la escala de Saaty medido de 1 a 100. ....	74
<b>Figura 24.</b> Nivel de afectación por cobertura vegetal en el distrito de Tumbes .....	76
<b>Figura 25.</b> identificación y caracterización de peligros generados por fenómenos naturales. ....	77
<b>Figura 26.</b> Flujograma para estimar los niveles de riesgo.....	129

## **INDICE DE ILUSTRACIONES**

<b>Ilustración 1.</b> Diagrama de flujo IBER.....	55
<b>Ilustración 2.</b> identificación de parámetros y Caracterización del peligro .....	78
<b>Ilustración 3.</b> Estratificación de peligro.....	91
<b>Ilustración 4.</b> Metodología del análisis de Vulnerabilidad.....	99
<b>Ilustración 5.</b> Parámetro de Evaluación de la dimensión económica. ....	102
<b>Ilustración 6.</b> Parámetros en la evaluación de la dimensión social. ....	108
<b>Ilustración 7.</b> Parámetros en la evaluación de la dimensión ambiental. ....	115
<b>Ilustración 8.</b> Niveles de vulnerabilidad. ....	124
<b>Ilustración 9.</b> Estratificación de vulnerabilidad. ....	125
<b>Ilustración 10.</b> Niveles de riesgo.....	130
<b>Ilustración 11.</b> Estratificación del Riesgo.....	131



## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Caudal máximo anual del río Tumbes, Estación Hidrometeorológica el Tigre. ....	53
Cuadro 2. Cálculo de Caudales Máximos con distribución estadísticas.....	54
Tabla 3. Área afectada por cobertura vegetal en el Distrito de Tumbes.....	75
Cuadro 4: Identificación de factores disponibles en el territorio.....	79
Cuadro 5: Descriptores de los parámetros condicionantes.....	79
Cuadro 6: matriz de Comparación de pares de los parámetros de los factores condicionantes.....	80
Cuadro 7: matriz de normalización de pares de los parámetros de los factores condicionantes.....	80
Cuadro 8: Descriptor de parámetro de la distancia de inundación al eje del río.....	80
Cuadro 9: Matriz de comparación de pares del parámetro distancia de inundación al eje del río.....	81
Cuadro 10: Matriz de normalización de pares del parámetro distancia de inundación al eje del río.....	81
Cuadro 11: Descriptor de parámetro pendiente.....	82
Cuadro 12: Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente del terreno	82
Cuadro 13: Matriz de normalización de pares del parámetro pendiente del terreno.....	82
Cuadro 14: Descriptor de parámetro geomorfología.....	83
Cuadro 15: matriz de comparación de pares del parámetro geomorfología.....	84
Cuadro 16: Matriz de normalización de pares del parámetro pendiente del terreno.....	84

Cuadro 17: Descriptor de parámetro geología .....	85
Cuadro 18: matriz de comparación de pares del parámetro geología .....	85
Cuadro 19: Matriz de normalización de geología .....	85
Cuadro 20: Descriptor de parámetro velocidad de flujo .....	86
Cuadro 21: matriz de comparación de pares del parámetro velocidad de flujo.....	86
Cuadro 22: Matriz de normalización de pares del parámetro velocidad de flujo .....	86
Cuadro 23: Factores condicionantes. ....	87
Cuadro 24: valor de los factores condicionantes .....	87
Cuadro 25: Descriptor de parámetro tirante de agua.....	88
Cuadro 26: matriz de comparación de pares del parámetro tirante de agua .....	89
Cuadro 27: Matriz de normalización de pares del tirante de agua .....	89
Cuadro 28: Valor del factor desencadenante .....	89
Cuadro 29: Susceptibilidad del peligro .....	90
Cuadro 30: Valor de la Peligrosidad. ....	90
Cuadro 31: Población y núcleos urbanos. ....	93
Cuadro 32: Distribución por sexo y grupos etarios. ....	94
Cuadro 33: Tipo de vivienda en la zona expuesta .....	94
Cuadro 34: Material de construcción predominante en las paredes exteriores de la vivienda.....	95
Cuadro 35: Elementos expuestos susceptibles en el sector educación. ....	95
Cuadro 36. Cobertura vegetal definida en nuestra zona de investigación.....	97
Cuadro 37: Matriz de comparación de pares. ....	100
Cuadro 38: análisis de las dimensiones para la vulnerabilidad.....	101

Cuadro 39: Matriz de comparación de pares de las dimensiones para la vulnerabilidad.....	101
Cuadro 40. Matriz de normalización de las dimensiones para la vulnerabilidad ...	101
Cuadro 41: Parámetros de la Fragilidad Económica. ....	102
Cuadro 42: descriptor del Parámetros material de pared. ....	103
Cuadro 43: Descriptor de los sub parámetros de material de piso.....	103
Cuadro 44: Valor de los descriptores del parámetro material de piso (fragilidad económica).....	104
Cuadro 45: Descriptor del parámetro de material de piso.....	104
Cuadro 46: Descriptor de los sub parámetros de material de piso.....	104
Cuadro 47. Valor de los descriptores del parámetro material de piso (fragilidad económica).....	105
Cuadro 48: Descriptor del parámetro de abastecimiento de agua. ....	105
Cuadro 49: Descriptor de los sub parámetros de abastecimiento de agua. ....	106
Cuadro 50: Valor de los descriptores del parámetro abastecimiento de agua (fragilidad económica) .....	106
Cuadro 51: Parámetros de la fragilidad económica .....	107
Cuadro 52: Descriptor del parámetro de tipo de vivienda. ....	107
Cuadro 53: Descriptor de los sub parámetros de tipo de vivienda .....	107
Cuadro 54. Valor de los descriptores del parámetro tipo de vivienda (fragilidad económica).....	108
Cuadro 55. Parámetros de la Fragilidad Social. ....	109
Cuadro 56: Descriptor del Parámetros grupos etarios.....	109
Cuadro 57. Descriptor de los sub parámetros de grupos etarios.....	110

Cuadro 58. Valor de los descriptores del parámetro grupos etarios (fragilidad Social) .....	110
Cuadro 59: descriptor del Parámetros grado de las instituciones educativas .....	111
Cuadro 60: Valor de los descriptores del parámetro grado de las instituciones educativas (fragilidad Social) .....	111
Cuadro 61: descriptor del Parámetros centro de salud .....	111
Cuadro 62: Valor de los descriptores del parámetro Centro de salud (fragilidad Social) .....	112
Cuadro 63: Parámetros de la Resiliencia Social.....	112
Cuadro 64. descriptor del Parámetros Cantidad de población por manzanas .....	113
Tabla 65: Valor de los descriptores del parámetro cantidad de población por manzanas (resiliencia Social) .....	113
Cuadro 66: descriptor del Parámetros número de viviendas por manzanas. ....	114
Cuadro 67: Valor de los descriptores del parámetro número de viviendas por manzanas (resiliencia Social). ....	114
Cuadro 68: Parámetros de la Fragilidad Social. ....	115
Cuadro 69: descriptor del Parámetros número de viviendas por manzanas. ....	115
Cuadro 70: Valor de los descriptores del parámetro Cercanía de las viviendas al río (fragilidad Ambiental). ....	116
Cuadro 71: Parámetros de la Resiliencia Ambiental.....	116
Cuadro 72: descriptor del Parámetros cobertura vegetal.....	117
Cuadro 73: Valor de los descriptores del parámetro cobertura vegetal (resiliencia Ambiental). ....	117
Cuadro 74: descriptor del Parámetros Conocimiento del riesgo.....	118

Cuadro 75: Valor de los descriptores del parámetro conocimiento del riesgo (resiliencia Ambiental).....	118
Cuadro 76: descriptor del Parámetros de recolección residuos sólidos.....	119
Cuadro 77: Valor de los descriptores del parámetro conocimiento del riesgo (resiliencia Ambiental).....	119
Cuadro 78: Valor de la fragilidad económica total.....	120
Cuadro 79: Valor de la Resiliencia Económica total.....	120
Cuadro 80: Valor de la Vulnerabilidad económica.....	121
Cuadro 81: Valor de la fragilidad Social total.....	121
Cuadro 82: Valor de la Resiliencia Social total.....	122
Cuadro 83. Valor de la Vulnerabilidad social.....	122
Cuadro 84: Valor de la fragilidad ambiental total.....	123
Cuadro 85: Valor de la resiliencia ambiental total.....	123
Cuadro 86: Valor de la Vulnerabilidad social.....	123
Cuadro 87: Valor de la vulnerabilidad.....	124
Cuadro 88. Nivel del riesgo por inundación.....	130
Cuadro 89. Matriz del Riesgo.....	134
Cuadro 90. Efectos de estimación de pérdidas a nivel de viviendas por m2. ....	135
Cuadro 91. Efectos de estimación de pérdidas a nivel de instituciones educativas por m2.....	136

## **INDICE DE MAPAS**

<b>Mapa 1.</b> Mapa de peligro.....	92
<b>Mapa 2.</b> Elementos expuestos en la ciudad de Tumbes por el análisis de peligrosidad.....	98
<b>Mapa 3.</b> Mapa de Vulnerabilidad.....	127
<b>Mapa 4.</b> Mapa de Riesgo.....	133

## RESUMEN

El conocimiento del riesgo de desastres, es importante para los estudios en referencia a desarrollo urbano y gestión de peligros en un territorio, lo que permite definir acciones de mitigación a través de diferentes medidas estructurales y no estructurales. Es así, que el presente estudio de investigación titulado con nombre “Evaluación del perfil de riesgo por inundación en el Distrito de Tumbes- 2018”, tiene como propósito evaluar el Perfil del riesgo por inundación en el Distrito de Tumbes, según la llanura de inundación en la Ciudad de Tumbes; para lo cual se usó un tipo de estudio que corresponde a una investigación aplicada, ya que se llega al cálculo de la peligrosidad y vulnerabilidad con diseños de modelos probalísticos, con la finalidad de cuantificar el riesgo en la Ciudad de Tumbes expresado en daños y pérdidas probables; bajo un diseño la investigación se define como no experimental de corte transversal – correlacional simple, porque la información analizada permite que 2 variables, descritos como el peligro expresado a través de la llanura de inundación generado por el Rio Tumbes en un periodo de retorno de 50 años y la vulnerabilidad detallada a través de la condición socioeconómica poblacional expresado a nivel de viviendas, instituciones educativas y Centro de salud afectados. Concluyéndose que: con un caudal máximo determinado de 3592 m<sup>3</sup>/s en un periodo de retorno de 50 años a través del método probalístico Log Normal 2p, se identificó 14320 habitantes, 4300 viviendas, 15 instituciones educativas, 1 centro de salud, con potencial riesgo de sufrir los embates de la naturaleza en daños a la vida y la salud; con pérdidas estimadas por el desborde del Rio en la Ciudad de Tumbes, con proyección total de S/.248,177,205.00, siendo las viviendas las más afectadas, sobre todo el barrio San José y sus anexos.

**Palabras Claves:** Peligro, Vulnerabilidad, Riesgo, Tumbes.

## ABSTRAC

Knowledge of disaster risk is important for studies in reference to urban development and hazard management in a territory, which allows defining mitigation actions through structural and non-structural measures. Thus, the present research study entitled "EVALUATION OF THE FLOOD RISK PROFILE IN THE DISTRICT OF TUMBES- 2018", has the purpose of evaluating the profile of flood risk in the District of Tumbes, according to the floodplain in the City of Tumbes; For which a type of study was used that corresponds to an applied research, since the calculation of danger and vulnerability is reached with probalistic model designs, in order to quantify the risk in the City of Tumbes expressed in damages and losses probable; under a design The research is non-experimental of cross-sectional - simple correlation, because the information analyzed allows 2 variables, described as the danger expressed through the floodplain generated by the Tumbes River in a return period of 50 years and the detailed vulnerability through the socioeconomic condition of the population expressed at the level of affected homes, educational institutions and health centers. Concluding that: with a maximum flow rate of  $3592 \text{ m}^3 / \text{s}$  in a return period of 50 years through the LogNormal 2p probalistic method, 14320 inhabitants, 4300 homes, 15 educational institutions, 1 health center were identified, with potential risk of suffer the ravages of nature in damage to life and health; with estimated losses due to the overflowing of the River in the City of Tumbes, with a total projection of S / .248,177,205.00, with homes being the most affected, especially the San José neighborhood and its annexes.

**Key Words:** Danger, Vulnerability, Risk, Tumbes



## **CAPITULO I**

### **1. INTRODUCCION**

El presente trabajo de investigación titulado “Evaluación del perfil de riesgo por inundación en el Distrito de Tumbes- 2018” se realiza porque a través de los registros históricos de crecientes del Rio Tumbes causa inundaciones en ambas márgenes del rio, ocasionado pérdidas de producción agrícola y pecuaria, así como afectación de la población a nivel socioeconómico expresado en las viviendas, centro de salud e instituciones educativas.

Por lo cual es necesario el desarrollo de estudios como topográficos que complemente a la información oficial de estudios disponibles en nuestra zona de estudio, esto con el fin de estimar calcular de manera más exacta la peligrosidad en nuestra zona de estudio delimitado por la llanura de inundación, asociado a la vulnerabilidad existente en el territorio a nivel socioeconómico, para ello fue necesario plantearnos la siguiente hipótesis: La evaluación del perfil de riesgo por inundación permite calcular el nivel de afectación en el territorio, expresado en daños y pérdidas a nivel económico, social y ambiental. Con una influencia directa nos trazamos el siguiente objetivo: Evaluar el Perfil del riesgo por inundación del Distrito de Tumbes, según la llanura de inundación definido por el Rio del mismo nombre.

Trazado nuestro objetivo, continuamos con el desarrollo de la metodología de trabajo que consistió en el uso de software de diseño y calculo AutoCAD Civil 3D e Hidroesta 2, que permitieron el caudal diseño de 3592 m<sup>2</sup>/s mediante el uso de Software Bidimensional IBER 2D, resultado que permite el cálculo de la peligrosidad en la Ciudad de Tumbes y la delimitación del territorio vulnerable, el cual ilustro según los

niveles de riesgo, 14320 habitantes, 4300 viviendas, 15 instituciones educativas, 1 centro de salud, con potencial riesgo de sufrir los embates de la naturaleza en daños a la vida y la salud.

Esta investigación nos ha permitido determinar en la Ciudad de Tumbes, un cálculo aproximado de pérdidas monetaria por las viviendas afectadas, instituciones educativas y centro de salud de S/.248,177,205.00, siendo las viviendas las más afectadas, sobre todo el barrio San José, Bellavista, Salamanca con anexos.

Como limitante fue la capacidad monetaria para ampliar la topografía en las estructuras y/o diques construidas o implementadas desde el año 2013 hacia adelante para desarrollar una mejor proyección de simulación del Río Tumbes y la llanura de inundación que delimita el territorio afectado en la Ciudad de Tumbes.

## **CAPITULO II**

### **2. ESTADO DE ARTE**

#### **2.1. Situación problemática**

El mundo ha sido testigo de un alarmante aumento en la frecuencia y severidad de los desastres: 240 millones de personas, en promedio, se han visto afectadas por desastres naturales alrededor del mundo cada año entre el 2000 y 2005. Durante cada uno de estos seis años, estos desastres cobraron alrededor de 80.000 vidas y provocaron daños estimados en 80 mil millones de dólares EE.UU. Las pérdidas producidas por los desastres están aumentando alrededor del mundo debido a diversos factores, entre ellos:

- climáticos extremos más frecuentes, asociados con una creciente variabilidad y cambio climático;
- Sistemas de producción agrícola que aumentan el riesgo (por ejemplo, una fuerte dependencia en los cultivos de regadío que provocan el agotamiento y la salinización de la capa acuífera, pastoreo/ganadería insostenible o producción de biocombustibles en tierras que inicialmente, y de manera más adecuada, estaban cubiertas de bosques);
- Crecimiento demográfico combinado con cambios y movimientos demográficos que conllevan, por ejemplo, a una urbanización no planificada, una creciente demanda de alimentos, bienes y servicios industriales;

- Una creciente presión sobre los recursos naturales (y sobre explotación de los mismos).

Lo llamativo que el Perú siendo uno de los países que más creció en los últimos años en la región, no haya sido capaz de usar una serie de instrumentos de gestión que permiten prevenir y reducir los factores de riesgos de desastres, se hace por ello importante no hablar solo de desastres naturales y conocer otros conceptos, como riesgos y vulnerabilidad (PLANAGERD 2014.)

Como consecuencia, los daños causados por el FEN-C fueron realmente importantes en términos sociales y económicos generando un total de 141860 personas damnificadas y de 939 713 afectadas en todo el país Viviendas, instituciones educativas, puentes y carreteras fueron destruidos o colapsaron (Álvaro Campana 2017-9).

En los últimos años anteriores al fenómeno del Niño Costero, los desastres afectaron a 14 millones de peruanos(44%), siendo algunos ciudadanos afectados hasta tres veces o más, lo que dificulta, impide o limita que recuperen sus medios de vida (Zilbert zoto 2017-9).

Los daños causados por el fenómeno del Niño Costero podría ser atribuible a una desgracia natural, sin embargo, es necesario ponerlo en un tapete de discusión, ya que este tipo de fenómenos son recurrentes y característicos en el Perú y se dé prioridad considerar otras dimensiones, es decir, el rol que cumple la sociedad y el estado para prevenirlos y enfrentarlos (Kelly Gómez 2017-9).

Por la recurrencia del Fenómeno El Niño, principalmente en la época húmeda se produce altos índices de precipitación, lo que conlleva a un incremento considerable del caudal del río Tumbes, produciéndose desbordamientos y consecuentemente

inundaciones y otros eventos hidrometeorológicos causando impactos negativos con pérdidas el sector Agrario, económico, social y ambiental.

Frente a esta preocupante realidad y en concordancia con nuestra formación profesional nos induce y motiva a realizar el presente trabajo de investigación y cuyos resultados obviamente permitirán plantear y proponer alternativas de solución a estos tipos de problemas recurrente en la Región de Tumbes la cual se presenta como la ciudad con mayor índice de posibles pérdidas sociales y económicas, por lo que hemos convenido realizar el trabajo de investigación “Evaluación del perfil de riesgo por inundación en el distrito de Tumbes”.

Chamorro (2006). En su investigación Concluye que: Las cuencas hidrográficas de la región Tumbes, Han soportado una situación de sequía hidrológica, desde hace más de 3 años como resultado de las deficiencias de lluvias. Según los reportes de precipitación de setiembre del 2005 a enero del 2006, las deficiencias hídricas fueron de 47% con respecto a sus valores hidrológicos normales o promedio histórico. Las lluvias en la Región Tumbes se presentaron en forma irregular a partir de la tercera década de enero 2006, siendo más intensas en la parte alta y en menor intensidad en la cuenca media y baja. En febrero 2006, las lluvias se incrementaron a comparación del mes anterior, siendo más frecuentes en la tercera década. Las máximas lluvias se registraron el 26 en la que se intensificó desde horas de la tarde hasta que el 27 a las 10:00 a.m. el río Tumbes registró un caudal máximo instantáneo de 1557,6 m<sup>3</sup>/s, provocando desbordes e inundaciones que han originado aniegos en las viviendas y pérdidas de áreas agrícolas y 1 muerto.

## **2.2. Formulación del problema**

El Trabajo de Investigación titulado “**Evaluación del perfil de riesgo por inundación en el Distrito de Tumbes**”, plantea, enfoca y analiza de manera técnica y científica,

el desarrollo de una inundación en la ciudad de Tumbes por el incremento del caudal del Río Tumbes en un determinado tiempo de retorno, por lo que se propone evaluar, la peligrosidad que se genera por las llanuras de inundación del río en el territorio, el nivel de vulnerabilidad según las características físicas y socioeconómicas que tiene el territorio afectado, cuantificar el nivel de pérdidas y daños que se producirán en el ámbito de investigación del Distrito de Tumbes.

**Por lo consiguiente se hacen las siguientes preguntas ¿cuál es el nivel de peligrosidad que genera el Río Tumbes en un tiempo de retorno determinado? ¿Cuál es el grado de vulnerabilidad del territorio afectado según su nivel físico y socioeconómico? ¿De qué forma la evaluación del perfil de riesgo por inundación del Distrito de Tumbes, permitirá expresar y cuantificar las pérdidas y daños ante un desbordamiento del Río Tumbes?**

### **2.3. Justificación**

La Región Tumbes constantemente es afectada por fenómenos naturales y lamentablemente las inundaciones por desborde del Río Tumbes, es la que genera mayores pérdidas tanto económicas, sociales y ambientales, lo que hace necesario e indispensable el trabajo de investigación titulado “Evaluación del perfil de riesgo por inundación del Río Tumbes”, trabajo que presenta una Justificación práctica ya que contribuye prevenir, reducir, y evitar los daños y pérdidas del riesgo en el Distrito de Tumbes ante una posible inundación del Río Tumbes.

La presente Investigación tendría una Justificación Social- Económica ya que Permitirá adoptar medidas de prevención y reducción con el desarrollo de medidas, actividades y/o programas estructurales y no estructurales, además de ser el insumo básico y principal para la gestión ambiental y el acondicionamiento, ordenamiento, planificación del territorio; permitiendo racionalizar los recursos financieros y capital humano.

Así mismo para los Gobiernos Locales y/o Regionales los resultados tienen una justificación política – administrativa, ya que aportara en la toma de decisiones en los diferentes niveles de gobierno que integren el SINAGERD.

## **2.4. Hipótesis general**

La evaluación del perfil del riesgo por inundación permite calcular el nivel de afectación en el territorio, expresado en daños y pérdidas a nivel económico, social y ambiental.

### **2.4.1. Hipótesis específica**

- A.** Es posible el cálculo de la peligrosidad, con el uso de variables condicionantes propias del territorio y desencadenantes según el tiempo de retorno del río.
  
- B.** El grado de vulnerabilidad estimado en el Distrito de Tumbes, es posible con un análisis de la exposición al peligro , y características socioeconómicas amarrados con la fragilidad y resiliencia en el territorio.
  
- C.** El riesgo se puede calcular de manera monetaria en el marco social, con afectación de personas y sus viviendas , en la parte económica con la infraestructura comprometida en salud y educación.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Variable independiente**

- Peligro de Inundación por desborde del río en la Distrito de Tumbes
- Vulnerabilidad de los elementos expuestos en la Distrito de Tumbes.

### 2.5.2. Variable dependiente

- Cálculo del riesgo expresado en daños y pérdidas

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

$R_{ie}$  = Riesgo.

$f$  = En función

$P_i$  = Peligro con la intensidad mayor o igual a  $i$  durante un período de exposición  $t$

$V_e$  = Vulnerabilidad de un elemento expuesto.

## 2.6. Objetivos

### 2.6.1. Objetivo general

Evaluar el Perfil del riesgo por inundación en el Distrito de Tumbes, según la llanura de inundación definido por el Río Tumbes.

### 2.6.2. Objetivos específicos

- Identificar las características del peligro, sus niveles de peligrosidad y el desarrollo del mapa del nivel de peligro.
- Realizar el análisis de vulnerabilidad, y el desarrollo del mapa por nivel de vulnerabilidad.
- Establecer los diferentes niveles de riesgos y el desarrollo del mapa de Riesgo.
- Cuantificar los niveles de riesgo que permitan estimar las pérdidas y daños en el ámbito social, económico y ambiental.



## **2.7. Marco de referencia del problema**

### **2.7.1. Antecedentes**

**A nivel Internacional,** RODRIGUEZ G. (2016); en su tesis “diseño metodológico evaluación de riesgo por inundación con información escasa, Colombia”, concluye que: el haber elegido el Modelo de Turner y adaptarlo a las condiciones de los casos de estudio mediante la selección de variables asociadas a los componentes de exposición, susceptibilidad y capacidad, permitió conocer a fondo la realidad que viven las comunidades. Observar a partir de la elaboración de cada encuesta su vida y rutinas diarias fue una experiencia enriquecedora, pues fue posible que compartieran sus vivencias experimentadas durante las inundaciones y también por fuera de ellas, su percepción sobre los daños y pérdidas, así como las estrategias de adaptación de sus viviendas y comportamiento. Además de poder incorporar otros elementos relacionados con lo ambiental y lo social, además es posible desarrollar la metodología en pequeños centros urbanos, teniendo en cuenta el contexto particular y la disponibilidad y calidad de la información. Por esta razón, la metodología puede ser replicada en otros municipios del país similares o diferentes a los casos de estudio abordados en esta investigación.

**A nivel Nacional,** (SOTO, 2014); En su tesis “Evaluación del riesgo de inundación en el distrito de Tarato utilizando sistemas de información geográfica, Lima”; concluye que la evaluación de riesgo de la zona de pastizal y cultivo del área de estudio para una inundación del tipo estático tiene una tendencia de alta muy alta para los diferentes periodos de retorno 5, 10, 25, 50, 100 años en promedio, por otro lado para una inundación de tipo dinámico esta zona de pastizal y cultivo tiene una tendencia de riesgo de baja a muy alta para los diferentes periodos de retorno.

**En la Región de Tumbes,** (ELIZALDE, 2016); en su tesis “Control de las inundaciones en el valle del Río Tumbes mediante la habilitación de un cauce de

alivio – Simulación hidráulica”, concluye que: Ante los daños que provocan las avenidas en el Río Tumbes, que obligan al gasto permanente del Estado para desarrollar las obras durante las etapas de emergencia y rehabilitación, se hace necesario ejecutar obras que permitan el control de las avenidas y reducir los daños, de tal manera que las inversiones, eviten los mayores gastos que significan las fases de rehabilitación y reconstrucción. Por tanto, de los resultados de esta investigación se puede decir que la habilitación del cauce de alivio permite mitigar considerablemente el efecto de las inundaciones aguas abajo del sector San Jacinto y por tanto reducir las pérdidas económicas de las actividades productivas y los daños en las infraestructuras que año a año se generan por el desborde del Río Tumbes, e incluso resulta de gran efectividad para reducir los riesgos de inundación en zonas concretas ante eventos extremos.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE TUMBES 2013-2014; en marco del proyecto “preparación respuesta y recuperación temprana ante escenario multi-riesgos y transversalización de la gestión de riesgos en la planificación de desarrollo”, tiene como uno de sus objetivos la construcción integrada del plan de operaciones de emergencia(POE), esta tiene como prioridad definir con anticipación las tareas y roles que cada una de las autoridades locales de la provincia debe desempeñar en el momento de La emergencia o desastre, siendo actores y ejecutores de acuerdo con el ámbito de competentes y responsabilidades. Así también, este proyecto define los procedimientos para el flujo de información, los mecanismos de coordinación y la toma de decisiones permitan una respuesta ágil y efectiva, la que necesitamos implementar en la brevedad posible.

Autoridad Nacional del Agua [ANA] (2013), menciona que: Entre los efectos que producen las inundaciones en el valle del Río Tumbes, destaca las pérdidas económicas de las actividades productivas lo que conllevaría un problema económico y social. A este mismo nivel se debe considerar los daños en las

infraestructuras, que generan una serie de costos necesarios para poder recuperar su uso anterior, generalmente vinculado a las actividades productivas.

## 2.8. Definición de términos básicos

- **Análisis de riesgos:** Procedimiento técnico, que permite identificar y caracterizar los peligros, analizar las vulnerabilidades, calcular, controlar, manejar y comunicar los riesgos, para lograr un desarrollo sostenido mediante una adecuada toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres. (manual evar-2da edición, 2014).
- **Análisis de la vulnerabilidad:** Etapa de la evaluación de riesgos, en la que se analiza los factores de exposición, fragilidad y la resiliencia en función al nivel de peligrosidad determinada, se evalúa el nivel de vulnerabilidad y se elabora el mapa del nivel de vulnerabilidad de la unidad física, social o ambiental evaluada. Alvarado, 2017).
- **Cuenca hidrográfica:** También denominado cuenca de drenaje, es el territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas. (Alvarado, 2017).
- **Desastres:** Conjunto de daños y pérdidas, en la salud, fuentes de sustento, hábitat físico, infraestructura, actividad económica y ambiente, que ocurre a consecuencia del impacto de un peligro o amenaza cuya intensidad genera graves alteraciones en el funcionamiento de las unidades sociales, sobrepasando la capacidad de respuesta local para atender eficazmente sus

consecuencias, pudiendo ser de origen natural o inducido por la acción humana. (manual evar-2da edición, 2014).

- **Determinación de peligros:** Etapa de la evaluación de riesgos, en la que se identifica y caracteriza los peligros, se evalúa la susceptibilidad de los peligros, se define los escenarios, se determina el nivel de peligrosidad y se elabora el mapa del nivel de peligrosidad. (manual evar-2da edición, 2014).
  
- **Evaluación de riesgos:** Componente del procedimiento técnico del análisis de riesgos, el cual permite calcular y controlar los riesgos, previa identificación de los peligros y análisis de las vulnerabilidades, recomendando medidas de prevención y/o reducción del riesgo de desastres y valoración de riesgos. (manual evar-2da edición, 2014).
  
- **Gestión del riesgo de desastres:** Es un proceso social cuyo fin último es la prevención, la reducción y el control permanente de los factores de riesgo de desastre en la sociedad, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastre, considerando las políticas nacionales con especial énfasis en aquellas relativas a materia económica, ambiental, de seguridad, defensa nacional y territorial de manera sostenible. (manual evar-2da edición, 2014).
  
- **Medidas estructurales:** Cualquier construcción física para reducir o evitar los riesgos o la aplicación de técnicas de ingeniería para lograr la resistencia y la resiliencia de las estructuras o de los sistemas frente a los peligros. (manual evar-2da edición, 2014).
  
- **Medidas no estructurales:** Cualquier medida que no suponga una construcción física y que utiliza el conocimiento, las prácticas o los acuerdos

existentes para prevenir o reducir el riesgo y sus impactos, especialmente a través de políticas y leyes, una mayor concientización pública, la capacitación y la educación. (manual evar-2da edición, 2014).

- **Peligro:** Probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos. (manual evar-2da edición, 2014).
  
- **Resiliencia:** Capacidad de las personas, familias y comunidades, entidades públicas y privadas, las actividades económicas y las estructuras físicas, para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse, del impacto de un peligro o amenaza, así como de incrementar su capacidad de aprendizaje y recuperación de los desastres pasados para protegerse mejor en el futuro. (INDECI (2006).
  
- **Riesgo de desastre:** Es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro. (Manual evar-2da edición, 2014).
  
- **Vulnerabilidad:** Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro. La vulnerabilidad puede ser explicada por tres factores: Exposición, Fragilidad y Resiliencia. Se expresa En términos de 0 a 1. (manual evar-2da edición, 2014).

## 2.9. Bases teóricas científicas

### **2.9.1. ArcGIS**

ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario. El sistema está disponible en cualquier lugar a través de navegadores Web, dispositivos móviles como Smartphone y equipos de escritorio. (ArcGIS Resources, s.f.)

### **2.9.2. Evaluación de riesgo**

El riesgo de desastre es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y de impacto de un peligro. (SINAGERD-2011). Por lo tanto, el riesgo de desastre es resultante de la interacción del peligro con la vulnerabilidad.

$$\text{RIESGO} = \text{PELIGRO} \times \text{VULNERABILIDAD}$$

La formulación de escenarios de riesgo comprende la estimación de pérdidas y daños que podría sufrir una región, provincia, distrito o ciudad, ante el impacto de un peligro sobre condiciones de vulnerabilidad.

La identificación del riesgo y escenarios de riesgo permite definir acciones de desarrollo para reducir las causas que lo generan, incluyendo aspectos sociales, económicos y territoriales/ambientales.

Es posible gestionar el riesgo como parte de la gestión del desarrollo, como un proceso de adopción de políticas, estrategias y prácticas orientadas a reducir los riesgos asociados a peligros o minimizar sus efectos. Implica intervenciones en los

procesos de planeamiento del desarrollo para reducir las causas que generan vulnerabilidades.

### **2.9.3. Gestión del riesgo de desastres**

La GRD es un proceso que tiene como objetivo la prevención, Reducción y control de los factores de riesgo en la sociedad, así como la preparación y respuesta ante situaciones de desastres, considerando las políticas nacionales con especial énfasis en aquellas relativas a materia económica, ambiental, de seguridad, de defensa nacional y territorial de manera sostenible (Ley N° 29664; Congreso de la República 2011).

El proceso de GRD tiene en cuenta lo siguiente:

- La estimación del riesgo: a través de acciones y procedimientos para generar el conocimiento de los peligros o amenazas, analizar la vulnerabilidad y establecer los niveles de riesgo; todo ello permite la toma de decisiones en la gestión del riesgo (Congreso de la República 2011). La estimación del riesgo cuantifica el nivel de daño y los costos sociales y económicos de un centro poblado frente a un peligro potencial y se realiza previamente a la ocurrencia de un evento para la elaboración de proyectos de desarrollo; también se lleva a cabo luego del desastre para la evaluación de daños, pérdidas y víctimas (Indeci 2006).
- La prevención y reducción del riesgo: están orientadas a evitar la generación de nuevos riesgos en la sociedad y a reducir vulnerabilidades y riesgos existentes en el contexto de la gestión del desarrollo sostenible.
- La preparación, respuesta y rehabilitación: realizada con el fin de procurar una óptima respuesta de la sociedad en caso de desastres, garantizando una adecuada y oportuna atención de las personas afectadas, así como la

rehabilitación de los servicios básicos indispensables, lo que permite normalizar las actividades en la zona afectada por el desastre (Gómez, 2017).

#### **2.9.4. Modelo de flujo.**

Herramienta matemática o numérica que describe y cuantifica los diversos componentes del flujo de agua en un sistema hídrico como, por ejemplo, un modelo de flujo subterráneo, un modelo de flujo en un río o un modelo acoplado de flujo que considera simultáneamente todos los componentes. (Organización Meteorológica Mundial, 2012).

#### **2.9.5. Peligro**

El Reglamento de la Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión de Desastres mediante el D.S.N° 048-2011-PCM, del año 2011 lo define como la probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia definidos.

En resumen, el peligro o amenaza son eventos externos que ponen en riesgo la vida y su entorno del hombre, por lo que identificando los peligros, los sucesos históricos, la magnitud, localización; se pueda reducir el riesgo (Castro, 2014).

#### **2.9.6. Sistema de información geográfica (SIG).**

Sistema de gestión de datos que utiliza un paquete informático que incorpora la superposición de diferentes capas de características, mediante mapas



relacionados con tablas de datos y conjuntos de modelos. (Organización Meteorológica Mundial, 2012).

### **2.9.7. Vulnerabilidad**

INDECI (2006), define la vulnerabilidad como el grado de debilidad o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro natural o antrópico de una magnitud dada. Es la facilidad como un elemento (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta y desarrollo político institucional, entre otros), pueda sufrir daños humanos y materiales. Se expresa en términos de probabilidad, en porcentaje de 0 a 100.

Andrew Maskrey (1993) define la vulnerabilidad como “una relación compleja entre población, medio ambiente, relaciones, formas y medios de producción”.

## **CAPITULO II**

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Descripción de la zona de estudio**

El Departamento de Tumbes está ubicado en la costa septentrional y en el extremo nor-occidental del Perú. Limita por el norte y por el este con la República del Ecuador, por el sur con el Departamento de Piura y por el oeste con el Océano Pacífico. Tiene una extensión de 4 657,26 Km<sup>2</sup> y está dividido políticamente en 3 provincias (Contralmirante Villar, Tumbes y Zarumilla) y 13 distritos.

##### **3.1.1. Río Tumbes**

La cuenca del Río Tumbes está formada, en su cabecera, por numerosas quebradas que discurren principalmente desde la cordillera de Chilla y Cerro Negro en el Ecuador (provincias de El Oro y Loja) En su parte alta el río es llamado a menudo río Pindo o río Grande Toma el nombre de río Puyango a partir de su confluencia con el río Yaguachi, cerca de balsas siguiendo la dirección occidental por unos 100 km, el río Puyango alcanza la quebrada Cazaderos, para formar el Río Tumbes. Gira entonces hacia el Norte unos 80 m hasta llegar al océano pacifico, en la bahía de Tumbes, cerca de la ciudad de Tumbes.

La cuenca alta del río Puyango-Tumbes, está rodeada por terrenos montañosos con altitudes de alrededor de 4500 m. Cuatro tributarios principales el río Calera, el río amarillo, el río Luis y el río Ambocas, dando origen y forman el río Pindo. El río Pindo y sus tributarios tienen una pendiente pronunciada, La mayor parte del río Puyango tiene una pendiente moderada de 4 por mil (cuenca media) Bajando hacia el mar forma la llanura del Río Tumbes, en donde la pendiente del cauce es inferior al 2 por mil (Cuenca baja) zona que es frecuentemente inundada.

### **3.1.2. Ubicación**

#### **3.1.2.1. Ubicación geopolítica**

El área del estudio se desarrolla en el Distrito de Tumbes, involucra a la Ciudad de Tumbes, el ámbito de acción corresponde a la llanura de inundación del Río Tumbes en un tiempo de retorno de 50 años.

La Ciudad de Tumbes, se encuentra ubicada al norte del territorio Peruano, en coordenadas UTM 560417.00 m al este y 9605480.37 m al norte, sobre la margen derecha del Río Tumbes, a una altitud de 6 m.s.n.m. y a 1260km. de distancia de la Capital y aproximadamente 26 km. De la frontera con el Ecuador.

#### **Limites**

El Distrito de Tumbes limita por el:

Norte : Océano Pacífico

Sur : Distrito de San Juan de la Virgen

Este : Provincia de Zarumilla

Oeste : Distrito Corrales



**Figura 1.** Localización y ubicación de la zona de estudio en el Distrito de Tumbes.

**Fuente:** Elaboración propia, año 2018.

### 3.1.2.2. Ubicación geodésica

Según el Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84), proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), la zona de de estudio se encuentra en Zona 17 sur, el tramo del entre el rio y la Ciudad Tumbes se encuentra ubicado entre las siguientes coordenadas el trabajo de investigación.

Limite	Este (m)	Norte (m)
Aguas Abajo	559319.00	9605659.00
Aguas Arriba	560046.00	9603962.00



**Figura 2.** Imagen satelital del área de estudio.

**Fuente:** Elaboración propia, año 2018.

### 3.1.2.3. Área de influencia

Se considera como criterio un área de influencia partiendo de la simulación bidimensional de realizada con el Software IBER 2d, para esto se tomara el área de inundación o llanura de inundación del rio, en la Ciudad de Tumbes.

## **3.2. Tipo de estudio y diseño de la contrastación de la Hipótesis**

### **3.2.1. Tipo de estudio**

Corresponde a una investigación aplicada, donde se llega al cálculo de la peligrosidad y vulnerabilidad con diseños de modelos probalísticos, con la finalidad de cuantificar el riesgo en nuestra zona de investigación.

### **3.2.2. Diseño de contratación de la hipótesis**

La investigación es no experimental de corte transversal – correlacional simple. La investigación correlacional simple tendrá como fundamento la prueba de hipótesis y busca que las conclusiones lleven a la formulación o al contraste de leyes o principios científicos; el investigador se planteara como objetivos estudiar dos variables o el porqué de las cosas, los hechos, los fenómenos o las situaciones, se denominan correlacional simple. En la investigación correlacional simple se analizará causas y efectos de la relación entre dos a más variables en un tiempo determinado.

## **3.3. Población muestra y muestreo**

La población está constituida por el total de personas que radican en la Ciudad de Tumbes ; y la muestra se constituye por la población que es afectada por la llanura de inundación delimita por el desborde del Rio Tumbes.

### 3.4. Materiales

<b>Información</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Modelo digital de elevaciones (DEM), producto de Información topográfica de alta resolución (topografía LIDAR – diciembre 2013), batimetrías del río y curvas de nivel de las últimas modificaciones (defensas ribereñas) en el cauce del río. <i>Fuente: Secretaría Técnica del Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Tumbes.</i></li><li>▪ Caudales de máximas avenidas de la estación hidrológica El Tigre.</li><li>▪ Levantamiento Topográfico del tramo del Río Tumbes, referencia puente Tumbes con Antiguo puente Tumbes frente al malecón.</li><li>▪ Antecedentes (memorias y planos) de trabajos anteriores.</li></ul>
<b>Software</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Civil 3D 2017 Para la adecuación de topografía del tramo puente Viejo-Puente Nuevo (dron topográfico).</li><li>▪ IBER 2D Para el desarrollo de la malla, para la construcción del modelo hidrodinámico obteniendo la velocidad de flujo, tirante de agua, cota de terreno.</li><li>▪ Microsoft Excel 2019 Se empleó para el tratamiento de datos en cuadros, para la información hidrológica, y el uso de la ponderación de Criterios (escala de Saaty) de Peligro y Vulnerabilidad. <i>Aplicación distribuida por la suite de oficina, y creada por Microsoft Office, que se caracteriza por ser un software de hojas de cálculo.</i></li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ArcGIS 10.3</li> </ul> <p>Para la adecuación de la información topográfica, como los modelos digitales de elevaciones (DEM), junto a la superponderación ponderada de los factores condicionantes y desencadenantes Peligro y Vulnerabilidad.</p> <p style="text-align: center;"><i>El software ArcGIS es de uso comercial, y para el desarrollo del presente trabajo de investigación se usó licencia del tipo: ArcGIS for Concurrent Use.</i></p>
<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hojas A4 75g</li> <li>▪ Libreta de campo</li> <li>▪ Estacas, entre otros.</li> </ul>

### 3.5. Equipos

- Cámara Fotográfica, se trabajara con un celular Samsung A30 2018, donde registraremos toda la información necesaria en la zona de investigación.
- Navegador GPS.
- Laptop modelo HP Ryzen 5, año 2019, que contara con un sistema operativo de Windows 10, donde desarrollaremos con los siguientes programas de OFFICE, también nos servirá para obtener la información en campo.
- Estación Total, GPS Geodésico, dron.

### 3.6. Método de Investigación

Método científico. - En nuestro presente trabajo “Proyecto de tesis” de investigación se usará el Método Inductivo.



- Inductivo: el cual se dará a conocer de lo específico, datos, e información necesaria para plasmarlo a un plano general. Este método a seguir nos facilita con fines de darle solución al problema de inundación, en el que plantearemos datos analizando una mejora para esta zona de inundación.

Técnicas. Las técnicas más utilizadas en el estudio de este proyecto de investigación serán:

- Lectura: Para el estudio de este proyecto de investigación se necesitará recaudar información de portales libros, y para lo cual se necesitará un breve estudio para poder introducir una información veraz y real.
- Observación: En este caso es la manera más eficiente de dar identificación de la zona de recorrido del puente Bolsico, observando las máximas avenidas vecinas en los días de mayor caudal.
- Entrevista: a población las cuales hayan visto el caudal máximo y su comportamiento.

### **3.7. Procesamiento y análisis de datos**

#### **Procesamiento**

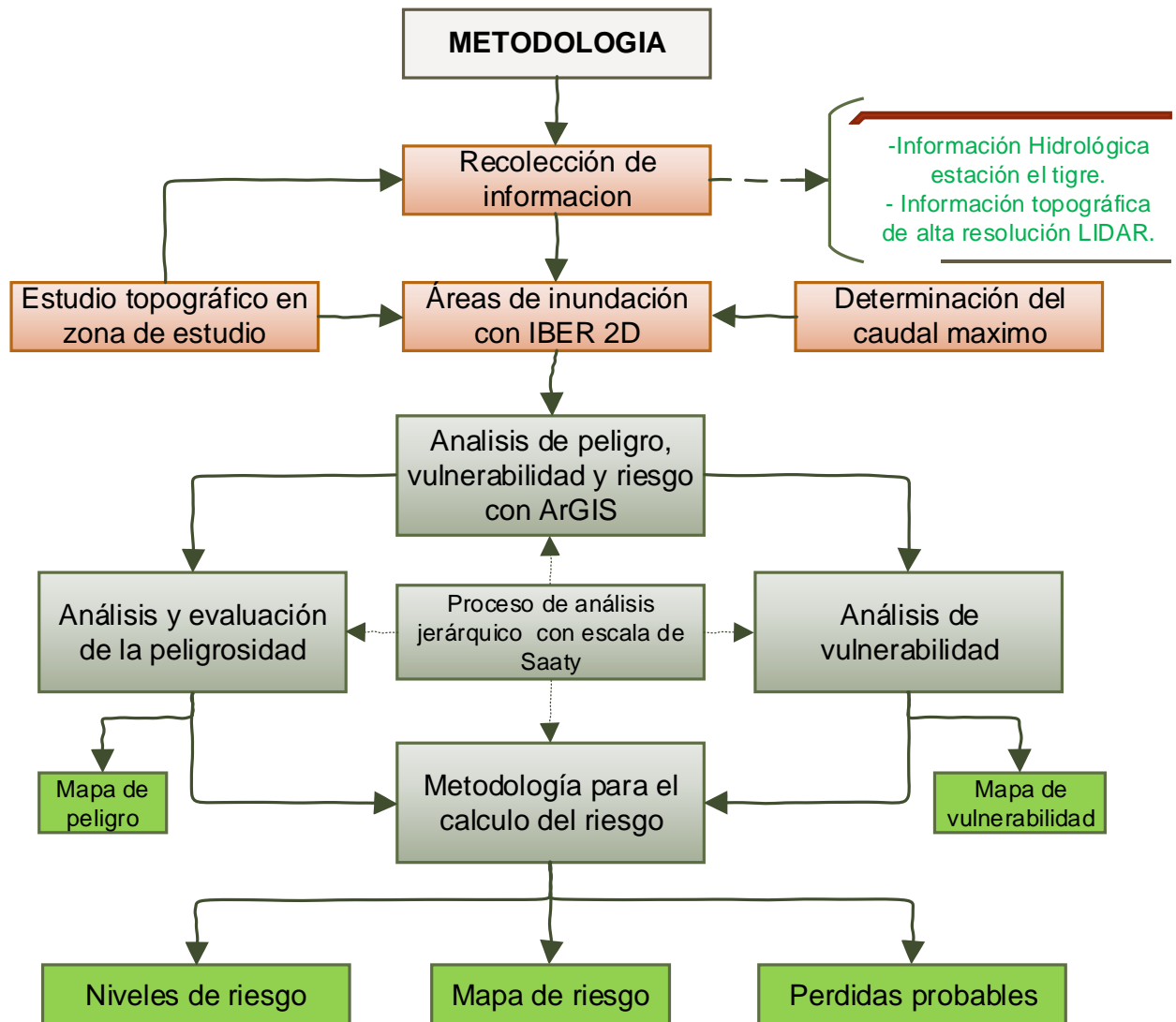
En este procedimiento de investigación se registró, clasificó e interpreto los datos obtenidos en campo con el uso de software: AutoCAD Civil 3D, datos que complementaran a la batimetría desarrollada en todo el cauce del Rio Tumbes en el año 2013. Información que será procesada con el uso de software Iber 2D, para el desarrollo de una simulación bidimensional de toda la cuenca del rio en un tiempo de retorno de 50 años, delimitando la llanura de inundación, topografía del terreno, velocidad del flujo y tirante del agua del Distrito de Tumbes.

## **Análisis**

Con el Software ArcGIS v10.5 se analiza e interpreta la información para el cálculo de la peligrosidad a través de la superponderación ponderada complementado por el proceso de análisis Jerárquico con el programa Excel, donde nos limita los parámetros y factores necesarios para el cálculo del nivel de peligrosidad según los criterios técnicos y lineamientos del CENEPRED, proceso que se repite para el cálculo de Vulnerabilidad y el Riesgo de Desastres.

### **3.8. Metodología**

A continuación plasmamos la siguiente metodología con el siguiente esquema de los procesos a desarrollar en el trabajo de investigación, los recuadros de color rojo es el procesamiento de datos, el color ceniza representa el análisis de información para la interpretación técnica del peligro, vulnerabilidad y el riesgo y por el último los recuadros de color verde representa los posibles resultados esperados en base a los objetivos.



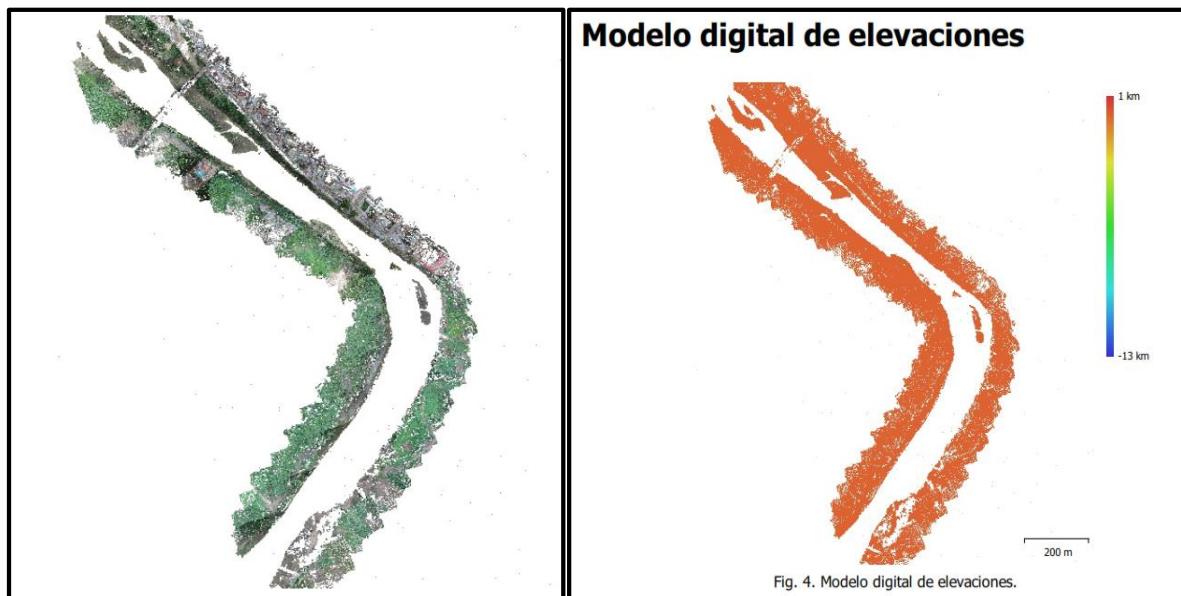
**Figura 3.** Proceso metodológico de la investigación.

**Fuente:** elaboración propia, año 2020

### 3.8.1. Estudio topográfico

El estudio fue realizado en el cauce del Río Tumbes, entre Los tramos del puente nuevo y puente viejo del Distrito de Tumbes, utilizando Equipos Topográficos con vuelo de dron, nivel de ingeniero, junto con un GPS Estacional para la ubicación del levantamiento de información en Coordenadas UTM WGS84, con sus respectivas

cotas de nivel del Rio Tumbes, Información que fue Procesada posteriormente en le Software AutoCAD Civil 3D. Estudio que complementa el levantamiento topográfico alta resolución- LIDAR Realizado por el ANA en el año 2013. Esto busca mejorar el área de estudio debido a los cambios generados en el cauce del Rio Tumbes por el fenómeno El niño costero del año 2017 y las construcciones en el cauce desarrollados En los últimos cinco años del levantamiento.



**Figura 4.** Levantamiento Topográfico desde el tramo del Puente Viejo y puente Nuevo del Rio Tumbes.

**Fuente:** Elaboración propia, año 2018.

### 3.8.2. Determinación del caudal Máximo

La información hidrológica empleada en la presente investigación corresponde a caudales, se inicia con el cálculo del caudal máximo usando los registros de las Estación Hidrometeoro lógica el Tigre, ubicada en el Centro Poblado Higueroón, monitoreados a cargo del Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes (PEBPT)

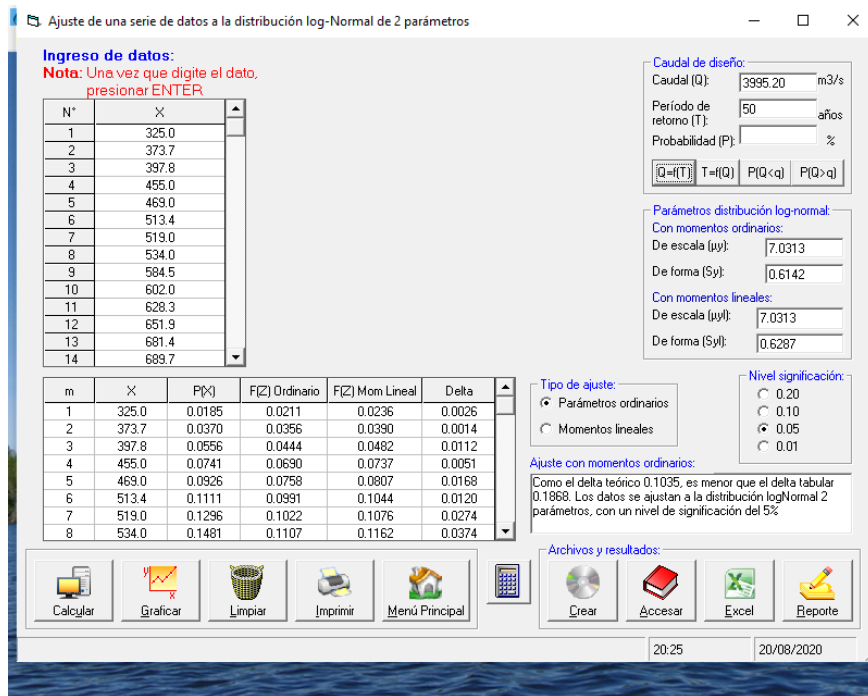
y por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) desde el año 1965 hasta 2017.

**Cuadro 1:** Caudal máximo anual del río Tumbes, Estación Hidrometeorológica el Tigre.

Año	Caudal	Año	Caudal	Año	Caudal	Año	Caudal	Año	Caudal
1965	965	1976	772	1987	2098,5	1998	2569,9	2008	1800
1966	534	1977	723	1988	651,9	1999	2506,2	2009	1957,2
1967	695	1978	519	1989	1828,8	2000	1238,1	2010	1995
1968	325	1979	689,7	1990	513,4	2001	2756,2	2011	1292,4
1969	1100	1980	628,3	1991	584,5	2002	2646,6	2012	2616,7
1970	469	1981	1578,6	1992	2489,6	2003	681,4	2013	759,9
1971	1722	1982	1429	1993	1918,2	2004	602	2014	989,6
1972	1929	1983	3712,5	1994	1222,9	2005	1012,8	2015	1887,7
1973	1449	1984	1627,5	1995	373,7	2006	1583,3	2016	1302,1
1974	455	1985	397,8	1996	690,3	2007	696,6	2017	1280,2
1975	2074	1986	1397,4	1997	1583,3	2008	2569,9		

**Fuente:** Proyecto especial Binacional Puyango-Tumbes (PEBPT), año 2018.

Sobre la base estadística recopilada en la Estación el Tigre, se aplica los diferentes modelos estadísticos utilizando el Software HIDROESTA 2, donde se nos arroja los caudales máximos del Río Tumbes para determinados periodos de retorno.



**Figura 5.** Cálculo del caudal máximo en un tiempo de retorno de 50 años.

**Fuente:** Software Hidroesta 2, año 2019.

Con la utilidad del Software Hidroesta 2, se procede al cálculo de caudales máximos en tiempo de retorno de 25, 50, 100 años aplicando modelos estadísticos. Determinando que la distribución LogNormal 2p representa el mejor ajuste, con un caudal máximo de diseño de 3592.2 m<sup>3</sup>/s en un periodo de retorno de 50 años, recomendado por el manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

**Cuadro 2. Cálculo de Caudales Máximos con distribución estadísticas**

Distribución	Delta Teórico	caudal Tr 25 años (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Tr 50 años (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Tr 100 años (m <sup>3</sup> /s)
NORMAL	0.1414	2698.81	2933.03	3146.68
LOG NORMAL 2p	0.1035	3116.59	3592.2	4323.31
LOG NORMAL 3p	0.1226	3064.42	3580.9	4112.91
GAMMA 2p	0.1243	2947.46	3354.67	3748.52
GAMMA 3p	0.12712	2879.05	3229.17	3561.71
LOG PEARSON TIPOIII		no se ajusta		

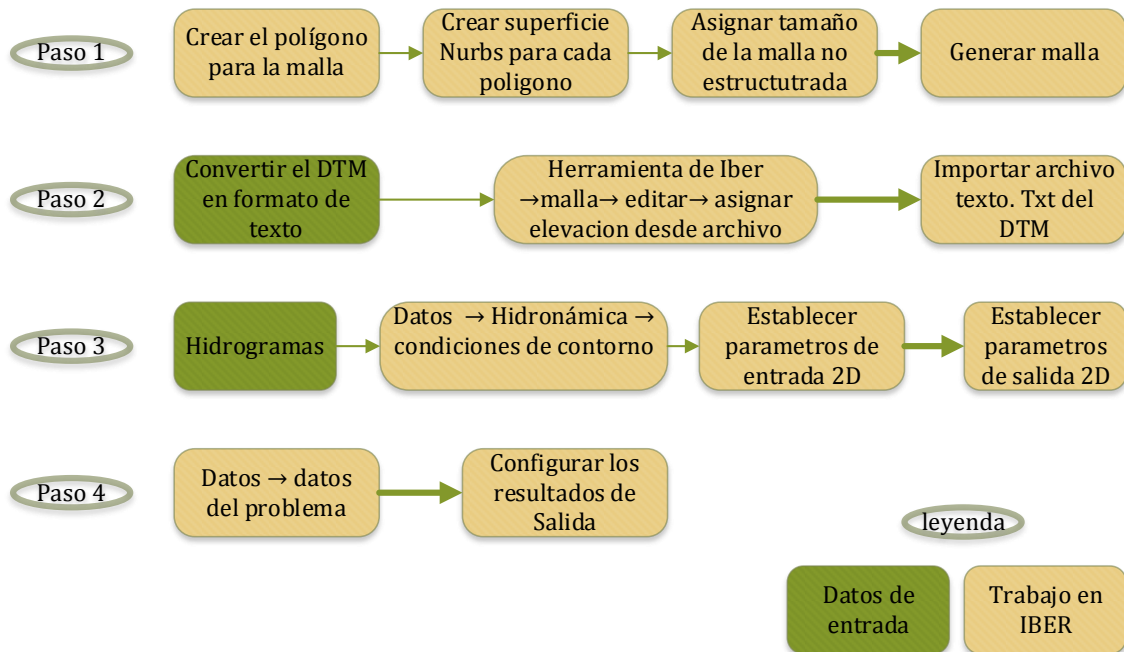
GUMBEL	0.1369	2925.03	3348.84	3769.51
LOG GUMBEL	0.1575	3969.87	5559.79	7769.13

Fuente: elaboración propia, año 2019.

### 3.8.3. Áreas de inundación con IBER 2D

Con el uso de Software libre IBER, se simula el caudal correspondiente en un tiempo de retorno de 50 años. Aquí se describe todo el procedimiento y las características de cada paso. Se hace énfasis cómo cada dato de entrada va cobrando un sentido En el desarrollo de la simulación. Para dar una mayor explicación Se muestra la ilustración en un diagrama de flujo mostrando el procedimiento trabajado en esta tesis.

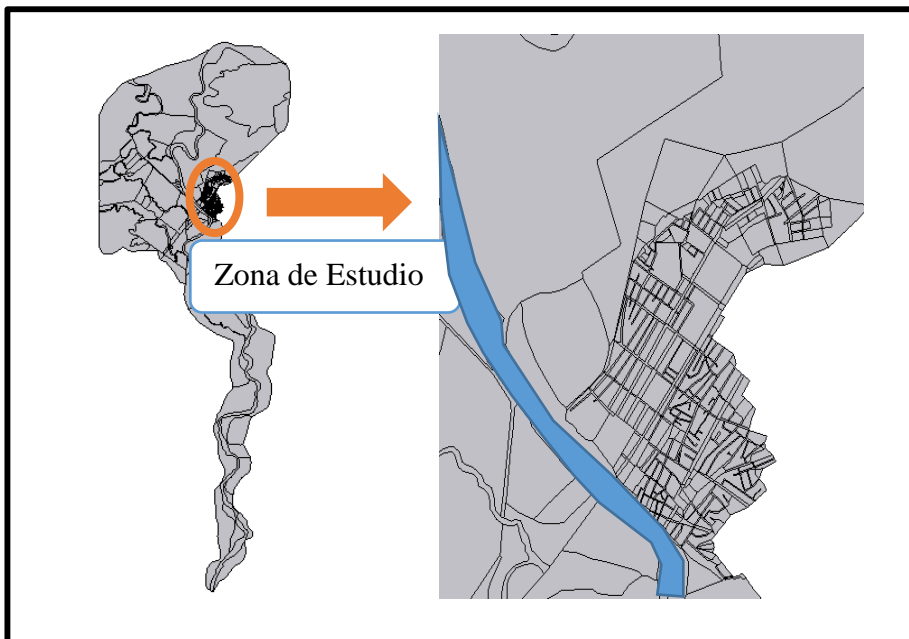
**Ilustración 1.** Diagrama de flujo IBER



Fuente: elaboración propia, año 2019.

### 3.8.3.1. Malla de dominio de calculo

En Iber se necesita una malla donde se desarrolla la simulación. Primero se crean los polígonos donde se asignan un valor en metros. Donde se obtiene diferentes tamaños de resolución, según las características del territorio si una zona no es afectada por el flujo del río o no influye sobre el área de estudio, no es necesario tener un mayor grado de definición, esto permite disminuir el tiempo de la simulación, donde el cauce del Río Tumbes se representa con un 0.3 m, y la zona de estudio del Distrito de Tumbes representado con un 0.2 m, los alrededores del cauce del río se determina con 2 metros.



**Figura 6.** Ubicación de la zona de investigación en el software IBER 2D

Fuente: elaboración propia, año 2019.

### 3.8.3.2. Condiciones de contorno

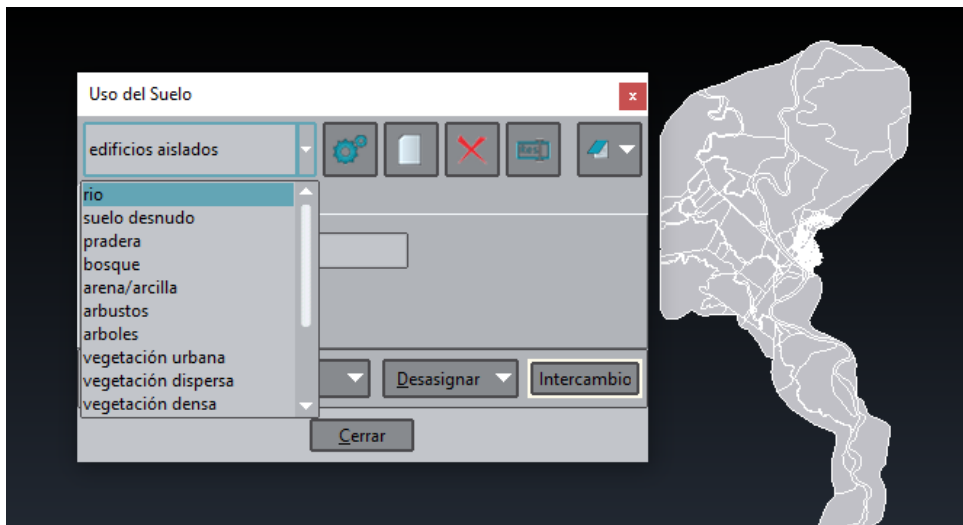
La asignación de contorno donde se ingresa los datos hidrológicos, son los que le dará vida al flujo en la simulación, en este caso se da la simulación de todo



el Río Tumbes desde la Estación el Tigre, donde se asigna una entrada con un caudal de 3592.2 m<sup>3</sup>/s en base al cálculo de caudales máximos, junto con otra entrada representada por las mareas en la desembocadura del río como detalla en su tesis Elizalde (2017, p.66) “empleando las variaciones de los niveles de mareas para los mismos periodos de tiempo en las desembocaduras, del Río Tumbes y los brazos antiguos del río (tabla 13 y tabla 14)”. Con un caudal promedio de 1.5 m<sup>3</sup>/s, en busca de un mejor contraste de la simulación.

### 3.8.3.3. Coeficiente de Manning

El Coeficiente de Manning por cada tipo de suelo se tendrá un efecto en el comportamiento del flujo a través del tiempo de simulación, siendo un campo obligatorio. A través de la figura 6 se muestra las rugosidades utilizadas.



**Figura 7:** adecuación de la Rugosidad de Manning en la zona de investigación.

**Fuente:** elaboración propia, año 2019.

#### **3.8.3.4. Datos del problema**

Aquí se definen los tiempos, los resultados que se quieren obtener, las características adicionales de visualización y cálculo. Todo esto detallado en “datos del problema”, dato importante es que el tiempo de simulación máximo debe ser mayor a las condiciones de contorno ingresadas, por lo que el tiempo máximo de simulación es 36000 segundos (representa un tiempo aproximado de 18 horas) con un intervalo de paso de 100 segundos, donde procede a mostrar en marco de este tiempo los resultados parciales de la simulación y su avance.

Para el desarrollo de la Tesis los resultados esperados que son de utilidad para el la formación del peligro se detallan a continuación:

- Calado y calado máximo
- Velocidad y máximo velocidad
- Caudal y máximo caudal específico
- Cota del agua y máximo cota del agua

3.8.3.5. Resultados de la simulación

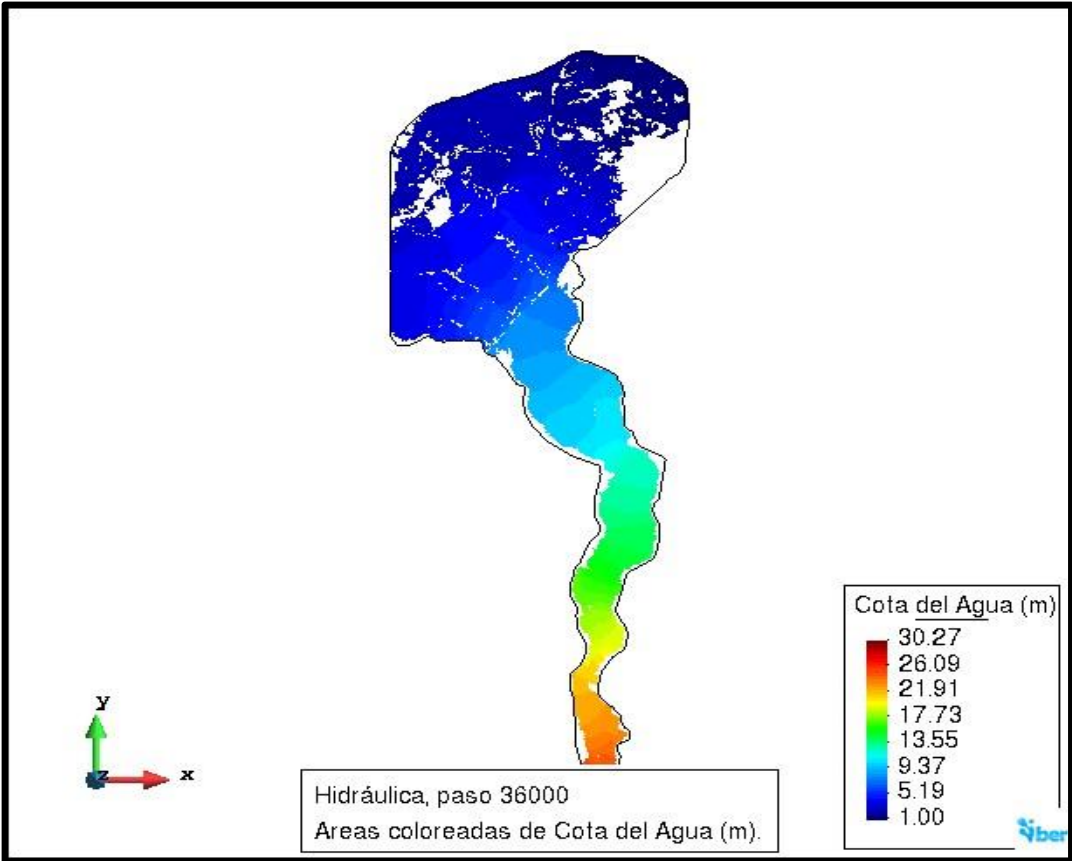
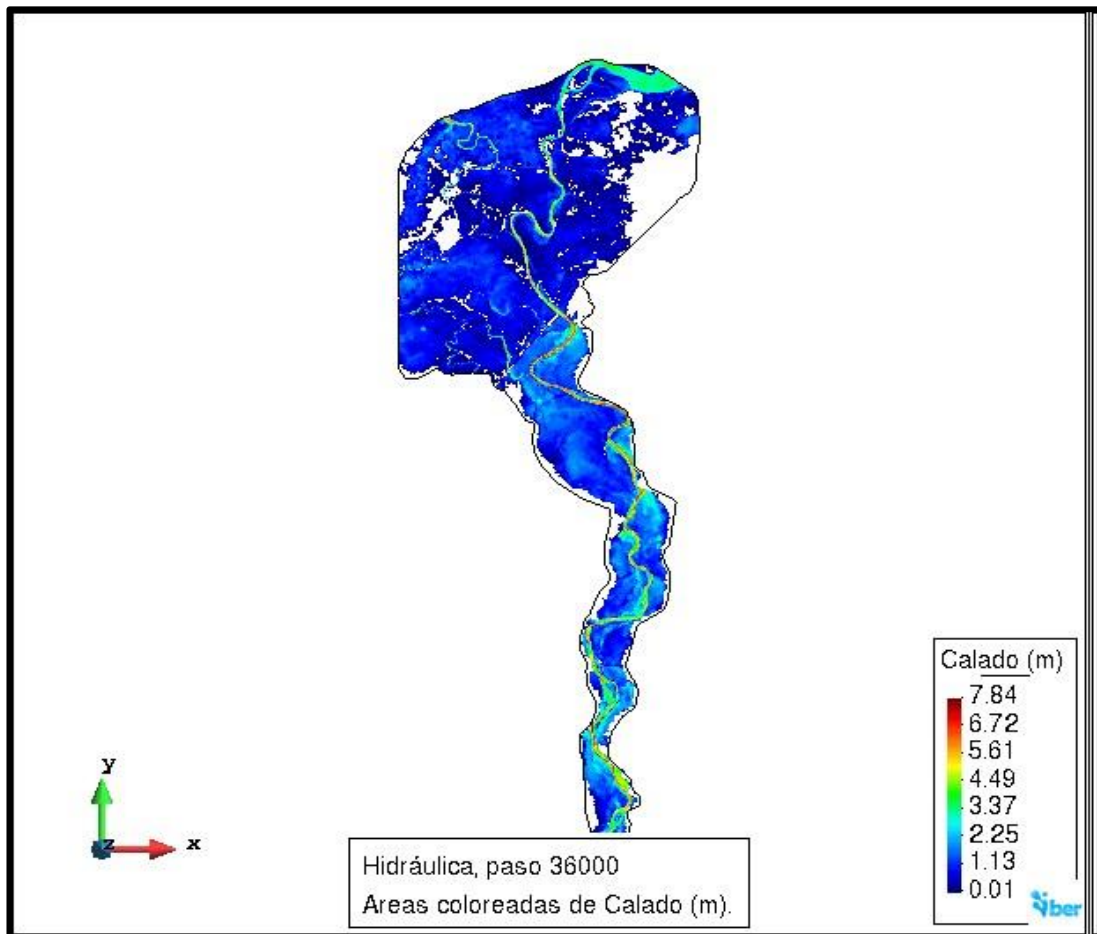


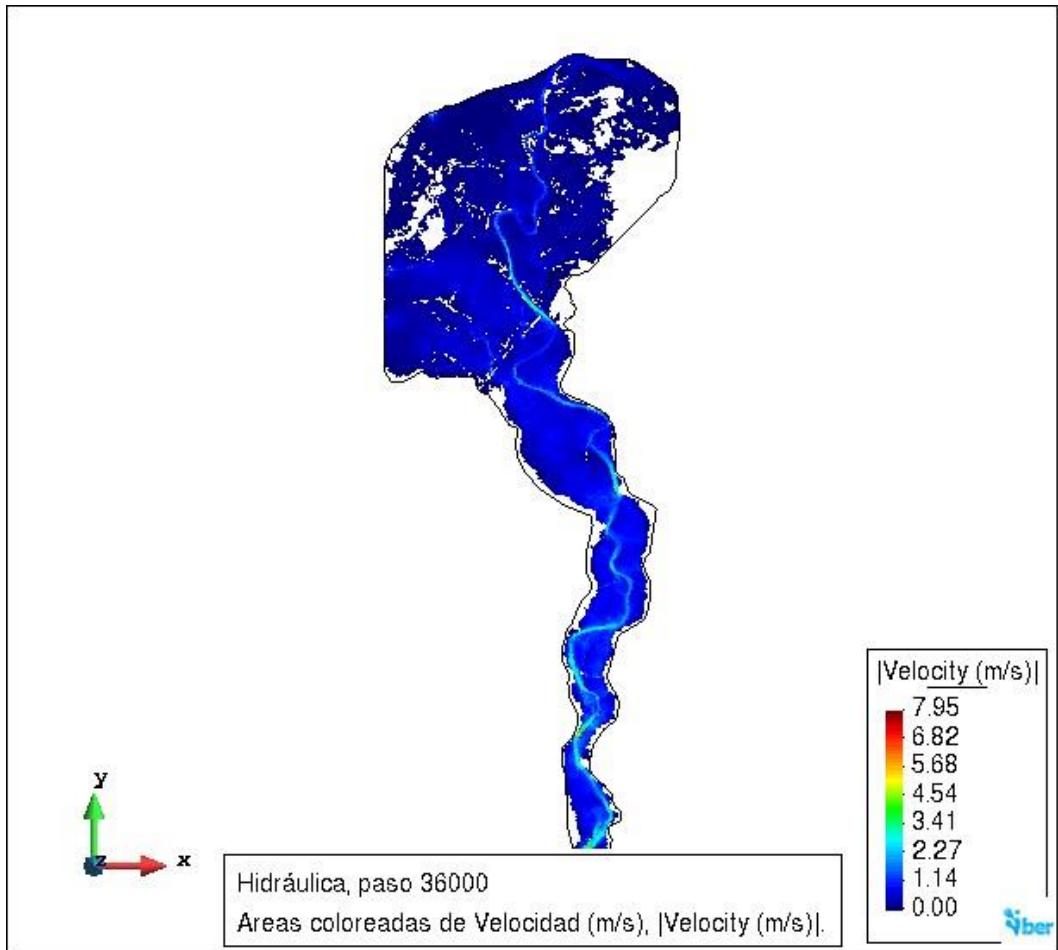
Figura 8. Cota del agua del Rio Tumbes.

Fuente: elaboración propia, año 2019.



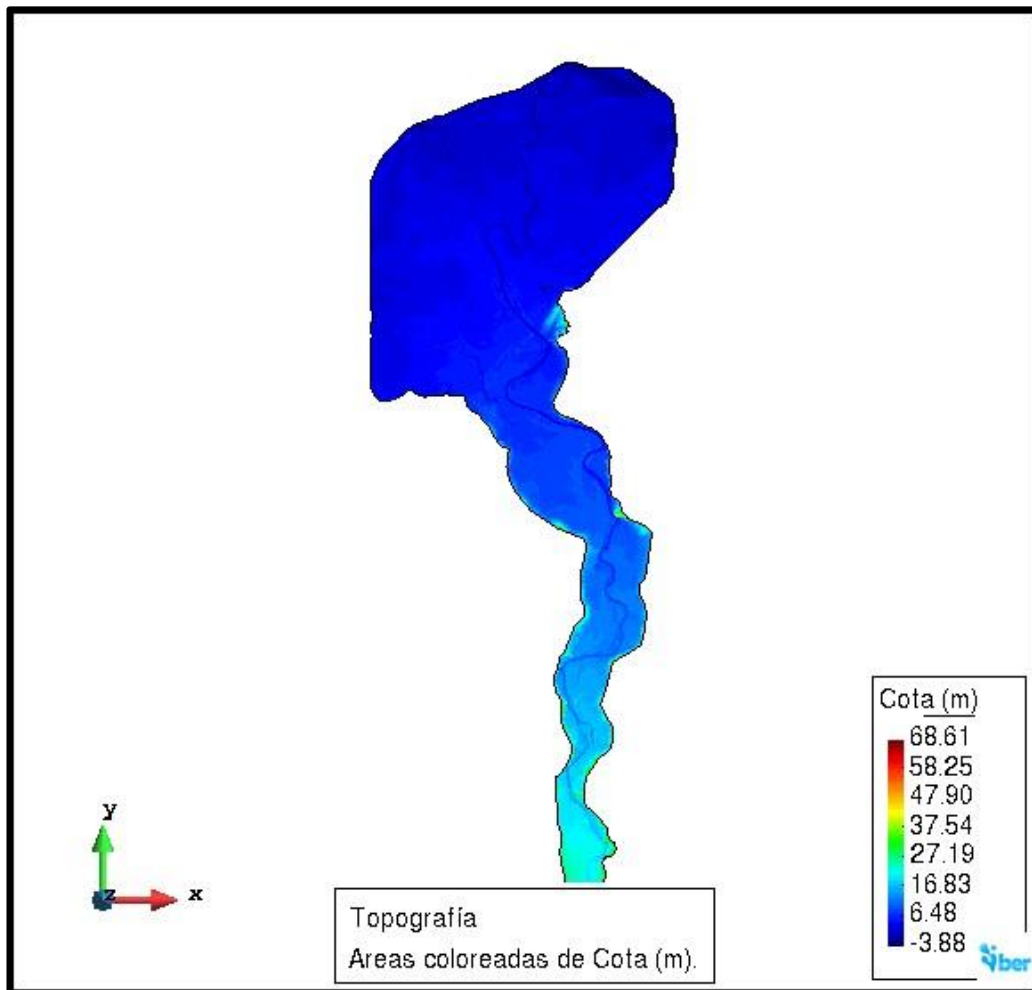
**Figura 9.** Calado del agua (tirante del agua).

**Fuente:** elaboración propia, año 2019.



**Figura 10.** Velocidad del agua del Rio Tumbes.

**Fuente:** elaboración propia, año 2019.

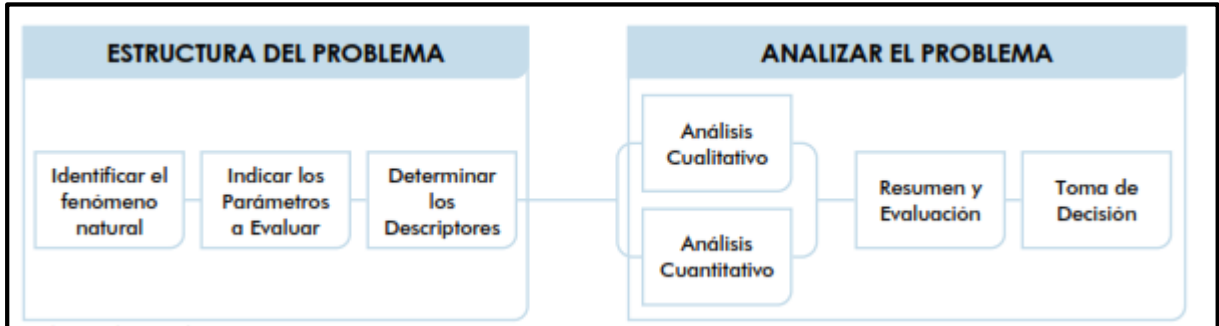


**Figura 11.** topografía del terreno.

**Fuente:** elaboración propia, año 2019.

### 3.9. Proceso de análisis jerárquico

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



**Figura 12.** Pasos del flujo metodológico a seguir para la toma de decisiones.

**Fuente:** toskano, año 2005.

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

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

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

**Figura 13.** Escala de Saaty.

**Fuente:** Saaty, año 1980.

Para obtener estos ponderados son necesarios respuestas (numéricas o verbales) a una serie de preguntas que comparan dos parámetros o dos descriptores a una serie de preguntas. Toskano (2005) presenta algunas de las ventajas del PAJ frente a otros métodos de Decisión Multicriterio y son:

- Presenta un sustento matemático;
- Permite desglosar y analizar un problema por partes;
- Permite medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común;
- Incluir la participación de equipos multidisciplinarios y generar un consenso;
- Permite verificar el índice de consistencia (IC) y hacer las correcciones, si fuere el caso.



- Generar una síntesis y dar la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad;
- Ser de fácil uso y permitir que su solución se pueda complementar con métodos matemáticos de optimización.

### 3.9.1. Proceso de análisis jerárquico

**Paso 01.** En la matriz de comparación de pares se evalúa la intensidad de preferencia de un parámetro frente a otro. Para la selección de los valores se usa la escala desarrollada por Saaty. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 9 y 1/9 (ver figura 14).

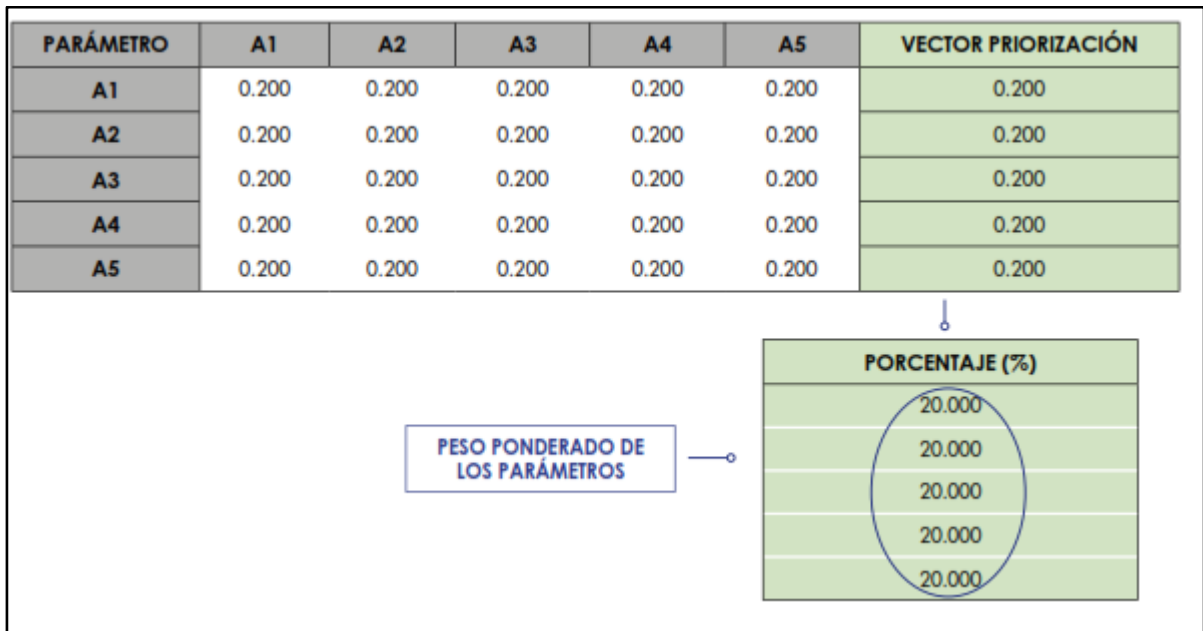
**Paso 02.** El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna). La diagonal de la matriz siempre será la unidad por ser una comparación entre parámetros de igual magnitud. Se introducen los valores en las celdas de color rojo y automáticamente se muestran los valores inversos de las celdas azules (debido a que el análisis es inverso).

PARÁMETRO	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
A5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SUMA	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
1/SUMA	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

**Figura 14.** Matriz de Comparación de pares.

**Fuente:** CENEPRED, año 2014.

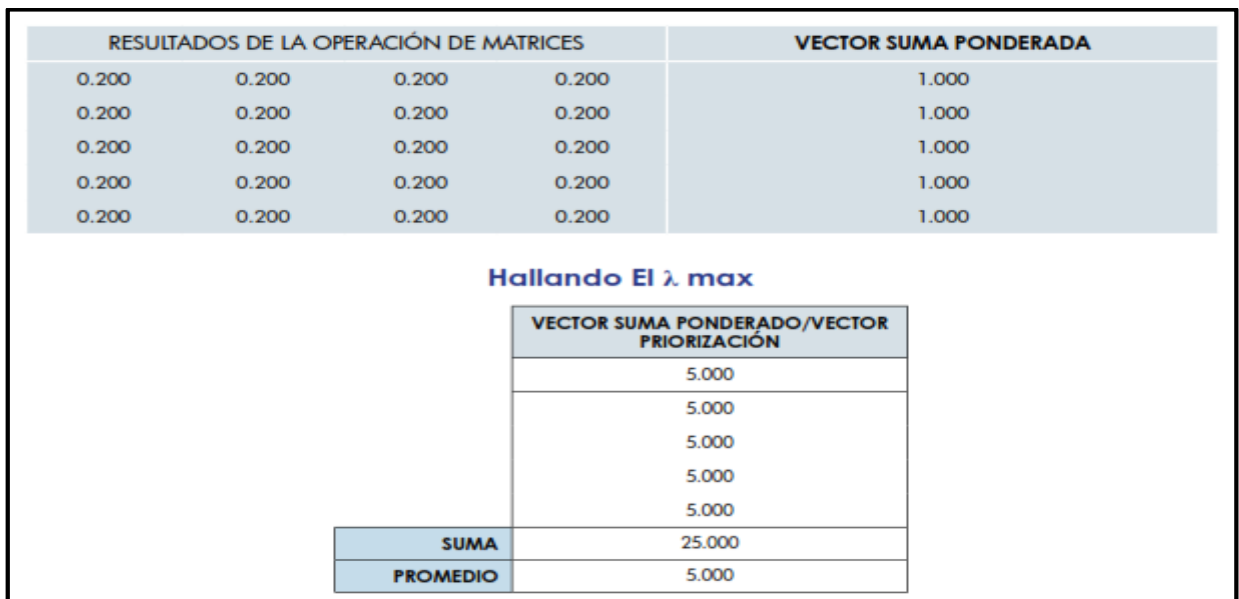
**Paso 03.** La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.



**Figura 15.** Matriz de normalización.

Fuente: CENEPRED, año 2014.

**Paso 04.** Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ( $RC < 0.1$ ), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.



**Figura 16.** Resultado del vector de suma ponderado.

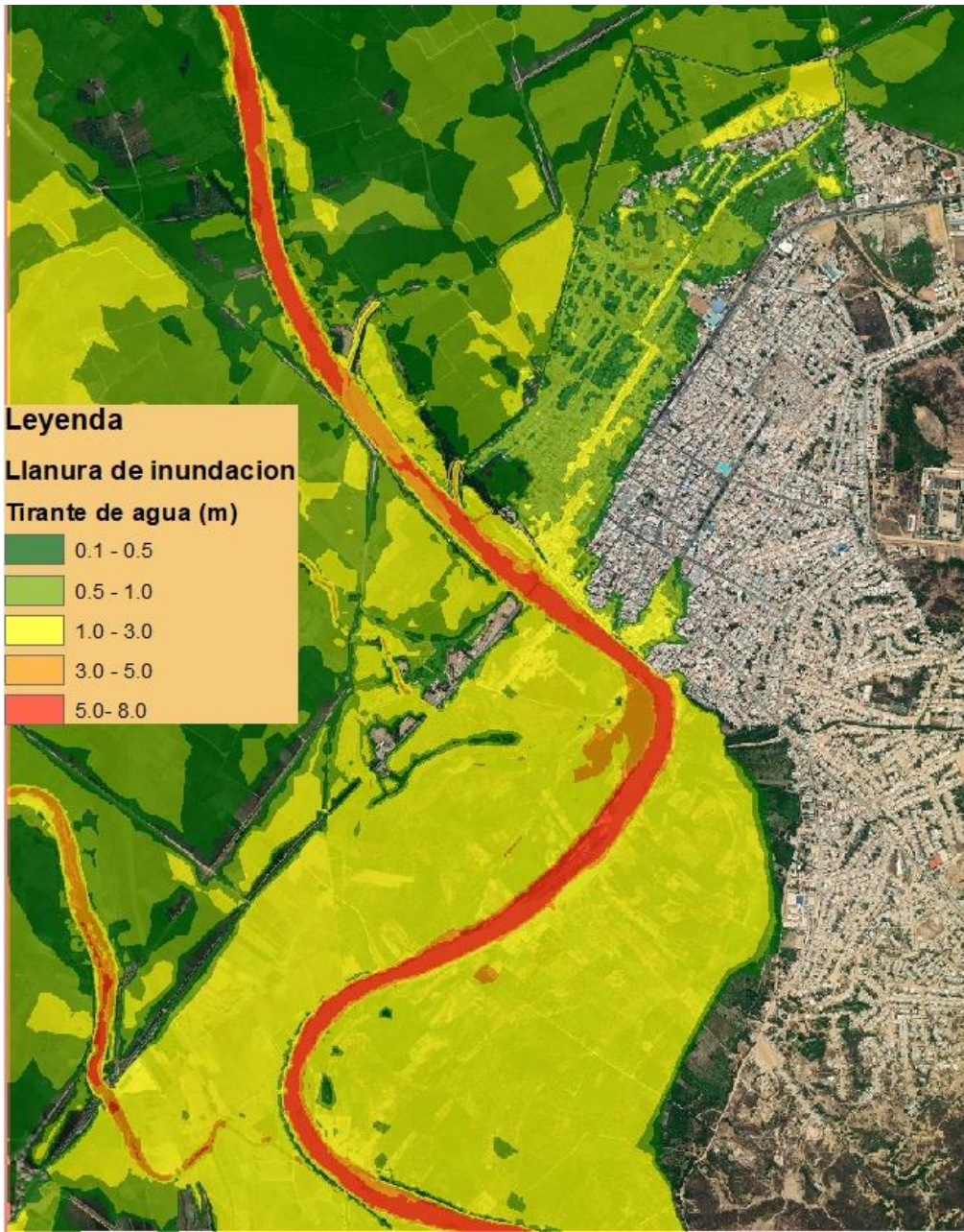
Fuente: CENEPRED, año 2014.

### **3.10. Análisis de peligro, vulnerabilidad y riesgo con ArGis**

La metodología a aplicar se desarrolla a través de los resultados emitidos del análisis jerárquico con la escala de Saaty, con la identificación de parámetros de peligro y vulnerabilidad nos permite dar valores ponderados a cada uno de ellos.

Para poder evaluar el perfil de riesgo por inundación en el Distrito de Tumbes es necesario el empleo de tecnologías como los Sistemas de Información Geográfica – SIG, en el presente trabajo de investigación se realizara el análisis con el empleo de un SIG basándonos como guía el manual de Evaluación de Riesgos por Fenómenos Naturales del CENEPRED.

En el análisis de la peligrosidad el parámetro está definido por el área o llanura de inundación generado en la simulación bidimensional con el software IBER, estos a su vez se hace contrasta con la susceptibilidad del territorio con los factores condiciones (Pendiente, geología, geomorfología, velocidad del agua) y factores desencadenantes (tirante de agua), esta información que esta cartografiada se define por la información disponible y generada en la presente zona de estudio.



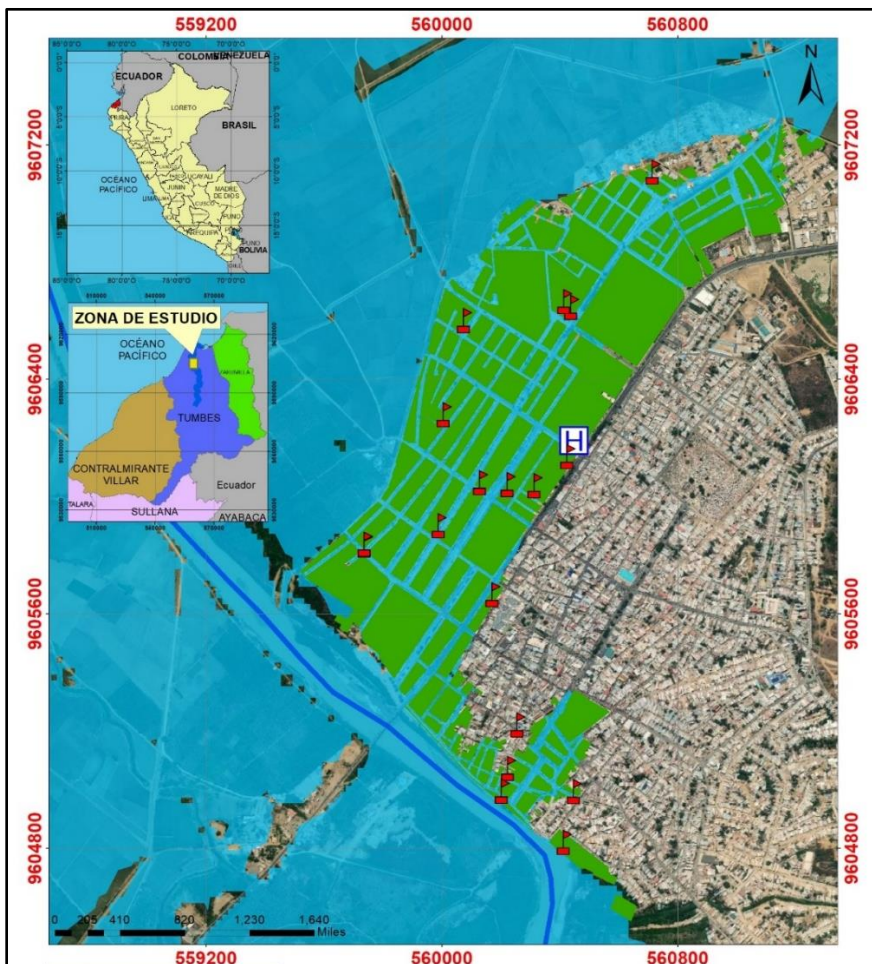
**Figura 17.** Llanura de inundación del río en la Ciudad de Tumbes, a través del tirante de agua.

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

De aquí se identifican los elementos expuestos para el territorio afectado tomando en cuenta el ámbito social, económico, ambiental; para tal sentido se realiza el conteo expuesta al peligro como; la infraestructura, vías de acceso, viviendas, instituciones educativas, centros de salud.



La vulnerabilidad es la posibilidad de la población y sus medios de vida , sufran daños por acción de un peligro donde se analiza el componente social, económico y ambiental, considerando el grado de exposición (que ya se define por la llanura de inundación), fragilidad y resiliencia; entonces con el empleo de un SIG se puede generar una base de datos el cual nos ayudara a evaluar cada elemento especializado, para tal fin se tiene que cartografiado cada elemento dentro del territorio a través de la plataforma SIGRID información obtenida en base al censo del 2017, en el cual intervenga el ser humano (viviendas, centros educativos, centros policiales, instituciones educativas), luego se tendrá que evaluar por cada elemento cartografiado, , fragilidad y resiliencia, cada uno de ellos con sus respectivos parámetros de evaluación y ponderaciones, para finalmente obtener un valor único de vulnerabilidad por cada elemento cartografiado.



**Figura 18.** Elementos expuestos identificados en el Distrito de Tumbes.

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

Para el procesamiento de la información cartográfica tanto de peligro como vulnerabilidad, se desarrolla a través de 2 pasos; la superposición ponderada y la reclasificación de imágenes.

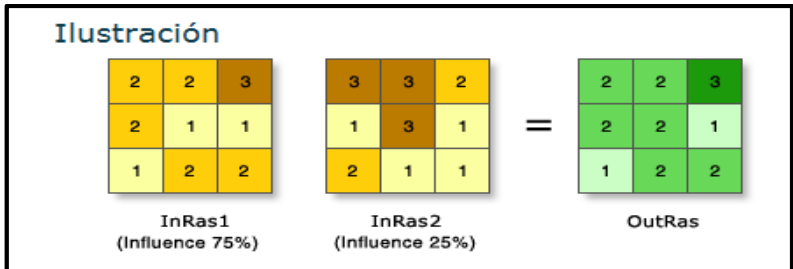
### **3.10.1. Superposición ponderada en ArGis**

El análisis de superposición ponderada incluye metodologías aplicadas en la selección en el modelado de adecuación y sitios óptimos. Es una técnica que sirve en la aplicación de valores en diversas entradas que son distintas entre sí para generar un análisis integrado de todos ellos relacionados en una escala común.

Para un fenómeno específico se pueden identificar las mejores ubicaciones, o las preferidas, con estos modelos de adecuación. Los tipos de problemas que trata el análisis de adecuación incluyen:

- Dónde ubicar un nuevo complejo de lotes o viviendas
- Cuáles son los mejores hábitats para los cocodrilos
- Dónde es posible que se produzca un decrecimiento económico por cierre de fronteras.
- Cuáles son las zonas más propensas a inundarse de un pueblo.

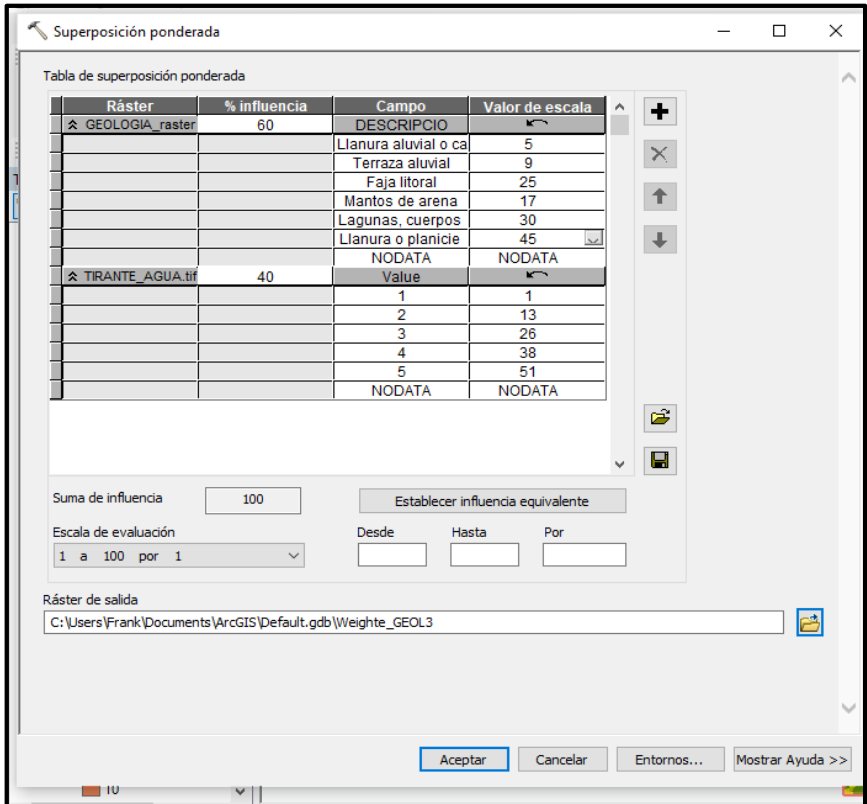
En el análisis la herramienta de superposición, permite que se complemente con otras herramientas con las mismas características y pasos tomados descritos líneas arriba. La Superposición ponderada coloca todos los datos (en la escala predeterminada es de 1 a 9) como datos de entrada, que para nuestro trabajo de investigación se desarrolla una conversión de 1 a 100, coloca un peso a cada ráster de entrada y los agrupa. Las ubicaciones que cumpla mejor las condiciones para cada criterio de entrada se reclasificarán y se colocarán valores más altos, según lo establecido en el análisis multicriterio.



**Figura 19.** Ejemplo de reclasificación por celda con escala de medición de 1 a 3.

Fuente: ArcGIS 10.4 for desktop help, año 2014.

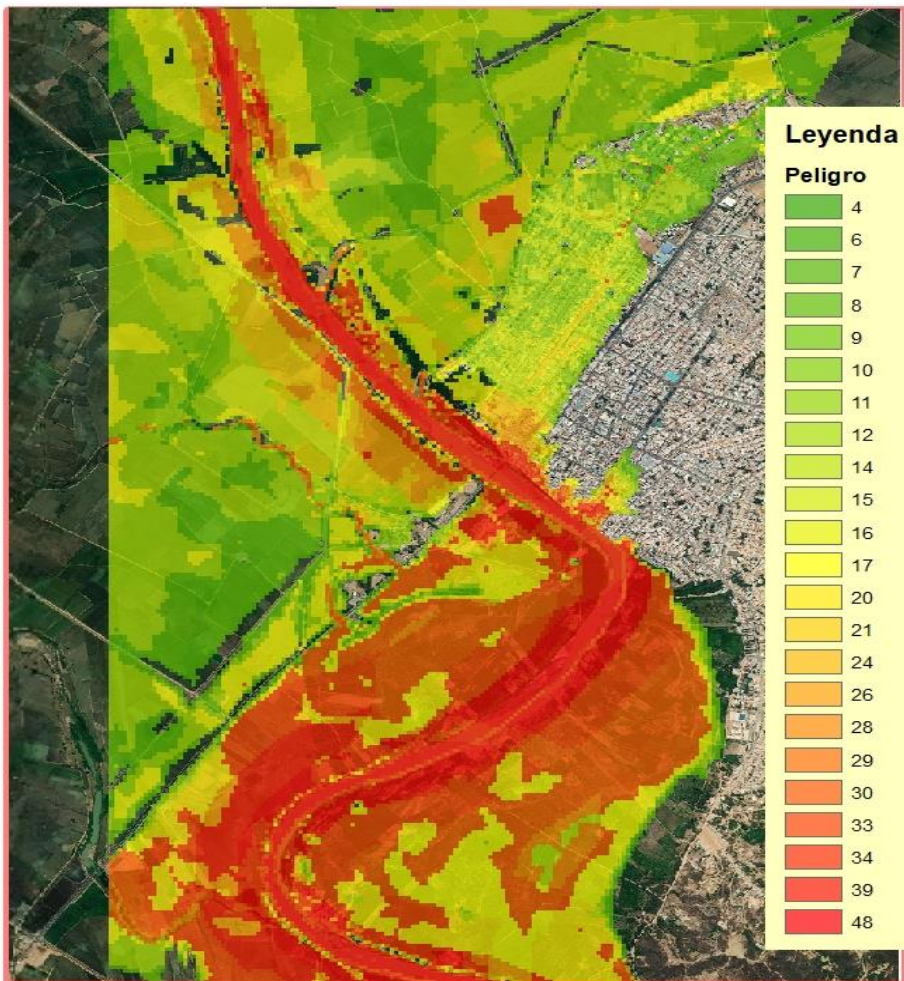
Con esta misma herramienta , los pesos de los rásteres asignados deben sumar el 100 por ciento . Las capas se multiplican por el multiplicador correcto y, para cada celda, se agrupan los valores resultantes. La superposición ponderada determinan que los factores más favorables tienen como resultado los valores más altos en el ráster de salida; por lo tanto, identifica estas ubicaciones como las mejores.



**Figura 20.** Ejemplo de procesamiento de Superposición ponderada con una escala de evaluación de 1 a 100.

Fuente: ArcGIS 10.4 for desktop help, año 2014.

Siguiendo los pasos se debe agregar el ráster para abrir el cuadro de diálogo, a continuación seguir con la flecha ráster de entrada y seleccione un ráster específico, o también el botón examinar se puede buscar un ráster de entrada y seleccione agregar; Haga clic en la flecha del campo de entrada para cambiar el campo si lo desea. Haga clic en aceptar; El ráster se agrega a la tabla superposición ponderada. Repetir este paso las veces que sea necesario según su ámbito de trabajo. Hasta obtener el resultado que en este caso se pone de ejemplo el peligro por inundación sin reclasificar según los valores obtenidos con la escala de Saaty.



**Figura 21.** Resultado de peligrosidad con la superposición ponderada sin la delimitación de valores establecidos en la escala de Saaty.

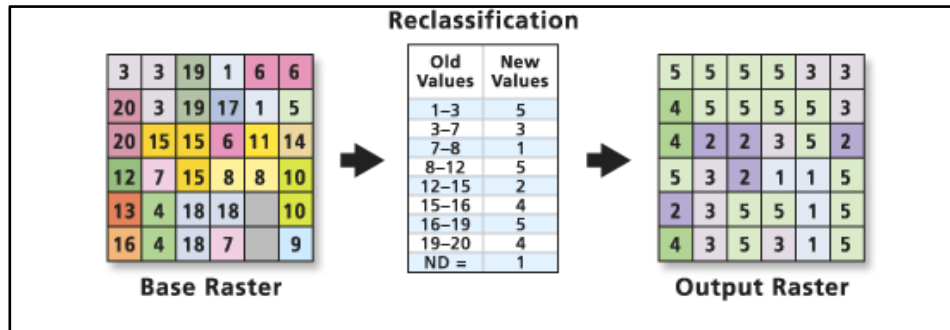
**Fuente:** elaboración propia, año 2020.



### 3.10.2. Reclasificación de ráster

Es posible que deba reclasificar un rango de valores a un valor alternativo y otro rango a otro valor alternativo diferente. Por ejemplo, en el ráster de entrada de para la generación del peligro, todos los valores varían de 0 a 100. Información emitida según lo proyectado con la escala de Saaty.

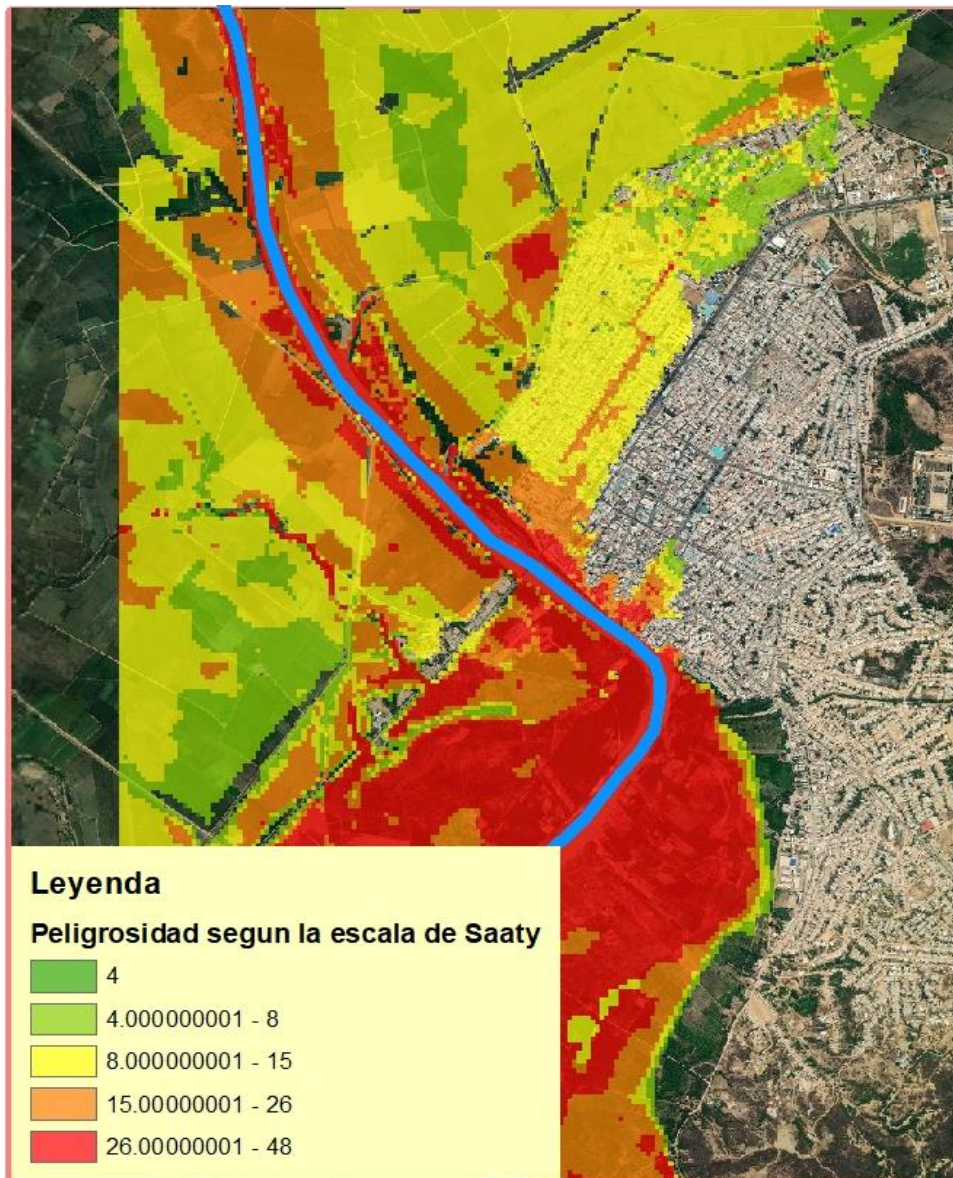
Al reclasificar por cada uno de los rangos en valores, las herramientas de reclasificación requieren ciertos límites inferiores y superiores según los valores existentes en el ráster de entrada y el valor alternativo que se va a asignar al rango de valores. Todos los valores del ráster original que caen en el rango especificado de valores recibirán el valor alternativo asignado a ese rango.



**Figura 22.** Ejemplo de reclasificación por rango de valores.

**Fuente:** ArcGIS 10.4 for desktop help, año 2014.

Los rangos de valores se pueden reclasificar fácilmente mediante la herramienta Reclasificar. El cuadro de diálogo de la herramienta también admite métodos de clasificación manual, de intervalos iguales, de intervalos definidos, de cuantiles, de cortes naturales (Jenks) y de desviación estándar para la clasificación de los datos originales. En nuestro caso para los parámetros de peligrosidad, se adecua a los valores según la escala de Saaty, para la vulnerabilidad en el caso de los su parámetros se utiliza la con el método de de Jenks, la fragilidad y resiliencia con el uso de lo establecido por el análisis multicriterio.



**Figura 23.** Resultado de peligrosidad según los valores establecidos con la escala de Saaty medido de 1 a 100.

**Fuente:** elaboración propia, año 2020.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

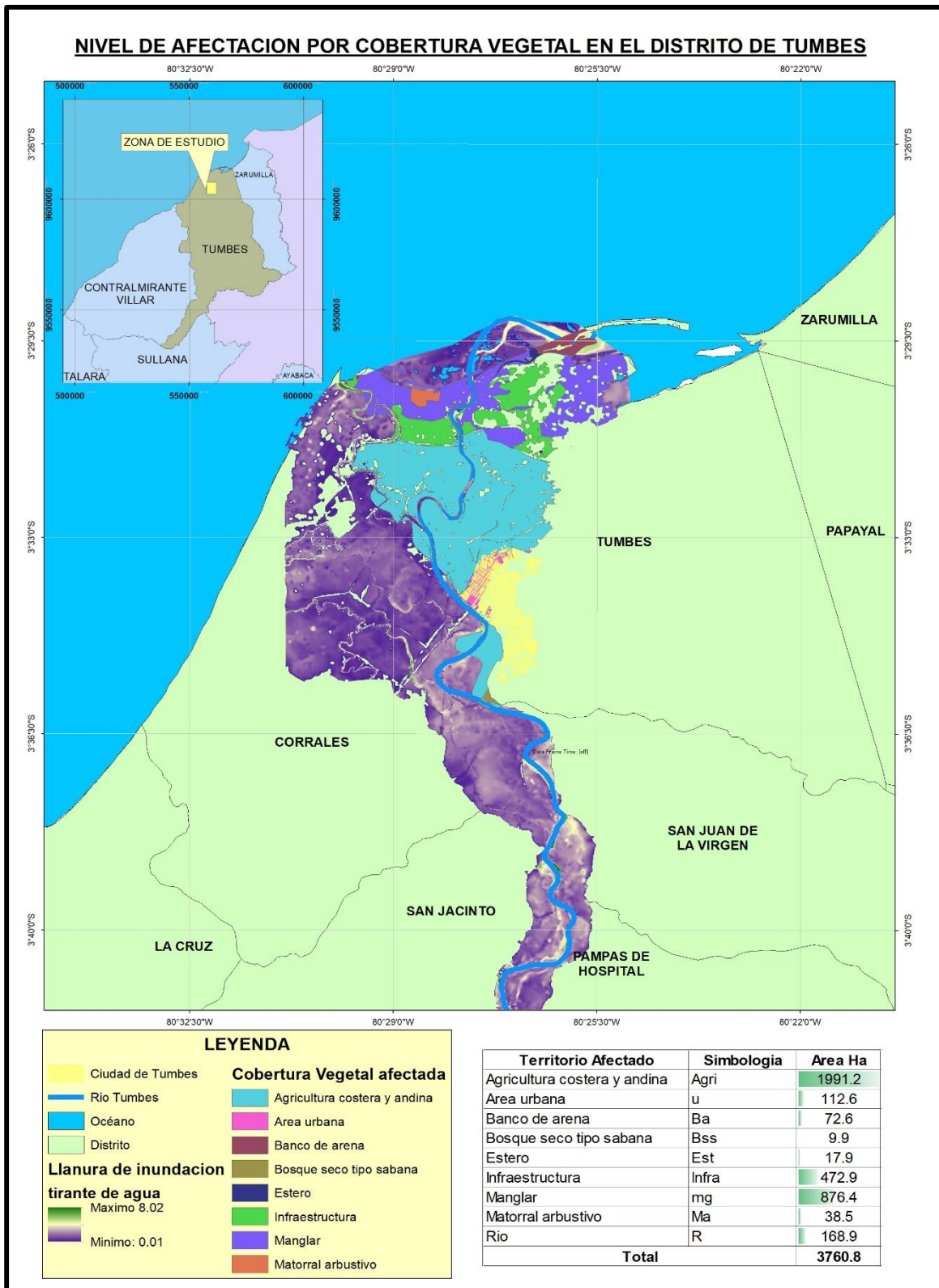
#### 4.1. Análisis del territorio afectado en el Distrito de Tumbes

Según los datos descritos en la tabla 3 se tiene un estimado total de área afectada de 3760.80 Ha. de territorio todo esto en base a la cobertura vegetal en el Distrito de Tumbes, quien presenta mayor afectación es el rubro de agricultura costera con un total de 1991.2 Ha. de territorio afectado, principalmente los Sectores Romero, La Tuna, El Palmar; por el brazo del Rio Tumbes conocido como la "Y" los sectores del comendador- el chivato, el palmar, Irma; de igual manera los sectores a espaldas del Centro Poblado Pueblo Nuevo, donde destaca Comendador-campo Nuevo, Santa Cleotilde, Puerto Las Vacas.

Así mismo en la zona urbana se tiene una afectación a nivel territorial de 112.6 Ha. Donde los sectores en el barrio San José y sus anexos, son quienes presentan mayores daños y pérdidas, es por ello que parte del trabajo de este proyecto de tesis, se centra en el análisis de peligro y vulnerabilidad para el posterior cálculo del riesgo en toda la zona urbana afectada en el Distrito de Tumbes.

**Tabla 3. Área afectada por cobertura vegetal en el Distrito de Tumbes**

<b>Territorio Afectado</b>	<b>Simbología</b>	<b>Área Ha</b>
Agricultura costera y andina	Agri	1991.2
Área urbana	u	112.6
Banco de arena	Ba	72.6
Bosque seco tipo sabana	Bss	9.9
Estero	Est	17.9
Infraestructura	Infra	472.9
Manglar	mg	876.4
Matorral arbustivo	Ma	38.5
Rio	R	168.9
<b>Total</b>		<b>3760.8</b>

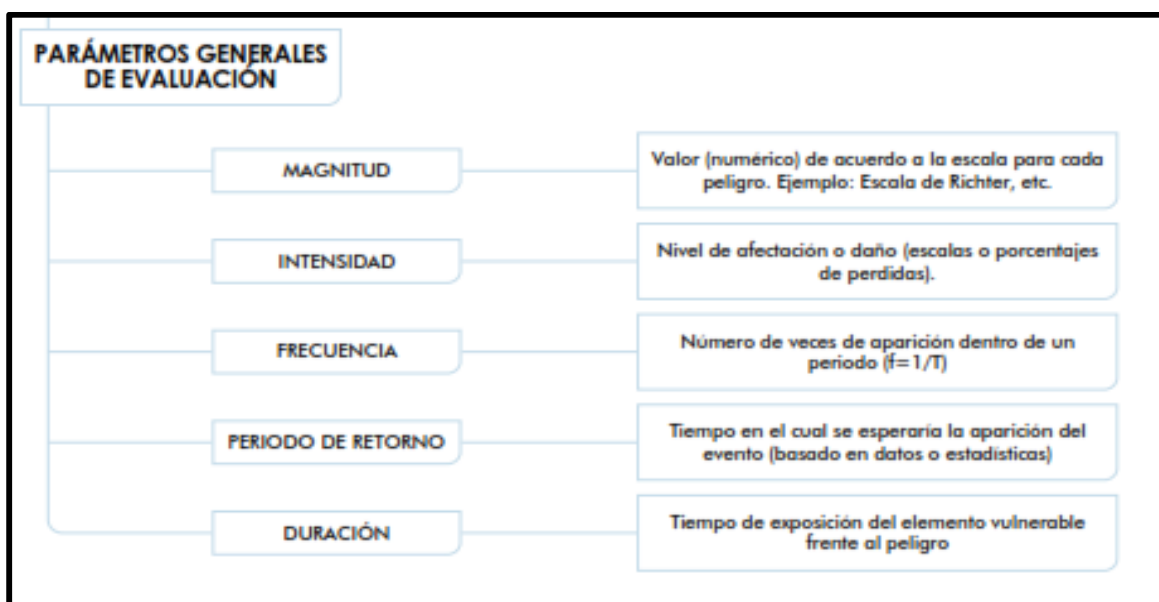


**Figura 24.** Nivel de afectación por cobertura vegetal en el distrito de Tumbes

Fuente: Elaboración Propia, año 2021-

## 4.2. Análisis y evaluación de la peligrosidad

El área de investigación se ha limitado al área de inundación en la zona urbana del Distrito de Tumbes generado por la simulación bidimensional con el software IBER 2D, permitiendo que junto a la información histórica (recurrencia) junto a los parámetros característicos se adecue el ámbito con una mayor probabilidad de afectación. En este caso la inundación generada por el Rio Tumbes, empieza con la evaluación de sus parámetros, en línea con una estructura para la identificación y caracterización de peligros agrupados por fenómenos naturales.

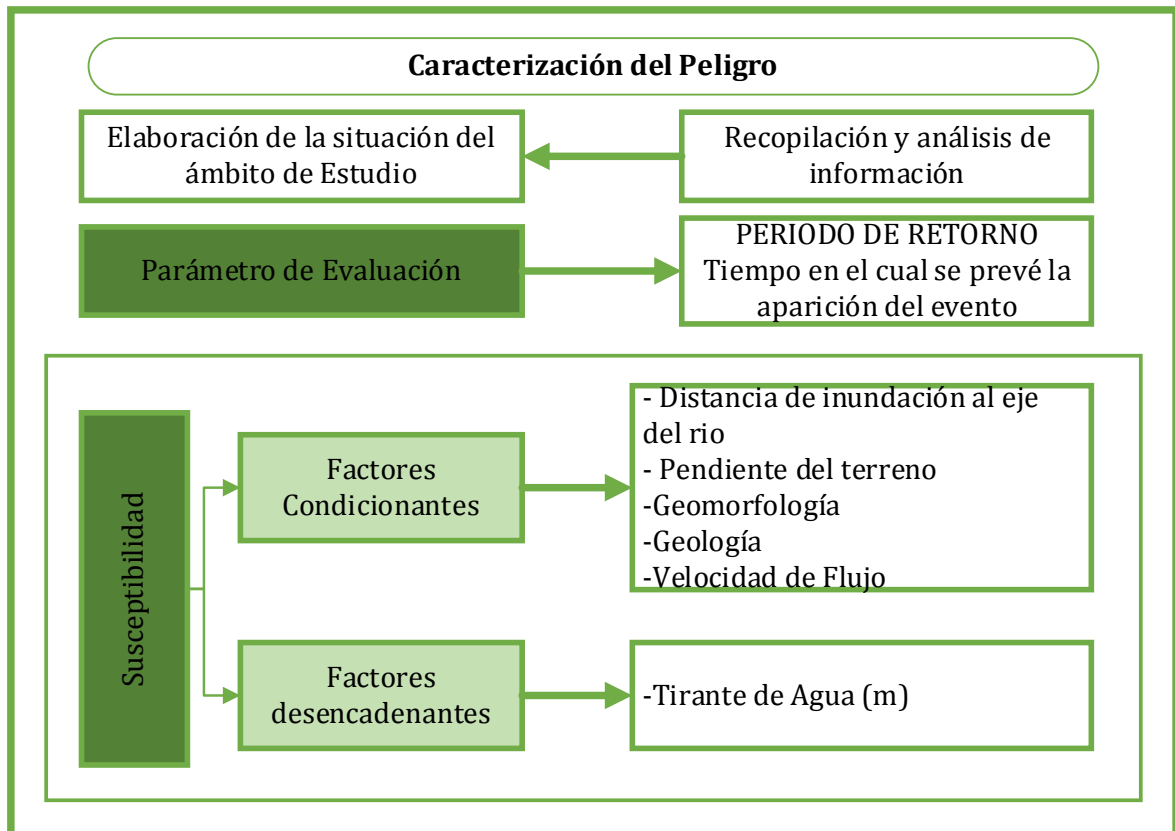


**Figura 25.** identificación y caracterización de peligros generados por fenómenos naturales.

Fuente: CENEPRED, año 2014.

Para el análisis de Peligro por de inundación del Rio Tumbes, se ha considerado evaluar la condiciones del territorio, conformado este mismo por criterios ponderantes, dado entre los factores condicionantes y desencadenantes según el grado de importancia. Para esta selección se usa la escala de Saaty.

**Ilustración 2.** identificación de parámetros y Caracterización del peligro



**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.



#### 4.2.1. Susceptibilidad del territorio

Para definir la evaluación de los susceptible en el ámbito de estudio se consideran los siguientes factores condicionantes y desencadenantes:

**Cuadro 4: Identificación de factores disponibles en el territorio**

Factores Condicionantes		Factores Desencadenantes	
<b>FC1</b>	distancia de inundación al eje del rio	<b>FC1</b>	Tirante del Agua
<b>FC2</b>	pendiente del terreno		
<b>FC3</b>	Geomorfología		
<b>FC4</b>	geología		
<b>FC5</b>	Velocidad de Flujo		

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

La metodología utilizada para determinar la susceptibilidad es a través del procedimiento de análisis jerárquico.

##### 4.2.1.1. Análisis de los factores condicionantes

Para la obtención de los pesos ponderados de los parámetros en cada factor condicionantes se utilizó el proceso de análisis jerárquico con la escala de Saaty. Como resultados se detallan a continuación:

**Cuadro 5: Descriptores de los parámetros condicionantes**

Parámetro	Clave	N° descriptores	Descriptor
Factores condicionantes	FC1	5	distancia de inundación al eje del rio
	FC2		pendiente del terreno
	FC3		Geomorfología
	FC4		geología
	FC5		Velocidad de Flujo

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 6: matriz de Comparación de pares de los parámetros de los factores condicionantes**

Parámetro	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5
FC1	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
FC2	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
FC3	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
FC4	0.20	0.33	0.50	1.00	3.00
FC5	0.14	0.20	0.33	0.33	1.00
SUMA	2.18	4.03	6.83	11.33	19.00
1/SUMA	0.46	0.25	0.15	0.09	0.05

Fuente: Elaboración propia. año 2020.

**Cuadro 7: matriz de normalización de pares de los parámetros de los factores condicionantes**

Parámetro	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	Vector priorización
<b>FC1</b>	0.460	0.496	0.439	0.441	0.368	<b>0.441</b>
<b>FC2</b>	0.230	0.248	0.293	0.265	0.263	<b>0.260</b>
<b>FC3</b>	0.153	0.124	0.146	0.176	0.158	<b>0.152</b>
<b>FC4</b>	0.092	0.083	0.073	0.088	0.158	<b>0.099</b>
<b>FC5</b>	0.066	0.050	0.049	0.029	0.053	<b>0.049</b>

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

INDICE DE CONSISTENCIA  
**RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (\*)**

IC	0.019
RC	0.017

#### a. Distancia de inundación al eje del río.

Conociendo ya una referencia de las zonas de inundación, se desarrolla un criterio técnico estimando desde el eje del río en paralelo a la Ciudad de Tumbes la distancia de las viviendas al eje del Río Tumbes, detallado a través de los siguientes descriptores:

**Cuadro 8: Descriptor de parámetro de la distancia de inundación al eje del río**



Parámetro	Clave	N° descriptores	Descriptor
distancia de inundación al eje del río	DR1	5	D < 150 m
	DR2		150 m < D > 350 m
	DR3		350 m < D > 600 m
	DR4		600 m < D > 850 m
	DR5		D > 850 m

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 9: Matriz de comparación de pares del parámetro distancia de inundación al eje del río**

Parámetro	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5
DR1	1.00	2.00	3.00	5.00	9.00
DR2	0.50	1.00	3.00	4.00	9.00
DR3	0.33	0.33	1.00	3.00	4.00
DR4	0.20	0.25	0.33	1.00	5.00
DR5	0.11	0.11	0.25	0.20	1.00
SUMA	2.14	3.69	7.58	13.20	28.00
1/SUMA	0.47	0.27	0.13	0.08	0.04

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 10: Matriz de normalización de pares del parámetro distancia de inundación al eje del río**

Parámetro	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	Vector priorización
DR1	0.466	0.541	0.396	0.379	0.321	<b>0.421</b>
DR2	0.233	0.271	0.396	0.303	0.321	<b>0.305</b>
DR3	0.155	0.090	0.132	0.227	0.143	<b>0.150</b>
DR4	0.093	0.068	0.044	0.076	0.179	<b>0.092</b>
DR5	0.052	0.030	0.033	0.015	0.036	<b>0.033</b>

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**INDICE DE CONSISTENCIA**  
**RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (\*)**

IC	0.061
RC	0.055

## b. Pendiente del terreno

La pendiente se expresa a través de porcentaje, esto permite que el parámetro sea de suma facilidad para poder ser procesado a través de superponderación ponderada en el software ArcGIS. El criterio técnico de los descriptores se define en base a la topografía procesada en el software IBER y se detallan a continuación:

**Cuadro 11: Descriptor de parámetro pendiente**

Parámetro	Clave	N° descriptores	Descriptor
Pendiente del Terreno	P1	5	pen<3%
	P2		3%< pen< 7%
	P3		7%< pen <10%
	P4		10% < pen< 15 %
	P5		pen>15 %

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 12: Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente del terreno**

Parámetro	P1	P2	P3	P4	P5
P1	1.00	2.00	3.00	5.00	9.00
P2	0.50	1.00	2.00	3.00	9.00
P3	0.33	0.50	1.00	3.00	5.00
P4	0.20	0.33	0.33	1.00	5.00
P5	0.11	0.11	0.20	0.20	1.00
SUMA	2.14	3.69	7.58	13.20	28.00
1/SUMA	0.47	0.27	0.13	0.08	0.04

Fuente. Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 13: Matriz de normalización de pares del parámetro pendiente del terreno**

Parámetro	P1	P2	P3	P4	P5	Vector priorización
P1	0.466	0.507	0.459	0.410	0.310	<b>0.431</b>
P2	0.233	0.254	0.306	0.246	0.310	<b>0.270</b>
P3	0.155	0.127	0.153	0.246	0.172	<b>0.171</b>
P4	0.093	0.085	0.051	0.082	0.172	<b>0.097</b>
P5	0.052	0.028	0.031	0.016	0.034	<b>0.032</b>

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**INDICE DE CONSISTENCIA**  
**RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (\*)**

IC	0.044
RC	0.039

### c. Geomorfología

La identificación técnica de los descriptores para la clasificación de la geomorfología, se da en base al estudio “proyecto de mapas geomorfológicos por Regiones”, que el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) realiza a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico desde el año 2012. Estudio que cuenta con data geoespacial para su posterior procesamiento en software ArcGIS.

**Cuadro 14: Descriptor de parámetro geomorfología.**

Parámetro	Clave	N° descriptores	Descriptor
Geomorfología	G1	6	llanura o planicie costera
	G2		lagunas o embalses de agua
	G3		Delta
	G4		terrazza Aluvial
	G5		rocas sedimentarias
	G6		Llanura aluvial o cauce inundable

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 15: matriz de comparación de pares del parámetro geomorfología.**

Parámetro	G2	G2	G3	G4	G5	G6
G1	1.00	2.00	3.00	5.00	9.00	9.00
G2	0.50	1.00	3.00	4.00	7.00	8.00
G3	0.33	0.33	1.00	3.00	4.00	4.00
G4	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
G5	0.11	0.14	0.25	0.33	1.00	3.00
G6	0.11	0.13	0.25	0.25	0.33	1.00
SUMA	2.26	3.85	7.83	13.58	24.33	29.00
1/SUMA	0.44	0.26	0.13	0.07	0.04	0.03

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 16: Matriz de normalización de pares del parámetro pendiente del terreno**

Parámetro	G2	G2	G3	G4	G5	G6	Vector priorización
G1	0.443	0.519	0.383	0.368	0.370	0.310	<b>0.399</b>
G2	0.222	0.260	0.383	0.294	0.288	0.276	<b>0.287</b>
G3	0.148	0.087	0.128	0.221	0.164	0.138	<b>0.148</b>
G4	0.089	0.065	0.043	0.074	0.123	0.138	<b>0.088</b>
G5	0.049	0.037	0.032	0.025	0.041	0.103	<b>0.048</b>
G6	0.049	0.032	0.032	0.018	0.014	0.034	<b>0.030</b>

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**INDICE DE CONSISTENCIA**  
**RELACION DE CONSISTENCIA < 0.12 (\*)**

IC	0.018
RC	0.015

#### d. Geología

Los descriptores que se identificaron en el presente parámetro se basan en las cartas geológicas nacional a cargo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico( INGEMENT), desarrollado entre los años 2014-2016, información que se dispone en data geoespacial permitiendo procesar posteriormente en ArcGIS.

**Cuadro 17: Descriptor de parámetro geología**

Parámetro	Clave	N° descriptores	Descriptor
Geología	GG1	4	Deposito aluvial reciente(Qp-RI)
	GG2		Depósitos aluviales( Qr - AI
	GG3		formación tumbes( Tm-t)
	GG4		Laguna o rio

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 18: matriz de comparación de pares del parámetro geología**

Parámetro	GG1	GG2	GG3	GG4
GG1	1.00	3.00	4.00	7.00
GG2	0.33	1.00	3.00	4.00
GG3	0.25	0.33	1.00	3.00
GG4	0.14	0.25	0.33	1.00
<b>SUMA</b>	1.73	4.58	8.33	15.00
<b>1/SUMA</b>	0.58	0.22	0.12	0.07

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 19: Matriz de normalización de geología**

Parámetro	GG1	GG2	GG3	GG4	Vector priorización
GG1	0.579	0.655	0.480	0.467	0.545
GG2	0.193	0.218	0.360	0.267	0.259
GG3	0.145	0.073	0.120	0.200	0.134
GG4	0.083	0.055	0.040	0.067	0.061

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**INDICE DE CONSISTENCIA**  
**RELACION DE CONSISTENCIA < 0.08(\*)**

<b>IC</b>	0.040
<b>RC</b>	0.046

## e. Velocidad de flujo

Los descriptores se identifican mediante la velocidad de agua (m/s) de la simulación bidimensional desarrollada con el software Iber 2d, con un criterio técnico de utilizar e identificar estos descriptores basado en la zona de estudio con máximos y mínimos.

**Cuadro 20: Descriptor de parámetro velocidad de flujo**

Parámetro	Clave	N° descriptores	Descriptor
Velocidad de flujo (m/s)	V1	5	$V > 3.0$
	V2		$3.0 > V > 2.0$
	V3		$2.0 > V > 1.0$
	V4		$1.0 > V > 0.5$
	V5		$V < 0.5$

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 21: matriz de comparación de pares del parámetro velocidad de flujo**

Parámetro	V1	V2	V3	V4	V5
V1	1.00	2.00	3.00	5.00	9.00
V2	0.50	1.00	2.00	3.00	9.00
V3	0.33	0.50	1.00	3.00	5.00
V4	0.20	0.33	0.33	1.00	5.00
V5	0.11	0.11	0.20	0.20	1.00
<b>SUMA</b>	2.14	3.69	7.58	13.20	28.00
<b>1/SUMA</b>	0.47	0.27	0.13	0.08	0.04

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 22: Matriz de normalización de pares del parámetro velocidad de flujo**

Parámetro	P1	P2	P3	P4	P5	Vector priorización
-----------	----	----	----	----	----	---------------------

P1	0.460	0.541	0.396	0.351	0.318	0.413
P2	0.230	0.270	0.396	0.351	0.273	0.304
P3	0.153	0.090	0.132	0.211	0.182	0.153
P4	0.092	0.054	0.044	0.070	0.182	0.088
P5	0.066	0.045	0.033	0.018	0.045	0.041

Fuente: Elaboración propia.

**INDICE DE CONSISTENCIA**  
**RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (\*)**

<b>IC</b>	0.069
<b>RC</b>	0.061

Para determinar el valor de los Factores Condicionantes del fenómeno de inundación fluvial, se toma en cuenta los siguientes pesos de acuerdo al Cuadro 9 y los valores del Cuadro 12, 15, 18, 21.

**Cuadro 23: Factores condicionantes.**

Factores condicionantes									
distancia de inundación al eje del río	0.44 1	pendiente del terreno	0.26 0	Geomorfología	0.15 2	geología	0.09 9	Velocidad de Flujo	0.04 9
D < 150 m	0.42 1	pen<3%	0.43 1	llanura o planicie costera	0.39 9	Deposito Aluvial Reciente (Qp-RI)	0.54 5	V> 3.0	0.41 3
150 m < D > 350 m	0.30 5	3%< pen< 7%	0.27 0	lagunas o embalses de agua	0.28 7	Depósitos Aluviales (Qr -Al formación tumbes (Tm-t)	0.25 9	3.0 > V > 2.0	0.30 4
350 m < D > 600 m	0.15 0	7%< pen <10%	0.17 1	Delta	0.14 8	Laguna o río	0.13 4	2.0 > V > 1.0	0.15 3
600 m < D > 850 m	0.09 2	10% < pen< 15 %	0.09 7	terracea aluvial	0.08 8		0.06 1	1.0 > V > 0.5	0.08 8
D> 850 m	0.03 3	pen>15 %	0.03 2	rocas sedimentarias Llanura aluvial o cauce inundable	0.04 8 0.03 0			V< 0.5	0.04 1

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 24: valor de los factores condicionantes**

distancia de inundación	pendiente del terreno	Geomorfología	geología	Velocidad de Flujo	Valor de los factores condicionantes
-------------------------	-----------------------	---------------	----------	--------------------	--------------------------------------

al eje del río					
19.43	11.18	6.05	5.38	2.03	0.441
11.45	7.01	4.35	2.56	1.50	0.269
6.68	4.43	2.24	1.33	0.76	0.154
4.35	2.51	1.34	0.60	0.43	0.092
2.17	0.84	0.73		0.20	0.039
		0.00			0.005
<b>Total</b>					<b>1.000</b>

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

#### 4.2.1.2. Análisis de los factores desencadenantes

Para la obtención de los pesos ponderados de los parámetros se debe tener una matriz de 3x3, para este caso se tiene un único factor; el tirante de agua, detallado como la altura alcanza por el desborde del río en la zona de investigación.

##### a. Tirante de agua (m)

Los descriptores para este parámetro se cuantifican a través del resultado en la simulación bidimensional con el software Iber 2D, expresado a través de la altura alcanza por el desborde del río en la Ciudad de Tumbes. información que posteriormente es extrapolado a través del software ArcGIS, con los valores ponderados identificados a continuación:

**Cuadro 25: Descriptor de parámetro tirante de agua**

Parámetro	Clave	N° descriptores	Descriptor
Tirante de agua (m)	T1	5	T > 1.5 m
	T2		1.5 m > T > 1.0 m
	T3		1.0 > T > 0.5 m
	T4		0.5 m > T > 0.2 m
	T5		T < 0.2

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.



**Cuadro 26: matriz de comparación de pares del parámetro tirante de agua**

Parámetro	T1	T2	T3	T4	T5
T1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
T2	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00
T3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
T4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
T5	0.11	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.70	9.53	16.33	24.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente: Elaboración propia, Año 2020.

**Cuadro 27: Matriz de normalización de pares del tirante de agua**

Parámetro	T1	T2	T3	T4	T5	Vector priorización
T1	0.560	0.638	0.524	0.429	0.375	0.505
T2	0.187	0.213	0.315	0.306	0.250	0.254
T3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.208	0.136
T4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.125	0.069
T5	0.062	0.035	0.021	0.020	0.042	0.036

Fuente: Elaboración propia. Año 2020.

**INDICE DE CONSISTENCIA**  
**RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1 (\*)**

<b>IC</b>	0.064
<b>RC</b>	0.057

**Cuadro 28: Valor del factor desencadenante**

Descriptor	Tirante de Agua	Valor de del factor desencadenante
T1	0.505	0.505
T2	0.254	0.254
T3	0.136	0.136
T4	0.069	0.069
T5	0.036	0.036

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

Para determinar el valor de la susceptibilidad del fenómeno de inundación fluvial, se toma en cuenta los siguientes valores de los Factor Desencadenantes (Cuadro 27) y Valor de los Factores Condicionantes (Cuadro 23).

### Cuadro 29: Susceptibilidad del peligro

Factor Condicionante		Factor desencadenante		Susceptibilidad
Valor	Peso	Valor	peso	
0.441	0.5	0.505	0.5	0.473
0.269	0.5	0.254	0.5	0.261
0.154	0.5	0.136	0.5	0.145
0.092	0.5	0.069	0.5	0.081
0.039	0.5	0.036	0.5	0.038
0.005	0.5			0.002

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

#### 4.2.2. Niveles de peligrosidad

Para determinar estos niveles, se tiene una relación simple a través de la ponderación de los parámetros de evaluación y a la susceptibilidad, sin embargo, al desarrollar la simulación bidimensional del Rio Tumbes un tiempo de retorno de 50 años con un caudal de 3592.2 m<sup>3</sup>/s. Este parámetro ya se define como la llanura de inundación en nuestra zona de estudio, delimitando de esta manera que los niveles de peligrosidad se definen por la susceptibilidad.

#### Cuadro 30: Valor de la Peligrosidad.

Susceptibilidad		Valor final
Valor	Peso	
0.473	1	0.473
0.261	1	0.261
0.145	1	0.145
0.081	1	0.081
0.038	1	0.038

Fuente. Elaboración propia, año 2020.

### 4.2.3. Estratificación del peligro

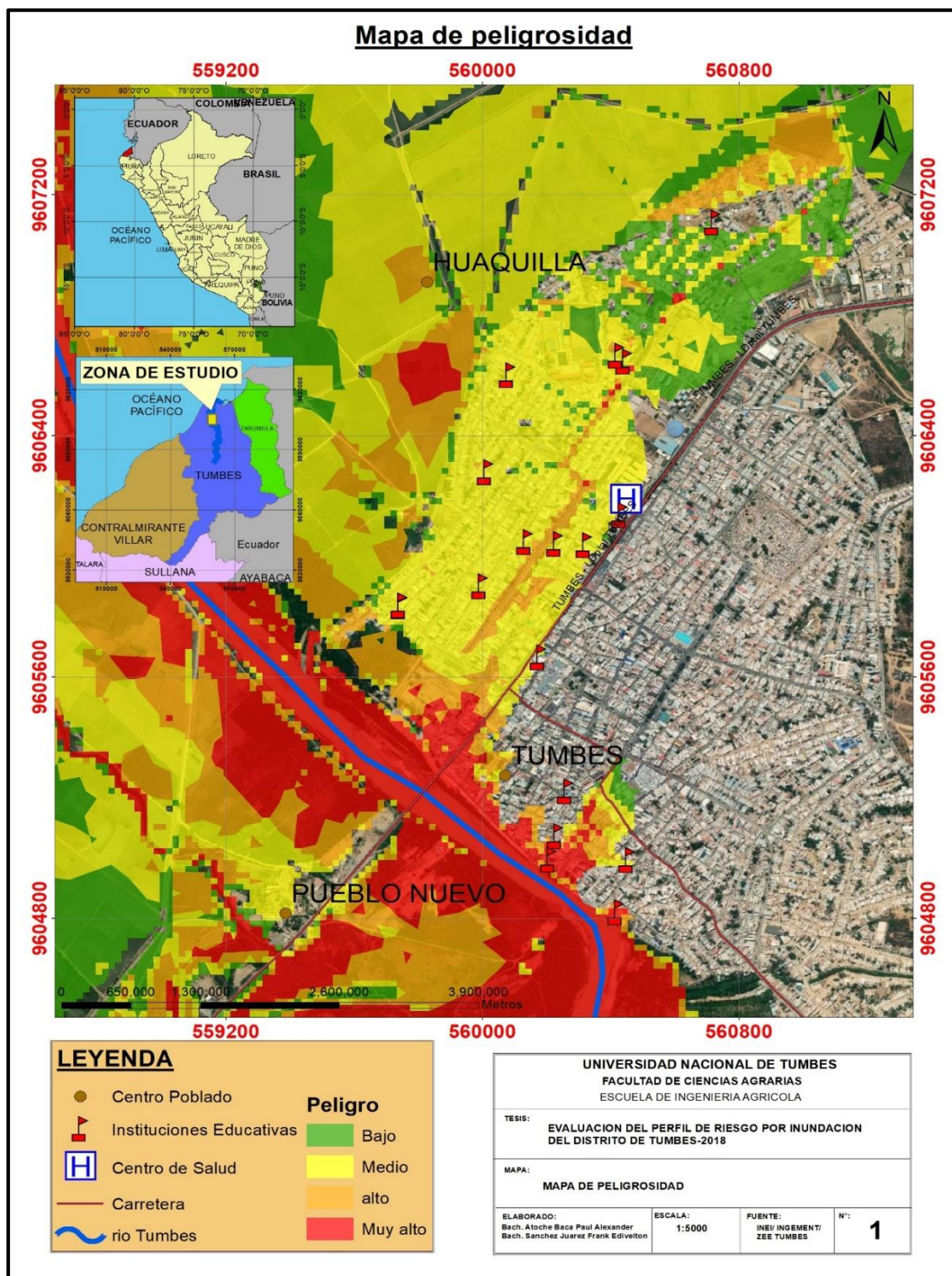
**Ilustración 3.** Estratificación de peligro.

Niveles	Rango	Descripción
Peligro muy alto	$0.261 \leq P \leq 0.473$	Distancia de inundación al eje del río menor a 350 m, con una pendiente menores al 7%, geomorfológicamente se encuentra en planicie costera como el malecón de Tumbes, su geología se caracteriza por los depósitos aluvial reciente (Qp-RI) arrastrados por el río, bajo la simulación tiene una velocidad de flujo mayor a 2 m/s y una altura en el tirante de agua superior a 1m.
Peligro alto	$0.145 \leq P \leq 0.261$	Distancia de inundación entre los 350 y 600 m del eje del río, pendientes entre el (7 - 10 %), ubicado a través del delta del río y lagunas, geológicamente se encuentra depósitos aluviales (Qr- Al), bajo la simulación su velocidad de flujo esta entre (2-1 m/s) y una altura en el tirante de agua entre (1-0.5 m).
Peligro medio	$0.081 \leq P \leq 0.145$	Distancia de inundación entre los 600 y 850 m del eje del río, una pendiente entre (10 - 15%), un territorio geomorfológico de terraza aluvial, aquí se encuentra el área geológica de formación Tumbes (Tm- t), con la velocidad de flujo entre (1-0.5 m/s) y una altura del tirante de inundación (0.5- 0.2 m).
Peligro bajo	$0.038 \leq P \leq 0.081$	Distancia al eje del mayores a 850 m, con pendientes superiores al 15%, se encuentra geomorfológicamente llanura de inundación o el cauce inundable del río, donde su geología se define por el cauce del río Tumbes, aquí la velocidad del flujo es inferior a 0.5 m/s y un tirante de agua menor a 0.2 m.

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

#### 4.2.4. Mapa de peligro

Mapa 1. Mapa de peligro.



Fuente: Elaboración propia, año 2020.

#### 4.2.5. Elementos expuestos

En la zona de estudio, se identifica los elementos expuestos susceptibles, ante el impacto por la inundación generada en IBER, siendo afectados: población, viviendas, instituciones educativas, servicios básicos, vías de comunicación, establecimientos entre otros.

##### 4.2.5.1. Elementos expuestos a nivel socioeconómico

La información georreferenciada para la identificación de los elementos expuestos, tiene como base la plataforma virtual del Sistema para la información de la Gestión del Riesgo de Desastres- SIGRID, a cargo de su manejo por el Centro Nacional de Prevención, Estimación y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), información cartográfica según XII Censo de Población y VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas del año 2017.

##### a. Población

La población que se encuentra en la zona de investigación, se conforma de asentamientos humanos y núcleos urbanos con una población expuesta de 14484 personas, siendo del barrio San José junto a sus anexos los más expuestos ante una inundación.

**Cuadro 31: Población y núcleos urbanos.**

Núcleos urbanos	Población
Barrio San José, Asentamiento Humano; Ricardo flores, Alan García, Jardines, salamanca, Alan García II, Ampliación Salamanca. Sector Bellavista, Asentamiento humano; el milagro, bellavista.	14484

Centro de Tumbes; sector plaza de armas,  
malecón 2000.

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), año 2017.

Analizando la población según su género y su grupo de edad, las mujeres representan el 47% de la población expuesta, así mismo analizando los grupos etarios entendemos que la población más vulnerable de 0 a 14 años representa el 23.6 %, y los mayores a 65 años es 12.9 %, expuesta ante el peligro de inundación por el Rio Tumbes.

**Cuadro 32: Distribución por sexo y grupos etarios.**

POBLACION			GRUPOS DE EDAD				
Total	Hombres	Mujeres	De 0 a 14 Años	De 15 a 29 años	De 30 a 44 Años	De 45 a 64 Años	De 65 a más años
14484	7342	7142	3737	3426	3074	2382	1865

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), año 2017.

## b. Viviendas

En la zona de investigación las viviendas que se identificaron por la exposición en la llanura de inundación son 4542, principalmente de los sectores del barrio San José, salamanca y anexos, junto al barrio Bellavista, colindante con el malecón de la ciudad. Donde el 88 % de estas viviendas son casas independientes

**Cuadro 33: Tipo de vivienda en la zona expuesta**

Casa Indepen.	Dpto. En Edificio	Viv. En Quinta	Viv. En Casa Vecindad	Choza o Cabaña	Vivienda Improvisada	No Dest. P/Habit, Otro Tipo
4035	307	157	20	0	18	5

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), año 2017.

En cuanto al material predominante en las viviendas que están expuestas, predominan de Ladrillo o bloque de cemento con 2538 es decir el 52%, 20% son de material de quincha, 2% son de Adobe.

**Cuadro 34: Material de construcción predominante en las paredes exteriores de la vivienda.**

Ladrillo o Bloque de Cemento	Piedra o Sillar Con Cal o Cemento	Adobe	Tapia	Quincha (Caña Con Barro)	Piedra Con Barro	Madera (Pona, Tornillo, Etc.)	Triplay / Calamina / Estera	Otro Material
2538	24	95	15	951	45	52	37	0

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), año 2017.

### c. Educación

En la zona de investigación expuesta se identificó 18 instituciones educativas entre privadas y enseñanza pública.

**Cuadro 35: Elementos expuestos susceptibles en el sector educación.**

Dirección	Nombre De La Institución	Total de Alumnos	Docentes	Total H	Total M	Nivel
Calle Tarapaca S/N	El Triunfo	819	15	454	365	F0
Avenida Tarapaca S/N	Inmaculada Concepción	1029	69	556	473	F0
Calle Los Girasoles S/N	218 Los Jardines	6	1	3	3	A2
Avenida Las Delicias 209	003 San Francisco De Asis	11	4	8	3	E2
Ricardo Flores Dioses	Lupe Belen Garcia Delgado	26	2	21	5	A2
Avenida Malecón Benavides S/N	Ceba - Gral Ydelfonso Coloma Maldonado	52	5	9	43	D2
Calle Mayor Novoa 401	003 san José	278	11	131	147	A2
Calle Mayor Bodero 100-102	006 Mercedes Matilde Avalos De Herrera	404	35	186	218	F0
Calle Arica 324 - 326	Belen	64	10	31	33	F0
Jirón Gálvez 214	San José	103	6	53	50	B0

Avenida Tumbes 793	Ceba – 046	126	10	76	50	D2
Prolongación Los Manglares S/N	002 San Nicolás De Tolentino	21	12	9	12	E2
Calle 7 De Enero 677	Divino Niño	140	9	62	78	B0
Calle Jorge Herrera S/N	013 Leonardo Rodríguez Arellano	1426	61	745	681	B0
Avenida Malecón Benavides 356	Crl. Juan Valer Sandoval	121	12	63	58	B0
Avenida Tumbes 392	009 Jesús De La Divina Misericordia	410	17	199	211	A2
Calle Zarumilla 331	030 Baldomero Puell Franco	19	5	15	4	B0
Barrio El Progreso	Angelitos De Jesús	68	3	29	39	A2

**Fuente:** Estadística de la Calidad Educativa -ESCALE, año 2019.

#### **d. Salud**

En el caso del sector se tiene 1 solo instalación que está expuesta, como el hospital principal de la Región de Tumbes, “José Alfredo Mendoza Olavarría”- JAMO II-2, este está ubicado en la avenida principal calle 24 de julio 565, dentro del barrio San José.

#### **4.2.5.2. Elementos expuestos a nivel ambiental**

A través de la cobertura vegetal identificada en nuestra zona de investigación, a cargo Ministerio del Ambiente (MINAM), Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural, 2015. y el análisis respecto a al recojo de residuos sólidos en los sectores junto a la cercanía de las viviendas y centros urbanos al eje del río nos permite analizar y definir los posibles daños.



### a. Cobertura vegetal

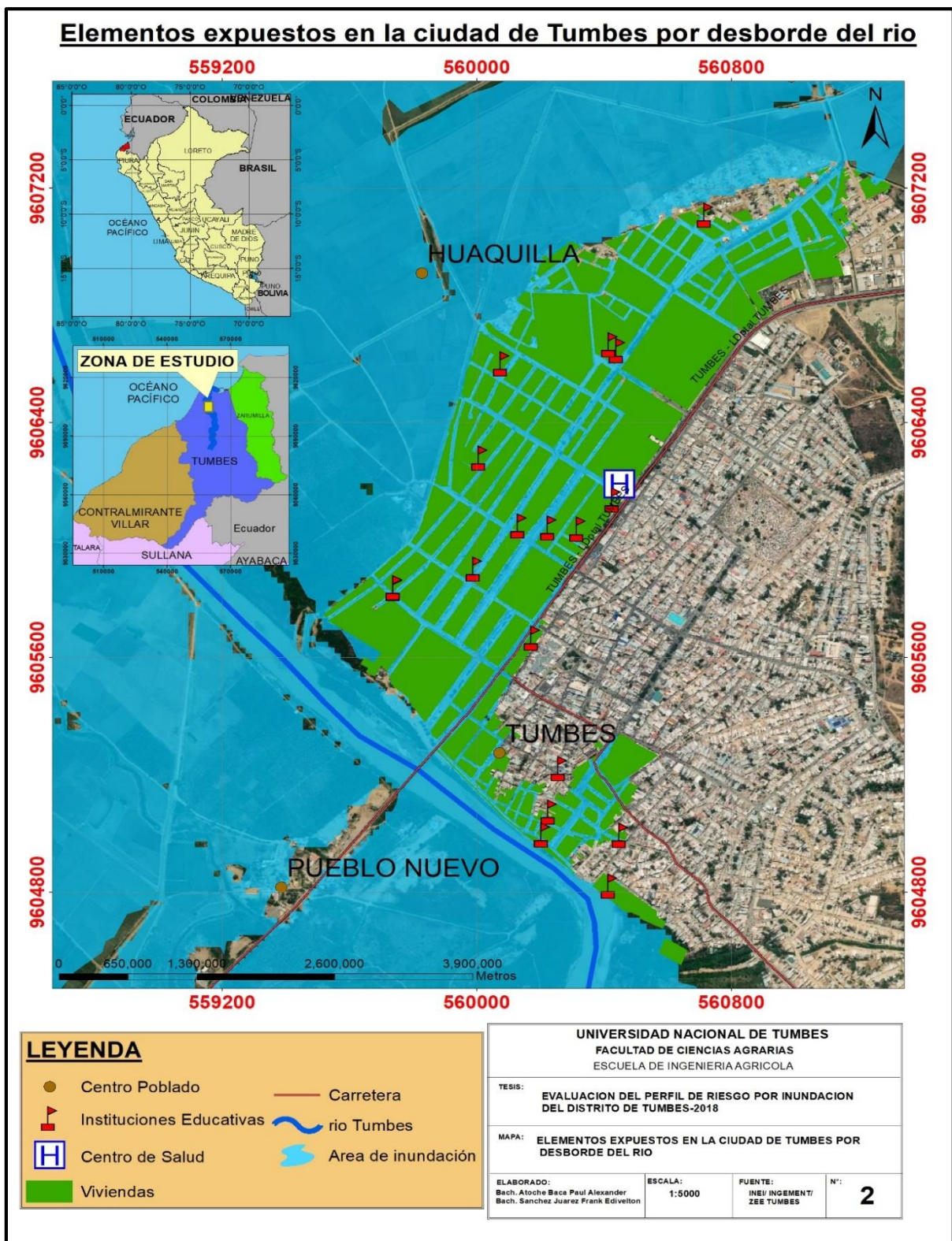
La información disponible se limita principalmente por la zona definida por el río, área urbana definida, área agrícola, y el bosque seco. Observando que una parte del barrio san José posterior al malecón se encuentra dentro del territorio delimitado por el río.

**Cuadro 36. Cobertura vegetal definida en nuestra zona de investigación.**

Cobertura vegetal	Símbolo	Área
Agricultura costera y andina	Agri	1511.741501
Área urbana	U	486.5048147
Bosque seco tipo sabana	Bss	136.4623936
Río	R	86.4782514

**Fuente:** Elaboración propia, Ministerio del Ambiente (MINAM), año 2015.

**Mapa 2.** Elementos expuestos en la ciudad de Tumbes por el análisis de peligrosidad.



Fuente: Elaboración propia, año 2020.

### 4.3. Análisis de la vulnerabilidad

En este análisis se considera la dimensión social, económica y ambiental; evaluándose solo la fragilidad y resiliencia, la exposición está determinado por el área afectada de las llanuras de inundación.

Se desarrolla el proceso de análisis jerárquico (PAJ), asignándose una ponderación a cada parámetro y sus descriptores descriptores.

**Ilustración 4.** Metodología del análisis de Vulnerabilidad.

ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD					
EXPOSICION (cuantificación de los elementos expuestos)	DIMENSION ECONOMICA	Fragilidad	Material de paredes	FE1	NIVELES DE VULNERABILIDAD (mapa de nivel de vulnerabilidad)
			material de Piso	FE2	
			Abastecimiento de Agua	FE3	
		Resiliencia	Tipo de Vivienda	ER1	
	DIMENSION SOCIAL	Fragilidad	Grupos Etarios	FS1	
			Grado de las Instituciones Educativa	FS2	
			Distribución de los Centros de Salud	FS3	
		Resiliencia	concentración de Población por Manzanas	SR1	
			N° de Viviendas Por Manzanas	SR2	
	DIMENSION AMBIENTAL	Fragilidad	Cercanía de las Viviendas al Rio	FA1	
		Resiliencia	Vegetación	AR1	
Educación Ambiental			AR2		
Recojo de Residuos solidos			AR3		

Fuente: elaboración propia, año 2019.

Cada una de las dimensiones se componen de parámetros, y estos a la vez en sub parámetros y descriptores, donde a través de una matriz se desarrolla un análisis, en referencia a los valores numéricos de la tabla desarrollada por Saaty donde los valores varían de 9 a 1/9 según la importancia que se asigne a cada parámetro de otro por los investigadores. Estos valores se introducen en la matriz de comparación de pares, el proceso dará como resultado el peso ponderado de cada parámetro considerado.

Bajo lo establecido por el método Saaty o proceso de análisis jerárquico, para una determinada matriz se tiene relación de consistencia que debe ser menor, se indica que los criterios utilizados por la comparación son los más adecuados.

**Cuadro 37: Matriz de comparación de pares.**

<b>Matriz de Pares</b>	<b>Relación de consistencia</b>
3 X 3	Relación de consistencia ( $RC < 0.04$ )
4 X 4	Relación de consistencia ( $RC < 0.08$ )
5 X 5	Relación de consistencia ( $RC < 0.1$ )
6 X 6	Relación de consistencia ( $RC < 0.1$ )
7 X 7	Relación de consistencia ( $RC < 0.1$ )
8 X 8	Relación de consistencia ( $RC < 0.1$ )

**Fuente:** SAATY, año 1997.

Cada sub parámetro tiene un conjunto de descriptores que fueron calculados utilizando el criterio técnico del conocimiento del territorio y en algunos casos el método de clasificación óptima “natural Breaks”. Este método calcula las diferencias de valores entre los individuos estadísticos de forma creciente.

Después de la clasificación, se procede a realizar la matriz de pares a los rangos que se generaron, se procede a procesar la información con los pesos ponderados del parámetro, sub parámetro, sub parámetro y el peso del descriptor, consecuentemente obtenemos el siguiente peso final para los sub- parámetros.

### 4.3.1. Análisis de las dimensiones para la vulnerabilidad

Para la evaluación de la vulnerabilidad en el ámbito de estudios de la zona de inundación en la Ciudad de Tumbes, se consideran las dimensiones económica, social, ambiental.

**Cuadro 38: análisis de las dimensiones para la vulnerabilidad.**

DIMENSION	PARAMETRO
Dimensión económica	DE
Dimensión Social	DS
Dimensión Ambiental	DA

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 39: Matriz de comparación de pares de las dimensiones para la vulnerabilidad**

Parámetro	DE	DS	DA
DE	1.00	3.00	5.00
DS	0.33	1.00	2.00
DA	0.20	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	1.53	4.50	8.00
<b>1/SUMA</b>	0.65	0.22	0.13

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 40. Matriz de normalización de las dimensiones para la vulnerabilidad**

Parámetro	DE	DS	DA	Vector priorización
DE	0.652	0.667	0.625	<b>0.65</b>
DS	0.217	0.222	0.250	<b>0.23</b>
DA	0.130	0.111	0.125	<b>0.12</b>

**INDICE DE CONSISTENCIA**

<b>IC</b>	0.040
-----------	-------

**RELACION DE CONSISTENCIA < 0.04(\*)**

RC

0.02

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

#### 4.3.2. Análisis de la dimensión Económica

Para el presente análisis según la información disponible del Censo 2017, se evaluaron los siguientes parámetros:

**Ilustración 5.** Parámetro de Evaluación de la dimensión económica.

DIMENSION ECONOMICA	Fragilidad	Material de paredes	FE1
		material de Piso	FE2
		Abastecimiento de Agua	FE3
	Resiliencia	Tipo de vivienda	ER1

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

##### 4.3.2.1. Análisis de la fragilidad económica

Se aplica el método de Saaty con los tres parámetros, que componen una matriz de 3x3, se procede a establecer pesos correspondientes.

**Cuadro 41: Parámetros de la Fragilidad Económica.**

Dimensión Económica	Clave	N° Parámetros	Parámetros	P. Ponderado
Fragilidad Económica	FE1	3	material de Pared	0.54
	FE2		material de Piso	0.30
	FE3		Abastecimiento de agua	0.16

Fuente: Elaboración propia.

### a. Material de Pared

En este parámetro se trabajó con un sub parámetro, permitiendo identificar el tipo de material y la cantidad de estos por manzanas. Se trabajo con una matriz de pares de 5x5, procediendo a establecer los pesos de los descriptores.

**Cuadro 42: descriptor del Parámetros material de pared.**

Parámetro	Clave	N° Descriptor	Descriptor	P. Ponderado
Material de Pared	MP1	5	Triplay / calamina / estera	0.42
	MP2		Quincha (caña con barro)	0.29
	MP3		Adobe	0.17
	MP4		Madera	0.08
	MP5		Ladrillo o bloque de cemento	0.04

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 43: Descriptor de los sub parámetros de material de piso**

MP1: Triplay / calamina / estera		MP2: Quincha (caña con barro)		MP3: Adobe		MP4: Madera		MP5: Ladrillo o bloque de cemento	
0.42		0.29		0.17		0.08		0.04	
4.00	0.47	108-37	0.41	13-7	0.51	7	0.52	85-57	0.49
3.00	0.27	33-22	0.29	7-4	0.26	2	0.30	57-39	0.27
2.00	0.14	22-12	0.16	4-2	0.12	1	0.12	39-23	0.12
1.00	0.08	12-5	0.09	0-2	0.07	0	0.06	22-11	0.08
0.00	0.04	5-0	0.05	0	0.04			11-0	0.03

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 44: Valor de los descriptores del parámetro material de piso (fragilidad económica).**

Triplay / calamina / estera	Quincha (caña con barro)	Adobe	Madera	Ladrillo o bloque de cemento	<b>FRAGILIDAD ECONOMICA FE1</b>
					<b>0.539</b>
0.196	0.121	0.084	0.042	0.021	<b>0.464</b>
0.114	0.085	0.042	0.024	0.011	<b>0.277</b>
0.057	0.047	0.021	0.010	0.005	<b>0.140</b>
0.035	0.025	0.012	0.005	0.004	<b>0.080</b>
0.018	0.014	0.006		0.001	<b>0.039</b>

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

## b. Material de Piso

Para este parámetro se trabajó con un sub parámetro ya que ello incide en la población que tiene diferentes materiales en el piso por manzanas. Se trabajo con una matriz de 5x5; se procede a establecer el peso para los descriptores.

**Cuadro 45: Descriptor del parámetro de material de piso.**

Parámetro	Clave	N° Descriptor	Descriptor	P. Ponderado
Material de Piso	PI1	5	tierra	0.50
	PI2		madera pulida	0.27
	PI3		laminas alfalticas o vinilicos	0.12
	PI4		Cemento	0.08
	PI5		Losetas	0.03

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 46: Descriptor de los sub parámetros de material de piso.**

PI1: Tierra	PI2: madera	PI3: laminas asfálticas	PI4: Cemento	PI5: losetas
0.42	0.29	0.17	0.08	0.04
43-28 42%	4.00 48%	5.00 50%	122-64 41%	64-32 43%
21-13 30%	3.00 26%	4.00 24%	64-38 32%	32-22 31%



13-8	16%	2.00	16%	3.00	14%	38-18	15%	22-12	14%
8-3	8%	1.00	6%	2.00	8%	18-7	8%	12-5	8%
0-3	4%	0.00	4%	1.00	4%	7-0	4%	5-0	4%

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 47.** Valor de los descriptores del parámetro material de piso (fragilidad económica)

Tierra	Madera	Laminas asfálticas	Cemento	losetas	<b>FRAGILIDAD ECONOMICA F2</b>
					<b>0.297</b>
0.207	0.128	0.062	0.033	0.015	<b>0.464</b>
0.150	0.070	0.029	0.026	0.010	<b>0.277</b>
0.077	0.041	0.018	0.012	0.005	<b>0.140</b>
0.041	0.016	0.010	0.007	0.003	<b>0.080</b>
0.021	0.010	0.005	0.003	0.001	<b>0.039</b>

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

### c. Abastecimiento de agua

Para este parámetro se trabajó con un sub parámetro donde este incide en el abastecimiento y cantidad de viviendas con agua por manzanas. Se trabajo con una matriz de 5x5; se procede a establecer el peso para los descriptores.

**Cuadro 48: Descriptor del parámetro de abastecimiento de agua.**

Parámetro	Clave	N° Descriptor	Descriptor	P. Pond.
Abastecimiento de agua	AA1	5	Otro tipo de abastecimiento de agua	0.495
	AA2		Camión - cisterna u otro similar	0.265
	AA3		Pilón o pileta de uso público	0.123
	AA4		Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación	0.082
	AA5		Red pública dentro de la vivienda	0.034

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 49: Descriptor de los sub parámetros de abastecimiento de agua.**

AA1: Otro tipo de abastecimiento de agua	AA2: Camión - cisterna u otro similar	AA3: Pilón o pileta de uso público	AA4: Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación	AA5: Red pública dentro de la vivienda
0.50	0.27	0.12	0.08	0.03
23-7 0.48	3.00 0.52	64-32 0.50	24-15 0.41	18-0 0.43
7-5 0.26	2.00 0.30	32-22 0.24	15-10 0.32	34-18 0.31
5-2 0.16	1.00 0.12	22-12 0.14	10-5 0.15	58-34 0.14
2-0 0.06	0.00 0.06	12-5 0.08	5-1 0.08	89-58 0.08
0 0.04		5-0 0.04	1-0 0.04	126-89 0.04

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 50: Valor de los descriptores del parámetro abastecimiento de agua (fragilidad económica)**

AA1	AA2	AA3	AA4	AA5	<b>FRAGILIDAD ECONOMICA F3</b>
					<b>0.164</b>
0.239	0.138	0.062	0.033	0.015	0.488
0.130	0.079	0.029	0.026	0.010	0.274
0.077	0.033	0.018	0.012	0.005	0.145
0.030	0.015	0.010	0.007	0.003	0.065
0.019	0.000	0.005	0.003	0.001	0.028

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

#### 4.3.2.2. Análisis de la resiliencia económica

Solo se identifica un solo parámetro, que en este caso solo se trabaja el análisis jerárquico para sus descriptores y el sub parámetro identificado.

**Cuadro 51: Parámetros de la fragilidad económica**

Dimensión Económica	Clave	N° Parámetros	Parámetros	P. Ponderado
Resiliencia Económica	ER1	1	Tipo de vivienda	0.350

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

### a. Tipo de vivienda

En este parámetro se trabajó con un sub parámetro, permitiendo identificar el tipo de construcción de la vivienda y la cantidad de estos por manzanas. Se trabajo con una matriz de pares de 5x5, procediendo a establecer los pesos de los descriptores.

**Cuadro 52: Descriptor del parámetro de tipo de vivienda.**

Parámetro	Clave	N° Descriptor	Descriptor	P. Pond.
Tipo de Vivienda	TV1	5	Triplay / calamina / estera	0.421
	TV2		Quincha (caña con barro)	0.292
	TV3		Adobe	0.165
	TV4		Madera	0.080
	TV5		Ladrillo o bloque de cemento	0.042

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 53: Descriptor de los sub parámetros de tipo de vivienda**

TV1: Improvisada	TV2: Quinta	TV3: Vecindad	TV4: Independiente	TV5: Edificios					
0.42	0.29	0.17	0.08	0.04					
6.00	0.47	29-17	0.47	12	0.52	185-97	0.47	79-34	0.47
5.00	0.27	17-9	0.27	4	0.30	97-59	0.27	34-12	0.27
4.00	0.14	9-4	0.14	1	0.12	59-36	0.14	12-5	0.14
1.00	0.08	4-1	0.08	0	0.06	36-19	0.08	5-2	0.08
0.00	0.04	1-0	0.04			19-2	0.04	2-0	0.04

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 54. Valor de los descriptores del parámetro tipo de vivienda (fragilidad económica)**

Improvisada	Quinta	Vecindad	Independiente	Edificios	RESILIENCIA ECONOMICA RE1
					0.350
0.196	0.136	0.086	0.037	0.020	0.476
0.114	0.079	0.049	0.022	0.011	0.276
0.057	0.040	0.021	0.011	0.006	0.134
0.035	0.024	0.010	0.007	0.003	0.078
0.018	0.013		0.003	0.002	0.036

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

#### 4.3.3. Análisis de la dimensión social

En el análisis de la vulnerabilidad como su dimensión económica, aquí principalmente está ligado, a la concentración de población y el uso de estructuras públicas como salud y educación, descritos a continuación:

**Ilustración 6.** Parámetros en la evaluación de la dimensión social.

DIMENSION SOCIAL	Fragilidad	Grupos Etarios	FS1
		Grado de las Instituciones Educativa	FS2
		Distribución de los Centros de Salud	FS3
	Resiliencia	concentración de Población por Manzanas	SR1
		N° de Viviendas Por Manzanas	SR2

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

#### 4.3.3.1. Análisis de la fragilidad social

Para la obtención de los pesos ponderados se analiza el nivel educativo y distribución de población como los parámetros del factor de la fragilidad social, aquí se utilizó el proceso el método de Saaty, los resultados son los siguientes:

**Cuadro 55. Parámetros de la Fragilidad Social.**

Dimensión Social	Clave	N° Parámetros	Parámetros	P. Pond
Fragilidad Social	FS1	3	Grupos Heteros	0.648
	FS2		Grado de las Instituciones Educativa	0.230
	FS3		Distribución de los Centros de Salud	0.122

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

#### a. Grupos Etarios

En este parámetro se trabajó con un sub parámetro, permitiendo identificar la cantidad de población por manzana y por grupos de edades. Se trabajó con una matriz de pares de 5x5, procediendo a establecer los pesos de los descriptores.

**Cuadro 56: Descriptor del Parámetros grupos etarios.**

Parámetro	Clave	N° Descriptor	Descriptor	P. Ponderado
Grupos etarios	GE1	5	Población de 0 a 14 años	0.467
	GE2		Población mayor a 65 años	0.262
	GE3		Población de 45 a 64 años	0.151
	GE4		Población de 15 a 29 años	0.079

GE5

Población de 30 a 44 años

0.041

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 57. Descriptor de los sub parámetros de grupos etarios.**

<b>GE1: 0 a 14 años</b>		<b>GE2: Mayor a 65 años</b>		<b>GE3: 45 a 64 años</b>		<b>GE4: 15 a 29 años</b>		<b>GE5: 30 a 44 años</b>	
0.47		0.26		0.15		0.08		0.04	
208-124	0.47	80-49	0.47	123-103	0.48	176-100	0.47	126-58	0.48
124-75	0.26	49-30	0.26	103-80	0.24	64-100	0.26	58-40	0.24
75-46	0.15	30-18	0.15	80-54	0.16	64-36	0.15	40-24	0.14
46-22	0.08	18-7	0.08	54-27	0.09	36-17	0.08	24-12	0.09
22-1	0.04	7-0	0.04	27-1	0.04	17-1	0.04	0-12	0.04

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 58. Valor de los descriptores del parámetro grupos etarios (fragilidad Social)**

0 a 14 años	mayor a 65 años	45 a 64 años	15 a 29 años	30 a 44 años	<b>FRAGILIDAD SOCIAL FS1</b>
					0.648
0.218	0.122	0.073	0.037	0.020	0.469
0.122	0.069	0.036	0.021	0.010	0.258
0.071	0.040	0.024	0.012	0.006	0.152
0.037	0.021	0.013	0.006	0.004	0.081
0.019	0.011	0.006	0.003	0.002	0.041

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**b. Grado de las instituciones educativas**

En este parámetro se trabajó con la población estudiantil de los centros educativos expuestos por las llanuras de inundación. Se desarrolla con una matriz de pares de 5x5, procediendo a establecer los pesos de los descriptores.

**Cuadro 59: descriptor del Parámetros grado de las instituciones educativas**

Parámetro	Clave	N° Descriptor	Descriptor	P. Ponderado
Instituciones Educativas	A2	5	Educación inicial	0.499
	B0		Educación Primaria	0.232
	E2		Educación Primaria Especial	0.152
	D2		Educación Avanzada-CEBA	0.080
	F0		Educación secundaria	0.038

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 60: Valor de los descriptores del parámetro grado de las instituciones educativas (fragilidad Social)**

Descriptor	FRAGILIDAD SOCIAL S2
	0.230
<b>A2</b>	0.499
<b>B0</b>	0.232
<b>E2</b>	0.152
<b>D2</b>	0.080
<b>F0</b>	0.038

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

### c. Distribución de los Centros de salud

En este parámetro se trabajó en referencia al hospital nivel III- Jamo. Se desarrolla con una matriz de pares de 5x5, procediendo a establecer los pesos de los descriptores.

**Cuadro 61: descriptor del Parámetros centro de salud**

Parámetro	Clave	N° Descriptor	Descriptor (m)	P. Ponderado
Centros de Salud	CS1	5	1800-1400	0.454
	CS2		1400-1100	0.297
	CS3		1100-800	0.139
	CS4		800-400	0.073

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

### Cuadro 62: Valor de los descriptores del parámetro Centro de salud (fragilidad Social)

PARAMETROS	FRAGILIDAD SOCIAL S3
	0.122
1800-1400	0.454
1400-1100	0.297
1100-800	0.139
800-400	0.073
400-0	0.037

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

#### 4.3.3.2. Análisis de la resiliencia social

Para la obtención de los pesos ponderados se relaciona el número de viviendas por manzanas con la población la misma como los parámetros de la resiliencia social, aquí se utiliza el criterio técnico dejando a un lado la escala de saaty ya que solo se cuenta con 2 parámetros. Los resultados son los siguientes:

### Cuadro 63: Parámetros de la Resiliencia Social

Dimensión Social	Clave	N° Parámetros	Parámetros	P. Pond
Resiliencia Social	RS1	2	Concentración de población por manzanas	0.600
	RS2		N° de viviendas por manzanas	0.400

Fuente: Elaboración propia, año 2020.



**a. Parámetro: Concentración de población por manzanas**

En este parámetro se trabajó en referencia a la cantidad de población por manzanas. Se desarrolla con una matriz de pares de 5x5, procediendo a establecer los pesos de los descriptores.

**Cuadro 64. descriptor del Parámetros Cantidad de población por manzanas**

Parámetro	Clave	N° Descriptor	Descriptor (m)	P. Ponderado
Población por manzanas	PM1	5	765-460	0.488
	PM2		460-230	0.273
	PM3		230-123	0.128
	PM4		123-70	0.078
	PM5		70-20	0.033

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Tabla 65: Valor de los descriptores del parámetro cantidad de población por manzanas (resiliencia Social)**

concentración de Población por Manzanas	RESILIENCIA SOCIAL RS1
	0.600
<b>765-460</b>	0.488
<b>460-230</b>	0.273
<b>230-123</b>	0.128
<b>123-70</b>	0.078
<b>70-20</b>	0.033

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

## b. Número de viviendas por manzana

En este parámetro se trabajó en referencia a la cantidad y concentración de viviendas por manzanas. Se desarrolla con una matriz de pares de 5x5, procediendo a establecer los pesos de los descriptores.

**Cuadro 66: descriptor del Parámetros número de viviendas por manzanas.**

Parámetro	Clave	N° Descriptor	Descriptor (m)	P. Ponderado
Número de viviendas por manzanas	NV1	5	190-125	0.499
	NV2		125-73	0.232
	NV3		73-42	0.152
	NV4		42-25	0.080
	NV5		25-4	0.038

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 67: Valor de los descriptores del parámetro número de viviendas por manzanas (resiliencia Social).**

N° de Viviendas Por Manzanas	RESILIENCIA SOCIAL RS2
	0.400
190-125	0.499
125-73	0.232
73-42	0.152
42-25	0.080
25-4	0.038

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

### 4.3.4. Análisis de la dimensión ambiental

Para el análisis de la vulnerabilidad en su dimensión ambiental, la fragilidad tiene relación con la ubicación de viviendas al río y su vegetación, y la resiliencia se evaluaron los siguientes parámetros:

**Ilustración 7.** Parámetros en la evaluación de la dimensión ambiental.

<b>DIMENSION AMBIENTAL</b>	Fragilidad	Cercanía de las Viviendas al Rio	FA1
	Resiliencia	Vegetación	AR1
		Educación Ambiental	AR2
		Recojo de Residuos solidos	AR3

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

**4.3.4.1. Análisis de la fragilidad ambiental**

Para la obtención de los pesos ponderados de los parámetros de la fragilidad ambiental, se utiliza el proceso de análisis jerárquico. Los resultados son los siguientes:

**Cuadro 68: Parámetros de la Fragilidad Social.**

Dimensión Social	Clave	N° Parámetros	Parámetros	P. Pond
Fragilidad Ambiental	FA1	1	Cercanía de las viviendas al rio	0.6

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

**a. Cercanía de las viviendas al rio**

En este parámetro se desarrolla por la distancia desde el eje del rio y las viviendas. Se desarrolla con una matriz de pares de 5x5, procediendo a establecer los pesos de los descriptores.

**Cuadro 69: descriptor del Parámetros número de viviendas por manzanas.**

Parámetro	Clave	N° Descriptor	Descriptor (m)	P. Ponderad o
Cercanía de las viviendas al río	CV1	5	0-150	0.488
	CV2		150-350	0.273
	CV3		350-600	0.128
	CV4		600-800	0.078
	CV5		800 a mas	0.033

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 70: Valor de los descriptores del parámetro Cercanía de las viviendas al río (fragilidad Ambiental).**

Cercanía de las viviendas al río (m)	FRAGILIDAD AMBIENTAL FA1
	0.600
0-150	0.488
150-350	0.273
350-600	0.128
600-800	0.078
800 a mas	0.033

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

**4.3.4.2. Análisis de la resiliencia ambiental**

Para la obtención de los pesos ponderados de los parámetros del factor de la fragilidad ambiental, se utiliza el proceso de análisis jerárquico o método Satty. Los resultados son los siguientes:

**Cuadro 71: Parámetros de la Resiliencia Ambiental.**

Dimensión Social	Clave	N° Parámetros	Parámetros	P. Pond
Resiliencia Ambiental	RA1	3	Cobertura Vegetal	0.548
	RA2		Conocimiento del Riesgo	0.241
	RA3		Recolección de Residuos Solidos	0.211

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

### a. Cobertura vegetal

En este parámetro se trabajó con la cobertura vegetal en la ciudad de Tumbes. Se desarrolla con una matriz de pares de 3x3, procediendo a establecer los pesos de los descriptores.

**Cuadro 72: descriptor del Parámetros cobertura vegetal.**

Parámetro	Clave	N° Descriptor	Descriptor (m)	P. Ponderado
Cobertura vegetal	CC1	3	rio	0.633
	CC2		agricultura	0.260
	CC3		Zona urbana	0.106

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 73: Valor de los descriptores del parámetro cobertura vegetal (resiliencia Ambiental).**

Cobertura vegetal	RESILIENCIA AMBIENTAL RA1
	0.550
Rio	0.633
Agricultura	0.260
Zona urbana	0.106

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

### b. Conocimiento del riesgo

En este parámetro se desarrolla por el conocimiento adquirido por la población sobre el conocimiento del riesgo, la información tiene base en los estudios hechos por las ONGs Plan internacional y Cooperazione Internazionale, con la formación de brigadas comunitarias y talleres y/o capacitaciones

desarrolladas en el territorio. Se desarrolla con una matriz de pares de 5x5, procediendo a establecer los pesos de los descriptores.

**Cuadro 74: descriptor del Parámetros Conocimiento del riesgo.**

Parámetro	Clave	N° Descriptor	Descriptor (m)	P. Ponderad o
Conocimient o del riesgo	CR1	5	No conoce a los peligros que está Expuesto	0.488
	CR2		conocen algunos peligros sin demasiado interés por ello	0.273
	CR3		conoce los peligros, pero no tiene ningún tipo de organización	0.128
	CR4		conoce los peligros y proponen medida de preparación	0.078
	CR5		Están Organizados Tiene medidas de Preparación ante los peligros	0.033

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 75: Valor de los descriptores del parámetro conocimiento del riesgo (resiliencia Ambiental).**

Conocimiento del riesgo	RESILIENCIA AMBIENTAL RA2
	<b>0.24</b>
CR1	0.488
CR2	0.273
CR3	0.128
CR4	0.078
CR5	0.033

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

### c. Recolección de residuos solidos

En este parámetro se trabajó con la recolección de residuos sólidos, según la visión en campo de acuerdo a la cantidad de basura en las calles. Se desarrolla con una matriz de pares de 3x3, procediendo a establecer los pesos de los descriptores.

**Cuadro 76: descriptor del Parámetros de recolección residuos sólidos.**

Parámetro	Clave	N° Descriptor	Descriptor (m)	P. Ponderado
Conocimiento del riesgo	CR1	3	existe la acumulación de basura en gran parte del territorio	0.633
	CR2		Existe la acumulación de basura en drenes y canales	0.260
	CR3		Poca presencia de Basura	0.106

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

**Cuadro 77: Valor de los descriptores del parámetro conocimiento del riesgo (resiliencia Ambiental).**

Conocimiento del riesgo	RESILIENCIA AMBIENTAL RA3
	<b>0.24</b>
CR1	0.488
CR2	0.273
CR3	0.128

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

#### 4.3.5. Matriz de vulnerabilidad

##### 4.3.5.1. Vulnerabilidad de la dimensión económica

Para el cálculo de fragilidad económica se consideran la información de la Cuadro 40 para determinar el valor, establecido por los pesos de los parámetros 43,46,49.

**Cuadro 78: Valor de la fragilidad económica total.**

<b>Fragilidad económica FE1</b>	<b>Fragilidad económica FE2</b>	<b>Fragilidad económica FE3</b>	<b>Fragilidad Económica FST</b>
0.54	0.30	0.16	<b>0.65</b>
0.46	0.45	0.49	0.46
0.28	0.28	0.27	0.28
0.14	0.15	0.15	0.14
0.08	0.08	0.06	0.08
0.04	0.04	0.03	0.04

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

Para el cálculo de resiliencia económica se consideran la información del cuadro 50 para determinar el valor, establecido por los pesos de los parámetros del cuadro 53.

**Cuadro 79: Valor de la Resiliencia Económica total.**

<b>Resiliencia económica RE1</b>	<b>Resiliencia Económica FST</b>
1.00	<b>0.65</b>
0.46	0.46
0.28	0.28
0.14	0.14
0.08	0.08
0.04	0.04

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.



Para el cálculo de la Vulnerabilidad económica se considera los valores del cuadro 77 y 78 para determinar el valor; estableciendo pesos para la Fragilidad y Resiliencia económica. Tal como se observa en el siguiente cuadro 79.

**Cuadro 80: Valor de la Vulnerabilidad económica.**

<b>Fragilidad económica FST</b>	<b>Resiliencia económica RET</b>	<b>Vulnerabilidad económica</b>
0.65	0.35	<b>0.65</b>
0.30	0.17	0.47
0.18	0.10	0.28
0.09	0.05	0.14
0.05	0.03	0.08
0.02	0.01	0.04

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

#### 4.3.5.2. Vulnerabilidad de la dimensión social

Para el cálculo de fragilidad social se consideran la información del cuadro 39 para determinar el valor, establecido por los pesos de los parámetros de los cuadros 57, 59, 61.

**Cuadro 81: Valor de la fragilidad Social total.**

<b>Fragilidad Social FS1</b>	<b>Fragilidad Social FS2</b>	<b>Fragilidad Social FS3</b>	<b>Fragilidad Social FST</b>
0.65	0.23	0.12	<b>0.60</b>
0.47	0.50	0.45	0.47
0.26	0.23	0.30	0.26
0.15	0.15	0.14	0.15
0.08	0.08	0.07	0.08
0.04	0.04	0.04	0.04

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

Para el cálculo de resiliencia social se consideran la información del cuadro 62 para determinar el valor, establecido por los pesos de los parámetros de los cuadros 64, 66.

**Cuadro 82: Valor de la Resiliencia Social total.**

<b>Resiliencia Social RS1</b>	<b>Resiliencia Social RS2</b>	<b>Resiliencia Social RST</b>
0.60	0.40	<b>0.40</b>
0.49	0.50	0.49
0.27	0.23	0.26
0.13	0.15	0.14
0.08	0.08	0.08
0.03	0.04	0.03

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

Para el cálculo de la Vulnerabilidad Social se considera los valores del cuadro 80 y 81 para determinar el valor; estableciendo pesos para la Fragilidad y Resiliencia social. Tal como se observa en la siguiente Cuadro.

**Cuadro 83. Valor de la Vulnerabilidad social**

<b>Fragilidad social FST</b>	<b>Resiliencia social RST</b>	<b>Vulnerabilidad Social</b>
0.40	0.60	<b>0.23</b>
0.47	0.49	0.49
0.26	0.26	0.26
0.15	0.14	0.14
0.08	0.08	0.08
0.04	0.03	0.04

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

**4.3.5.3. Vulnerabilidad de la dimensión ambiental**

Para el cálculo de fragilidad ambiental se consideran la información del cuadro 67 para determinar el valor, establecido por los pesos de los parámetros del cuadro 69.

**Cuadro 84: Valor de la fragilidad ambiental total.**

<b>Fragilidad ambiental FA1</b>	<b>Fragilidad ambiental FAT</b>
1.00	<b>0.60</b>
0.49	0.49
0.27	0.27
0.13	0.13
0.08	0.08
0.03	0.03

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

Para el cálculo de resiliencia ambiental se consideran la información del cuadro 70 para determinar el valor, establecido por los pesos de los parámetros en los cuadros 72, 74, 76.

**Cuadro 85: Valor de la resiliencia ambiental total.**

<b>Resiliencia ambiental RA1</b>	<b>Resiliencia ambiental RA2</b>	<b>Resiliencia ambiental RA3</b>	<b>Resiliencia ambiental RAT</b>
0.55	0.24	0.21	<b>0.40</b>
0.63	0.49	0.63	0.60
0.26	0.27	0.26	0.26
0.11	0.13	0.11	0.11
	0.08		0.02
	0.03		0.01

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

Para el cálculo de la Vulnerabilidad Social se considera los valores el cuadro 74 y 75 para determinar el valor; estableciendo pesos para la Fragilidad y Resiliencia social. Tal como se observa en el siguiente cuadro.

**Cuadro 86: Valor de la Vulnerabilidad social.**

<b>Fragilidad ambiental FAT</b>	<b>Resiliencia ambiental FAT</b>	<b>Vulnerabilidad ambiental</b>
0.60	0.40	<b>0.12</b>
0.29	0.24	0.53
0.16	0.11	0.27

0.08	0.04	0.12
0.05	0.01	0.05
0.02	0.00	0.02

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

Para determinar el Valor de Vulnerabilidad se toman en cuenta los valores de las dimensiones social, económico y ambiental de acuerdo a los cuadros 73, 76, 79.

### Cuadro 87: Valor de la vulnerabilidad.

Vulnerabilidad económica	Vulnerabilidad Social	Vulnerabilidad ambiental	Valor de la Vulnerabilidad
0.65	0.23	0.12	
0.47	0.49	0.53	0.48
0.28	0.26	0.27	0.27
0.14	0.14	0.12	0.14
0.08	0.08	0.05	0.07
0.04	0.04	0.02	0.04

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

### Ilustración 8. Niveles de vulnerabilidad.

Niveles de vulnerabilidad	Rangos		
Muy alto	0.27	$\leq V \leq$	0.48
Alto	0.14	$\leq V \leq$	0.27
Medio	0.07	$\leq V \leq$	0.14
bajo	0.04	$\leq V \leq$	0.07

Fuente: Elaboración propia, año 2020.

### 4.3.6. Estratificación de la vulnerabilidad

Ilustración 9. Estratificación de vulnerabilidad.

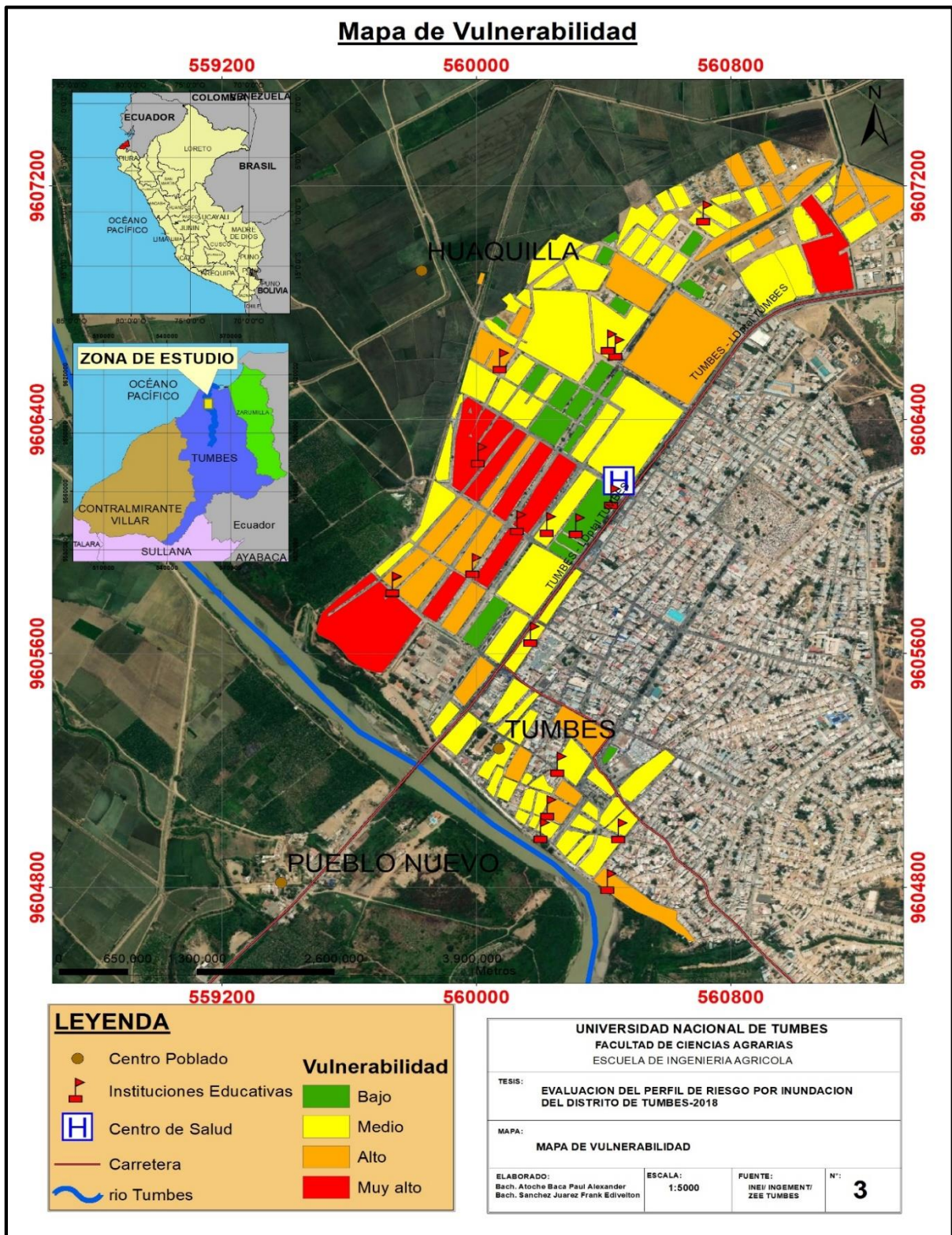
Niveles	Rango	Descripción
Vulnerabilidad muy alta	$0.27 \leq P \leq 0.48$	Su abastecimiento de agua es por camión y/o cisterna, o no se identifica; en el material del piso predomina la tierra o madera; en las paredes predomina materiales de triplay, calamina, estera, quincha (caña con barro); aquí se identifica a las viviendas improvisadas; población conformado por grupo poblacional de 0 a 14 años y mayores a 65 años; estudiante de nivel inicial(A0) y Primario(B0); en referencia al hospital están a más de 1400 m; concentración de población por manzanas entre 765-460 personas; número de viviendas por manzana mayor a 73; en referencia al eje del rio las cercanía de las viviendas es menor a 350 m; cobertura vegetal por la llanura del rio; la población desconoce los peligros o no presta demasiado interés en ello; existe la acumulación de basura en gran parte del territorio.
Vulnerabilidad alta	$0.14 \leq P \leq 0.27$	Se abastece de agua a través de pileta de uso público; del material del piso predomina laminas alfasticas; en las paredes predomina el adobe y en algunos casos la quincha; las viviendas que conforman una quinta se categorizan aquí; población conformado por grupo poblacional de 45 a 65 años; estudiante con educación básica especial Primaria (E2); en referencia al hospital están ubicados entre 1100- 1400 m; concentración de población por manzana entre 460-230 personas; número de viviendas por manzana entre 73- 42; en referencia al eje del rio las cercanía de las viviendas es entre 350-600 m; la cobertura vegetal se delimita por zonas dentro del rio; la población conoce los peligros pero no tiene ningún tipo de organización; existe la acumulación de basura en gran parte del territorio.

<p>Vulnerabilidad medio</p>	<p><math>0.07 \leq P \leq 0.14</math></p>	<p>Su abastecimiento está ubicado fuera de la vivienda solo uso personal; el material de piso predomina cemento; en las paredes predomina madera; aquí las viviendas son independientes; población conformado por grupo poblacional de 15 a 29 años; Estudiante del CEBA-avanzado (D2); concentración de población por manzana entre 230-123 personas; número de viviendas por manzana entre 42-25; en referencia al eje del río la cercanía de las viviendas es entre 600-800 m; la cobertura vegetal está delimitado por zona agrícola; la población conoce los peligros y proponen medidas de preparación; Existe la acumulación de basura en solo en drenes y canales.</p>
<p>Vulnerabilidad baja</p>	<p><math>0.04 \leq P \leq 0.07</math></p>	<p>La red de abastecimiento se encuentra adentro de la vivienda; el piso predomina losetas o mayólica; en las paredes predomina, ladrillo y/o cemento; los edificios o departamentos se identifican aquí; población conformado por grupo poblacional de 30 a 44 años; grupo estudiante de educación secundaria; concentración de población por manzana menor a 70 personas; número de viviendas por manzana menor a 25; en referencia al eje del río la cercanía de las viviendas es mayor a 800 m; cobertura del territorio por zona urbana; la población están organizados Tiene medidas de preparación ante los peligros; poca presencia de basura en el territorio.</p>

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

### 4.3.7. Mapa de vulnerabilidad

Mapa 3. Mapa de Vulnerabilidad.



Fuente: Elaboración Propia, año 2020

#### 4.4. Metodología para el cálculo del riesgo

Una vez calculado los niveles de peligro la evaluación el tiempo de retorno de 50 años, y el nivel de susceptibilidad ante el peligro de inundación fluvial del Rio Tumbes en el área de estudio , y realizado el respectivo análisis y resultados que inciden en la vulnerabilidad delimitada por la exposición, fragilidad y resiliencia presentando la identificación de los elementos expuestos, el nivel de daños que se puede presentar, se procede a la interacción de éstos para calcular el nivel de riesgo en nuestra zona de investigación.

El riesgo en palabras de los investigadores es la relación del peligro con los elementos expuestos identificados con la vulnerabilidad, esto con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas al cálculo del Riesgo. La ecuación del Riesgo es adaptada a la Ley N° 29664 Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, mediante la cual se expresa que el riesgo es una función  $f(x)$  del peligro y la vulnerabilidad.

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

$R_{ie}$  = Riesgo.

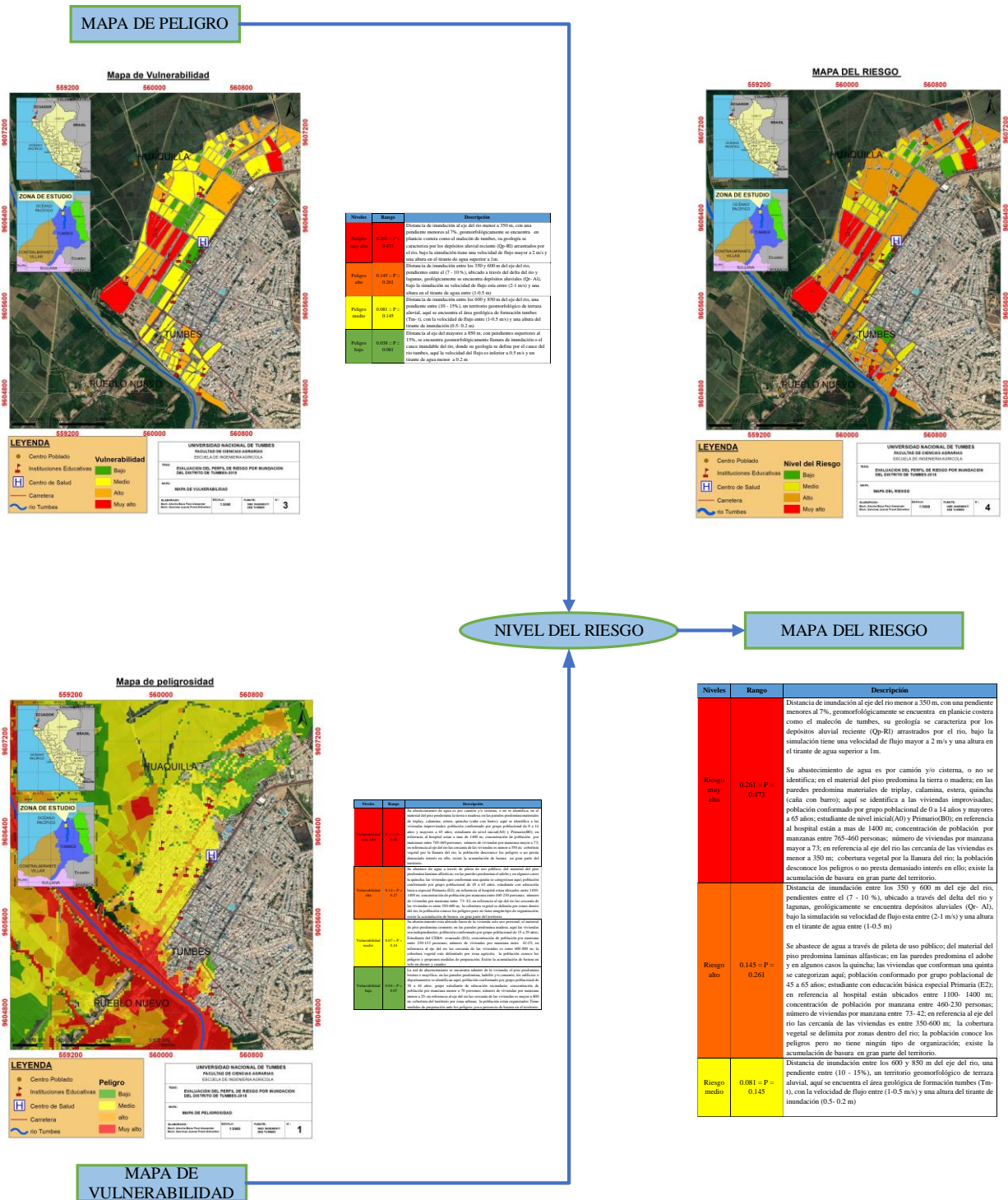
$f$  = En función

$P_i$  = Peligro con la intensidad mayor o igual a  $i$  durante un período de exposición  $t$

$V_e$  = Vulnerabilidad de un elemento expuesto.



Figura 26. Flujoograma para estimar los niveles de riesgo



Fuente: Elaboración propia, año 2020.

#### 4.5. Niveles de Riesgo

El perfil del riesgo por inundación del río en nuestra zona de investigación, se obtiene a través de los cuadros 29 y 86, el nivel del riesgo se establece en el cuadro 87.

**Cuadro 88. Nivel del riesgo por inundación.**

PELIGRO	VULNERABILIDAD	RIESGO
0.47	0.48	0.227
0.26	0.27	0.071
0.15	0.14	0.020
0.08	0.07	0.006
0.04	0.04	0.001

**Fuente:** Elaboración propia

**Ilustración 10. Niveles de riesgo.**

Niveles de Riesgo	Rangos		
Muy alto	0.071	$\leq R \leq$	0.227
Alto	0.020	$\leq R \leq$	0.071
Medio	0.006	$\leq R \leq$	0.020
bajo	0.001	$\leq R \leq$	0.006

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.

#### 4.6. Estratificación de los Niveles de Riesgo

Ilustración 11. *Estratificación del Riesgo*

Niveles	Rango	Descripción
Riesgo muy alto	$0.071 \leq P \leq 0.227$	<p>Distancia de inundación al eje del río menor a 350 m, con una pendiente menores al 7%, geomorfológicamente se encuentra en planicie costera como el malecón de Tumbes, su geología se caracteriza por los depósitos aluvial reciente (Qp-RI) arrastrados por el río, bajo la simulación tiene una velocidad de flujo mayor a 2 m/s y una altura en el tirante de agua superior a 1m.</p> <p>Su abastecimiento de agua es por camión y/o cisterna, o no se identifica; en el material del piso predomina la tierra o madera; en las paredes predomina materiales de triplay, calamina, estera, quincha (caña con barro); aquí se identifica a las viviendas improvisadas; población conformado por grupo poblacional de 0 a 14 años y mayores a 65 años; estudiante de nivel inicial(A0) y Primario(B0); en referencia al hospital están a más de 1400 m; concentración de población por manzanas entre 765-460 personas; número de viviendas por manzana mayor a 73; en referencia al eje del río las cercanía de las viviendas es menor a 350 m; cobertura vegetal por la llanura del río; la población desconoce los peligros o no presta demasiado interés en ello; existe la acumulación de basura en gran parte del territorio.</p>
Riesgo alto	$0.020 \leq P \leq 0.071$	<p>Distancia de inundación entre los 350 y 600 m del eje del río, pendientes entre el (7 - 10 %), ubicado a través del delta del río y lagunas, geológicamente se encuentra depósitos aluviales (Qr- Al), bajo la simulación su velocidad de flujo esta entre (2-1 m/s) y una altura en el tirante de agua entre (1-0.5 m)</p> <p>Se abastece de agua a través de pileta de uso público; del material del piso predomina laminas alfasticas; en las paredes predomina el adobe y en algunos casos la quincha; las viviendas que conforman una quinta se categorizan aquí; población conformado por grupo poblacional de 45 a 65 años; estudiante con educación básica especial Primaria (E2); en referencia al hospital están ubicados entre 1100- 1400 m; concentración de población por manzana entre 460-230 personas; número de viviendas por manzana entre 73- 42; en referencia al eje del río las cercanía de las viviendas es entre 350-600 m; la cobertura vegetal se delimita por zonas dentro del río; la población conoce</p>

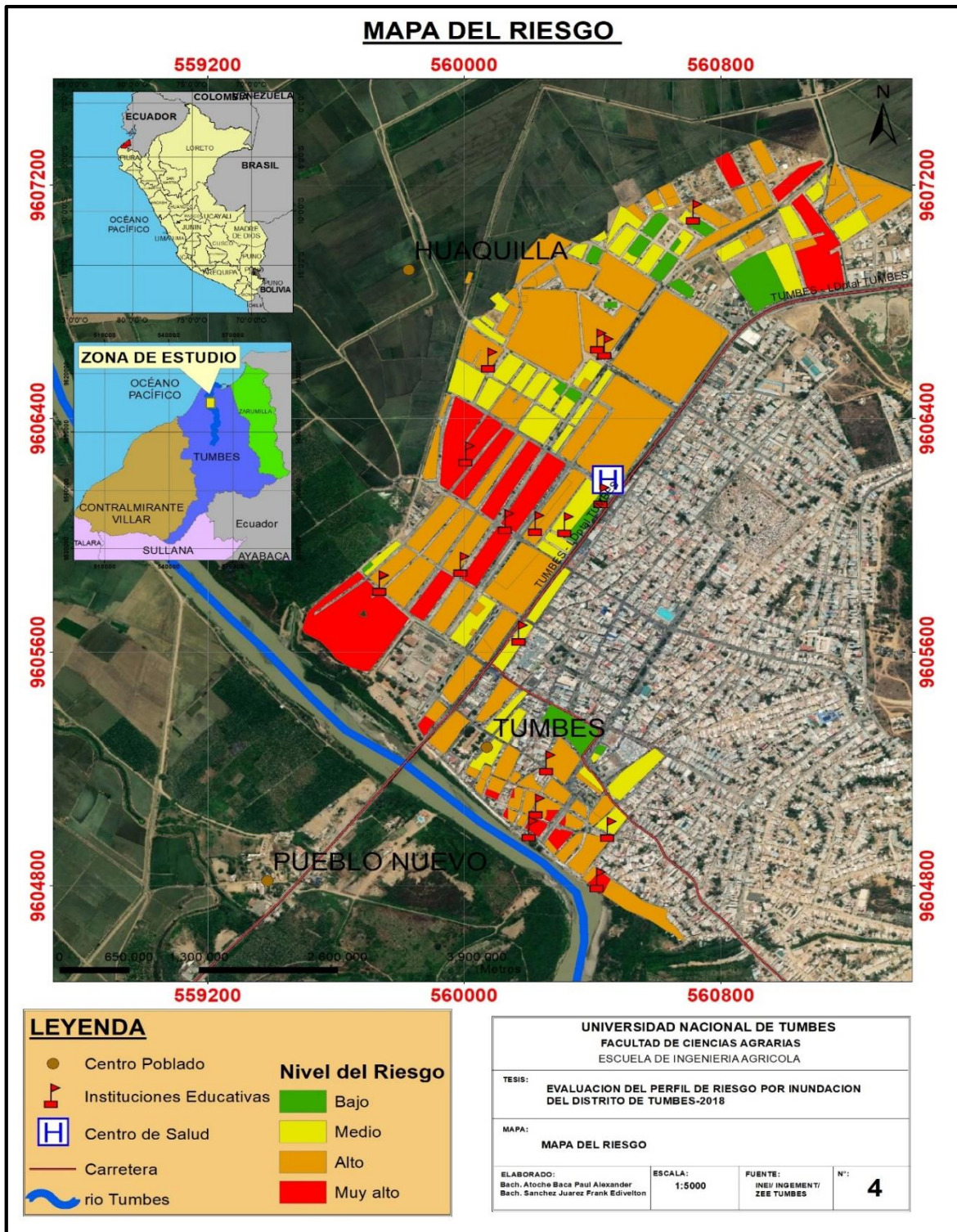
		los peligros pero no tiene ningún tipo de organización; existe la acumulación de basura en gran parte del territorio.
Riesgo medio	$0.006 \leq P \leq 0.020$	<p>Distancia de inundación entre los 600 y 850 m del eje del río, una pendiente entre (10 - 15%), un territorio geomorfológico de terraza aluvial, aquí se encuentra el área geológica de formación Tumbes (Tm- t), con la velocidad de flujo entre (1-0.5 m/s) y una altura del tirante de inundación (0.5- 0.2 m)</p> <p>Su abastecimiento está ubicado fuera de la vivienda solo uso personal; el material de piso predomina cemento; en las paredes predomina madera; aquí las viviendas son independientes; población conformado por grupo poblacional de 15 a 29 años; Estudiante del CEBA- avanzado (D2); concentración de población por manzana entre 230-123 personas; número de viviendas por manzana entre 42-25; en referencia al eje del río las cercanía de las viviendas es entre 600-800 m; la cobertura vegetal está delimitado por zona agrícola; la población conoce los peligros y proponen medidas de preparación; Existe la acumulación de basura en solo en drenes y canales.</p>
Riesgo bajo	$0.001 \leq P \leq 0.006$	<p>Distancia al eje del mayores a 850 m, con pendientes superiores al 15%, se encuentra geomorfológicamente llanura de inundación o el cauce inundable del río, donde su geología se define por el cauce del Río Tumbes, aquí la velocidad del flujo es inferior a 0.5 m/s y un tirante de agua menor a 0.2 m</p> <p>La red de abastecimiento se encuentra adentro de la vivienda; el piso predomina losetas o mayólica; en las paredes predomina, ladrillo y/o cemento; los edificios o departamentos se identifican aquí; población conformado por grupo poblacional de 30 a 44 años; grupo estudiante de educación secundaria; concentración de población por manzana menor a 70 personas; número de viviendas por manzana menor a 25; en referencia al eje del río las cercanía de las viviendas es mayor a 800 m; cobertura del territorio por zona urbana; la población están organizados Tiene medidas de preparación ante los peligros; poca presencia de basura en el territorio</p>

**Fuente:** Elaboración propia, año 2020.



## 4.7. Mapa de riesgo

Mapa 4. Mapa de Riesgo



Fuente: elaboración propia, año 2020.

#### 4.8. Matriz de Riesgo

Aquí determinamos los datos concretos expresado en una matriz sobre los niveles de riesgo en nuestra de investigación por la inundación desarrollada.

**Cuadro 89.** Matriz del Riesgo

PMA	0.47	0.033	0.066	0.128	0.227
PA	0.26	0.018	0.037	0.071	0.125
PM	0.15	0.010	0.020	0.039	0.070
PB	0.08	0.006	0.011	0.022	0.039
		0.07	0.14	0.27	0.48
		VB	VM	VA	VMA

**Fuente:** elaboración propia, año 2020.

#### 4.9. Perdidas probables

Aquí se desarrolla la identificación de las posibles pérdidas en la zona afectada a consecuencia de la inundación del Rio Tumbes, es importante reconocer la dificultad de poder estimar valores precisos, por cada uno de los elementos expuestos, la cuantificación de los daños ocasionados y perdidas probables se define a nivel de material de la vivienda, materiales de los centros educativos y materiales de los centros de salud.

Verificando los resultados obtenidos de viviendas, educación y en las tablas 89 y 90. Se estima una pérdida de S/.248,177,205.00 enmarcado de los resultados obtenidos en el trabajo de investigación.

#### 4.9.1. Viviendas

En nuestra zona de investigación, las viviendas que se identificaron expuestas a posibles daños y pérdidas son 4542, de los ya mencionados sectores del barrio San Jose, salamanca y anexos, junto al barrio Bellavista, colindante con el malecón de la ciudad.

Para el cálculo del valor estimado de las viviendas según el material de construcción de las mismas se define por una simple formula.

VALOR DE PERDIDA= AREA CONSTRUIDA x COSTO DE LA EDIFICACION

Aquí por conocimiento del territorio definimos que el área promedio de las viviendas en Tumbes son de 120 m<sup>2</sup>, y los costos de la edificación estimados son definidos por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del riesgo de Desastres (CENEPRED), el monto total de pérdidas a nivel de viviendas haciende a S/.198,233,010.00 , detallado en el cuadro 89.

**Cuadro 90. Efectos de estimación de pérdidas a nivel de viviendas por m<sup>2</sup>.**

Material de construcción de las viviendas	N° de viviendas	Área Construida	Costo de la edificación (m <sup>2</sup> )	Valor estimado de Perdida
Triplay / calamina / estera	37	90	S/ 200.00	S/ 666,000.00
Quincha (caña con barro)	951	90	S/ 278.00	S/ 23,794,020.00
Adobe	95	120	S/ 278.00	S/ 3,169,200.00
Madera	52	120	S/ 200.00	S/ 1,248,000.00
Ladrillo o bloque de cemento	2538	120	S/ 553.00	S/168,421,680.00
Tapia	15	90	S/ 97.00	S/ 130,950.00
Piedra Con Barro	45	120	S/ 97.00	S/ 523,800.00

Piedra o Sillar				
Con Cal o	24	120	S/ 97.00	S/ 279,360.00
Cemento				

Fuente: INEI, COFOPRI, elaboración propia, año 2020.

#### 4.9.2. Educación

En la zona de investigación expuesta se identificó 18 instituciones educativas entre privadas y enseñanza pública. Estas mismas son delimitadas por un área de terreno. Para el estimado se plantea que el 30% del área de terreno está construido y el material de construcción predominante es ladrillo o bloque de cemento, sin embargo, el costo por m<sup>2</sup> se considera S/.1,106.00 bajo criterio técnico empírico por los costos que involucra los acabados, material educativo, logística, equipos electrónicos.

La pérdida total estimada de las instituciones educativas asciende a S/. 30,367,995.00 donde la mayor pérdida se da en el Colegio secundario el triunfo.

**Cuadro 91. Efectos de estimación de pérdidas a nivel de instituciones educativas por m<sup>2</sup>**

Nombre de la institución	Total de Alumnos	Nivel	Área de terreno	Área construida	Costo de la edificación	Valor estimado de pérdida
El Triunfo	819	F0	44700	13410	1106	S/ 14,831,460.00
Inmaculada Concepción	1029	F0	18000	5400	1106	S/ 5,972,400.00
218 los Jardines	6	A2	1724	517.2	1106	S/ 572,023.20
003 san Francisco De Asís	11	E2	520	156	1106	S/ 172,536.00
Lupe Belén García Delgado	26	A2	630	189	1106	S/ 209,034.00
Ceba - Gral Ydelfonso Coloma Maldonado	52	D2	4700	1410	1106	S/ 1,559,460.00
003 san José	278	A2	208	62.4	1106	S/ 69,014.40
006 Mercedes Matilde Avalos De Herrera	404	F0	1700	510	1106	S/ 564,060.00
Belén	64	F0	1500	450	1106	S/ 497,700.00



San José	103	B0	525	157.5	1106	S/ 174,195.00
Ceba – 046	126	D2	4600	1380	1106	S/ 1,526,280.00
002 San Nicolas De Tolentino	21	E2	400	120	1106	S/ 132,720.00
Divino Niño	140	B0	1110	333	1106	S/ 368,298.00
013 Leonardo Rodríguez Arellano	1426	B0	4683	1404.9	1106	S/ 1,553,819.40
CrI. Juan Valer Sandoval	121	B0	400	120	1106	S/ 132,720.00
009 Jesús De La Divina Misericordia	410	A2	1700	510	1106	S/ 564,060.00
030 Baldomero Puell Franco	19	B0	3400	1020	1106	S/ 1,128,120.00
Angelitos De Jesús	68	A2	1025	307.5	1106	S/ 340,095.00

**Fuente:** INEI, COFOPRI, elaboración propia, año 2020.

#### 4.9.3. Salud

En el caso del sector se tiene 1 solo instalación que está expuesta, como el hospital principal de la región de Tumbes, “José Alfredo Mendoza Olavarría”- JAMO II-2, donde predomina el material de ladrillo, su área total de 59000 m<sup>2</sup> y un estimado de área construida del 30% del área de terreno, el costo de la edificación por m<sup>2</sup> se estima en S/. 1,106.00 por los costos de equipos electrónicos, logística, medicamento, material educativo, aislamiento de áreas. La pérdida total estimada asciende a S/. 19, 576, 200 quedando inhabilitado para su posterior uso.

## **CAPITULO V**

### **5. CONCLUSIONES**

1. La simulación bidimensional desarrolla con el software IBER 2D, para la identificación de las llanuras de inundación, permite estimar el nivel del riesgo en el sector de intervención, detallando el nivel de afectación en la Ciudad de Tumbes.
2. La determinación del caudal máximo permite una eficiente identificación de las zonas vulnerables. El caudal máximo determinado fue de aproximadamente de 3592 m<sup>3</sup>/s con un periodo de retorno de 50 años.
3. En la zona de estudio, se identificó a 14320 habitantes, 4300 viviendas, 15 instituciones educativas, y 1 centro de salud, con un potencial riesgo de sufrir los embates de la naturaleza causando daños a la vida y la salud.
4. Las pérdidas estimadas por el desborde del Rio Tumbes en la Ciudad de Tumbes, se proyectan con un total S/.248,177,205.00, siendo las viviendas las más afectadas, sobre todo el barrio San José con todos sus anexos.

5. Debido al desarrollo de las Ciudad de Tumbes su expansión urbana, en sectores del barrio San José se han invadido la faja marginal, obstruyendo el cauce natural del Tumbes, ocasionando que su latencia y/o vulnerabilidad sea muy alta.
  
6. El Nivel de Aceptabilidad y Tolerancia del riesgo identificado es de inaceptable y el nivel de priorización es II, de cual constituye el soporte para la priorización de actividades, donde se deben desarrollar acciones y proyectos de inversión vinculadas a la prevención y/o reducción del riesgo de desastres.

## **CAPITULO VI**

### **6. RECOMENDACIONES**

1. Enfocarse en la actualización de los instrumentos de planificación de los gobiernos competentes como: El Plan de Desarrollo Concertado de la Municipalidad Provincial de Tumbes, Plan Estratégico Institucional, entre otros incorporando la Gestión de Riesgo de Desastre – GRD, como un indicador medible en el tiempo.
2. Programa de Sensibilización de manera participativa involucrando a los diferentes actores locales, regionales y principalmente la población involucrada en la zona de expuesta por el desborde del Rio Tumbes, mediante talleres de sensibilización con el propósito de que la población manifieste e internalicen los diferentes aspectos conceptuales vertidos.
3. Por conocimiento técnico es importante que se pueda conocer y delimitar a través de las autoridades competentes la delimitación de la faja marginal, con el conocimiento de las autoridades comunitarias.
4. El presente trabajo de investigación se pueda tomar en cuenta como un instrumento de Gestión para la identificación del Riesgo de Desastres por el posible desborde del Rio Tumbes, en la ciudad de Tumbes y la implantación de medidas que buscan un control del riesgo en el distrito.

## CAPITULO VII

### 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alvarado Campana C., & Kelly Gomez p. (2017). *“el ordenamiento territorial, la gestión del riesgo de desastres y el fenómeno niño costero”*. Lima, Perú: <http://propuestaciudadana.org.pe/>

BID (2015). *“perfil de riesgo de las inundaciones en Perú”*. Perú: Banco Interamericano de desarrollo.

Castro R. (2014). *“Evaluación del riesgo de desastres por peligros naturales y antrópicos del área urbana del distrito de punta hermosa”*. Lima: Tesis de la Universidad Nacional de Ingeniería.

CENEPRED. (2014). *“manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales- 2da versión”*. Lima: Centro Nacional de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres

CENEPRED (2012). *“escenarios probables de riesgo ante la ocurrencia del fenómeno del niño”*. Lima: Centro Nacional de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres

Chamorro de Rodríguez, G. (2006). *“Situación hidrológica del río Tumbes durante la inundación en febrero del 2006 e impactos”*. Tumbes: Tesis de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- Elizalde C. (2016). *“Control de las inundaciones en el valle del Río Tumbes mediante la habilitación de un cauce de alivio – Simulación hidráulica”*. Tumbes: Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes
- Federico Aranga Z., & Wilmer Martínez H. (2014) “evaluación de riesgo por inundación fluvial en la zona urbana de la localidad de canayre, margen izquierda del rio Mantaro, Distrito de Canayre-Huanta-ayacucho”. Ayacucho: Municipalidad Distrital de Canayre.
- INEI, (2015). “Gestión de riesgo de desastre: importancia de la información estadística.” Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- PNUD. (2012). “preparación respuesta y recuperación temprana ante escenario multirriesgo y transversalización de la gestión de riesgos en la planificación de desarrollo. Tumbes: Municipalidad Distrital de Tumbes.
- Luis Eduardo Y., Francisco Chesquiere, & Omar Dario C. (2013). *“Modelación probalística para la gestión del riesgo de desastres. el Caso de Bogotá, Colombia.”* Colombia: Tesis de la Universidad Nacional de Colombia.
- Soto J. (2014). *Evaluación del riesgo de inundación en el distrito de Taraco utilizando sistemas de información geográfica*. Lima: Tesis de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ortiz C (2011). estimación de riesgo por inundación de la cuenca baja del rio melara. México.
- Rodríguez E. (2016). “diseño metodológico para la evaluación de riesgo por inundación a nivel local con información escasa”. Colombia: Tesis de la Universidad Nacional de Colombia.

## ANEXOS

### 7.1. Panel fotográfico del levantamiento topográfico en la zona de estudio

#### Medición de puntos de control



Inicio de vuelo para realizar la toma de fotografías





## Verificando funciones de equipos para realizar la batimetría



## Realizando batimetría



## 7.2. Procesamiento de información de topografía tramo del Rio Tumbes

### Datos del levantamiento

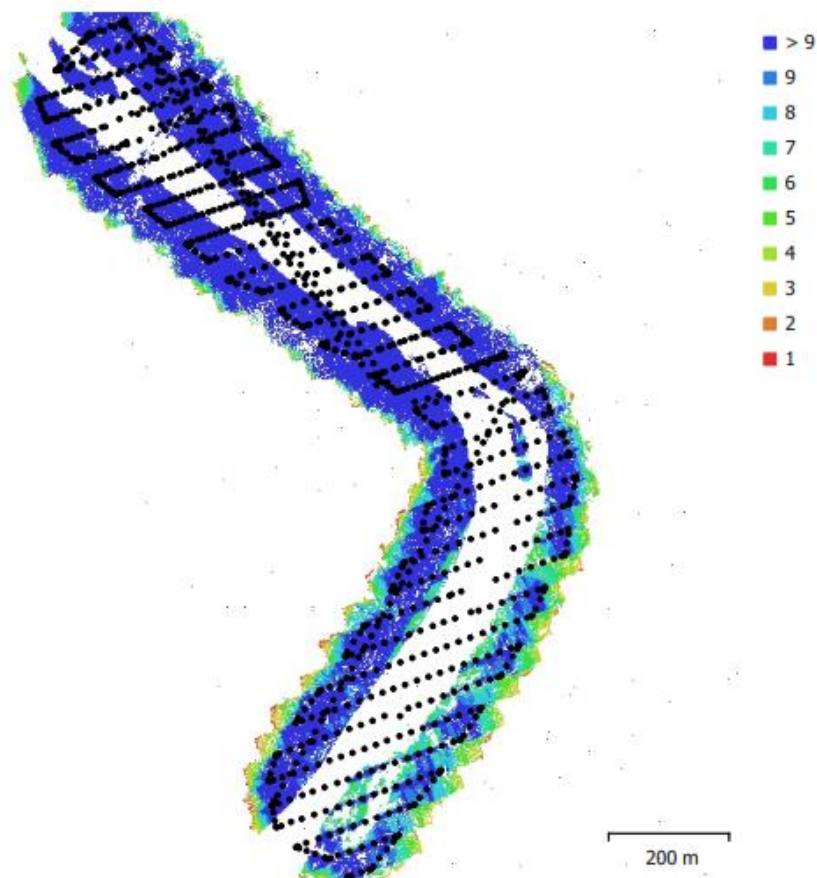


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 1,195  
 Altitud media de vuelo: 102 m  
 Resolución en terreno: 3.02 cm/pix  
 Superficie cubierta: 0.319 km<sup>2</sup>

Posiciones de cámara: 1,184  
 Puntos de enlace: 409,133  
 Proyecciones: 1,436,818  
 Error de reproyección: 4 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC300C (3.61mm)	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

# Calibración de cámara

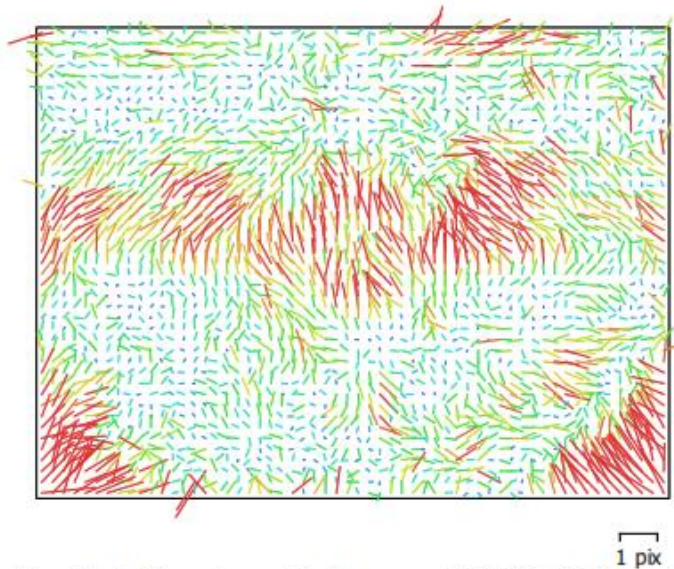


Fig. 2. Gráfico de residuales para FC300C (3.61mm).

## FC300C (3.61mm)

1195 imágenes

Tipo	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel
<b>Cuadro</b>	<b>4000 x 3000</b>	<b>3.61 mm</b>	<b>1.56 x 1.56 micras</b>
F:	3373.99		
Cx:	33.2112	B1:	-10.2952
Cy:	8.90844	B2:	0.837857
K1:	-0.00700525	P1:	-0.000361381
K2:	-0.0170642	P2:	-0.00343496
K3:	0.0669654	P3:	0
K4:	0	P4:	0



# Puntos de control terrestres



Fig. 3. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Posiciones estimadas de puntos de apoyo se indican con los puntos negros, puntos de control - con cruzamiento.

Número	Error X (cm)	Error Y (cm)	Error Z (cm)	Error XY (cm)	Total (cm)
20	5.18525	7.72033	3.86955	9.30002	10.0729

Tabla 2. ECM de puntos de apoyo.  
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

<b>Nombre</b>	<b>Error X (cm)</b>	<b>Error Y (cm)</b>	<b>Error Z (cm)</b>	<b>Total (cm)</b>	<b>Imagen (pix)</b>
1	0.938454	-0.571012	1.1154	1.56552	0.392 (5)
6	-1.8959	0.24311	0.365576	1.94607	0.279 (5)
11	1.87538	-0.945387	0.155274	2.10592	0.323 (5)
16	-0.777429	-0.343265	0.541787	1.00785	0.227 (5)
31	-1.8333	0.719682	-0.116041	1.97291	0.195 (5)
36	2.18096	0.565811	-1.40971	2.65782	0.314 (5)
41	4.10512	-1.105	-8.41456	9.42751	0.075 (5)
46	1.51929	16.8372	-11.1494	20.2512	0.122 (4)
51	-18.3229	-28.4913	9.03383	35.0585	3.775 (6)
56	12.5042	9.27756	-4.16051	16.1164	0.333 (5)
61	-2.16009	0.800984	-1.08158	2.54507	0.155 (6)
76	-0.197254	-0.613075	-0.193845	0.672567	0.146 (7)
81	-0.046447	-0.183415	0.498807	0.533486	0.125 (5)
86	0.0828181	-0.216005	0.349008	0.418717	0.248 (5)
91	0.121183	-0.214064	0.0545953	0.251971	0.243 (7)
96	0.684294	0.329734	0.165098	0.777329	0.211 (5)
101	-0.300469	0.0354929	0.124805	0.327289	0.186 (7)
107	-2.09732	-2.4552	-0.177017	3.2339	0.330 (7)
111	-0.273166	0.0326172	0.286465	0.397172	0.233 (5)
116	0.127711	0.10301	0.0318658	0.167143	0.134 (6)
<b>Total</b>	<b>5.18525</b>	<b>7.72033</b>	<b>3.86955</b>	<b>10.0729</b>	<b>0.912</b>

Tabla 3. Puntos de apoyo.  
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

# Modelo digital de elevaciones

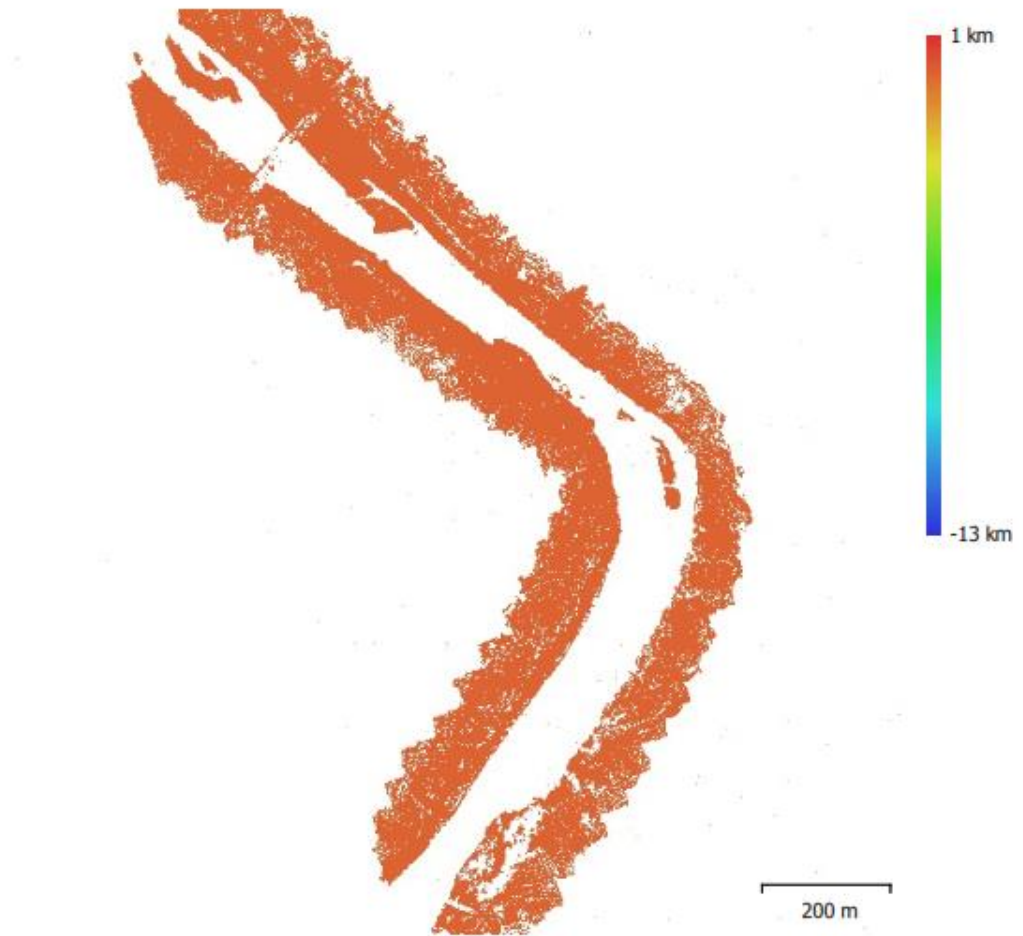


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: desconocido  
Densidad de puntos: desconocido

# Parámetros de procesamiento

## Generales

Cámaras	1195
Cámaras orientadas	1184
Marcadores	20
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 17S (EPSG::32717)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo

## Nube de puntos

Puntos	409,133 de 486,491
RMS error de reproyección	0.581709 (4.00265 pix)
Error de reproyección máximo	136.153 (487.269 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	7.99618 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos claves	No
Multiplicidad media de puntos de paso	4.12968

## Parámetros de orientación

Precisión	Media
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Sí
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de enlace por foto	2,000
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	Sí
Tiempo búsqueda de puntos homólogos	5 minutos 42 segundos
Tiempo de orientación	17 minutos 50 segundos

## Parámetros de optimización

Parámetros	f, b1, b2, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	Sí
Tiempo de optimización	1 minuto 14 segundos

## Software

Versión	1.5.0 build 7492
Plataforma	Windows 64