



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES, PARA LA PREVENCIÓN DE
DESBORDES POR EL FENÓMENO DEL NIÑO, EN LA MARGEN IZQUIERDA
DEL RÍO CHILLÓN, SAN MARTÍN DE PORRES, LIMA – 2017**

Línea de investigación:

**Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y
geotecnia**

Tesis para optar el grado de Maestro en Gerencia de la Construcción Moderna

Autor

Salgado Ramírez, Arturo Pedro

Asesor

Arévalo Vidal, Samir Augusto

ORCID: 0000-0002-6559-0334

Jurado

Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique

García Urrutia Olavarría, Roque Jesús Leonardo

Barrantes Mann, Luis Alfonso Juan

Lima - Perú

2026

GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES, PARA LA PREVENCIÓN DE DESBORDOS POR EL FENÓMENO DEL NIÑO, EN LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO CHILLÓN, SAN MARTÍN DE PORRES, LIMA – 2017

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

ÍNDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

5%

2

sigrid.cenepred.gob.pe

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.igp.gob.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

www.slideshare.net

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%

8

www.municallao.gob.pe

Fuente de Internet

1%

9

Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal

Trabajo del estudiante

<1%

10

www.scribd.com

Fuente de Internet

<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES, PARA LA PREVENCIÓN DE DESBORDES
POR EL FENÓMENO DEL NIÑO, EN LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO CHILLÓN,
SAN MARTÍN DE PORRES, LIMA – 2017

Línea de investigación:

Desarrollo Urbano-Rural, Catastro, Prevención de Riesgos, Hidráulica y Geotecnia

Tesis para optar el grado de Maestro en Gerencia de la Construcción Moderna

Autor

Salgado Ramírez, Arturo Pedro

Asesor

Arévalo Vidal, Samir Augusto

ORCID: 0000-0002-6559-0334

Jurado

Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique

García Urrutia Olavarría, Roque Jesús Leonardo

Barrantes Mann, Luis Alfonso Juan

Lima – Perú

2026

ÍNDICE

Resumen	7
Abstract	8
I. INTRODUCCIÓN	9
1.1 Planteamiento del problema	9
1.2 Descripción del problema	10
1.3 Formulación del problema	15
<i>1.3.1 Problema general</i>	<i>15</i>
<i>1.3.2 Problemas específicos</i>	<i>16</i>
1.4 Antecedentes	16
<i>1.4.1 Antecedentes internacionales</i>	<i>16</i>
<i>1.4.2 Antecedentes nacionales</i>	<i>18</i>
1.5 Justificación de la investigación	20
<i>1.5.1 Justificación científica</i>	<i>20</i>
<i>1.5.2 Justificación teórica</i>	<i>20</i>
<i>1.5.3 Justificación práctica</i>	<i>21</i>
<i>1.5.4 Justificación social</i>	<i>21</i>
1.6 Limitaciones de la investigación	22
1.7 Objetivos de la investigación	22
<i>1.7.1. Objetivo general</i>	<i>22</i>
<i>1.7.2. Objetivos específicos</i>	<i>22</i>
1.8 Hipótesis	24
<i>1.8.1. Hipótesis general</i>	<i>24</i>
<i>1.8.2. Hipótesis específica</i>	<i>24</i>
II. MARCO TEÓRICO	25
2.1 Marco conceptual	25
III. MÉTODO	37
3.1 Tipo de investigación	37
3.2 Población y muestra	37
3.3 Operacionalización de variables	39
3.4 Instrumentos	40
3.5 Procedimientos	41

3.6	Análisis de datos	50
IV.	RESULTADOS	58
4.1	Cálculo de caudal de diseño	61
4.2	Para el diseño del enrocado	64
4.3	Resultados de estabilidad	69
4.4	Resultado final	73
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	76
VI.	CONCLUSIONES	78
VII.	RECOMENDACIONES	80
VIII.	REFERENCIAS	81
IX.	ANEXOS	85
	Anexo 1. Cálculo de caudal de diseño	86
	Anexo 2. Diseño del enrocado	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Objetivos específicos – indicadores de logro.....	23
Tabla 2.	Servicios esenciales expuestos frente al peligro inundación en el área de influencia del río Chillón valle Chuquitanta	37
Tabla 3.	Longitud del río Chillón.....	43
Tabla 4.	Parámetros morfométricos de la cuenca del río Chillón	44
Tabla 5.	Estaciones río Chillón. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI),	46
Tabla 6.	Registro de caudales máximos medios (m ³ /s), medidos en la estación puente Magdalena SENAMHI 2016	46
Tabla 7.	Registro de caudales máximos medios (m ³ /s), medidos en la estación puente Obrajillo SENAMHI, 2016.....	49
Tabla 8.	Registro de caudales estación Magdalena. SENAMHI, 2016	59
Tabla 9.	Comparativa de métodos estadísticos	62
Tabla 10.	Comparación de métodos estadísticos para cauda de diseño	63
Tabla 11.	Caudales de diseño para 50 años y 100 años	64
Tabla 12.	Resumen de métodos para cálculo del ancho estable	65
Tabla 13.	Datos del diseño	73
Tabla 14.	Cálculo del momento producido por el empuje activo a una altura aproximada mente de 1.20 metros	74
Tabla 15.	Resumen de verificaciones de estabilidad	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	El Fenómeno del Niño presente en diversos continentes a nivel mundial	10
Figura 2.	Anomalías de temperatura y precipitación por teleconexiones entre diciembre y febrero	10
Figura 3.	Vivienda después del desborde del río Chillón Urb. San Diego en el 2001	12
Figura 4.	Viviendas antes del desborde del río Chillón Urb. San Diego.....	13
Figura 5.	Foto del ex–alcalde del distrito de San Martín de Porres, Freddy Ternero	14
Figura 6.	Construcción del sistema de gaviones en el río Chillón	15
Figura 7.	Defensa ribereña dique en bajo Piura	26
Figura 8.	Obras de contención en ribera del río Chillón	28
Figura 9.	Espigón de rocas en la región San Martín, Perú	30
Figura 10.	Fenómeno del Niño, 2017	33
Figura 11.	Pueblo de Aguas Calientes, Cusco, 2010	34
Figura 12.	Tormenta eléctrica en Perú, 2015	35
Figura 13.	Trabajadores en Piura frente al desastre del Niño	36
Figura 14.	Inundación de San Diego por desborde del río Chillón, 2001	39
Figura 15.	Ubicación de las estaciones hidrométricas, 2013	45
Figura 16.	Variación de caudales máximos anuales, 2013	50
Figura 17.	Puente de la panamericana norte, río Chillón,2013	51
Figura 18.	Desarrollo del perfil de riesgo por inundación del río Chillón,2013	53
Figura 19.	Vista panorámica de las aguas abajo del puente panamericana norte, 2013	54
Figura 20.	Tramo II Urb. San Diego, río Chillón,2013	55
Figura 21.	Desarrollo del perfil de riesgo por inundación del río Chillón tramo Urb. San Diego, 2013	56
Figura 22.	Vista panorámica de la Urb. San Diego, 2013	56
Figura 23.	Registro histórico de caudales máximos – estación puente Magdalena	58
Figura 24.	Comparación de caudales de diseño por métodos estadísticos	62
Figura 25.	Comparación de caudales de diseño según métodos	63
Figura 26.	Comparación del ancho estable del cauce según métodos	66
Figura 27.	Esquema del diseño del enroscado	66
Figura 28.	Esquema del muro de gaviones (diseño escalonado)	68

Figura 29. Esquema del muro de gaviones escalonado de 3.6 m de altura	70
Figura 30. Cálculo y diseño de gaviones	71
Figura 31. Cálculo de la altura de empuje activo (teoría de Coulomb)	72
Figura 32. Software River para cálculo de caudal de diseño para tiempo de retorno de 50 años	86
Figura 33. Cálculo de caudal de diseño con Log Normal para $Tr= 50$ años, 2022	86
Figura 34. Cálculo de caudal de diseño Gumbel para $Tr= 50$ años. 2022	87
Figura 35. Cálculo de caudal de diseño Pearson III para $Tr= 50$ años, 2022	87
Figura 36. Cálculo del caudal final de diseño según métodos estadísticos para $Tr= 50$ años, 2022	88
Figura 37. Cálculo del caudal final de diseño según métodos estadísticos para $Tr = 100$ años, 2022	88
Figura 38. Cálculo del caudal de diseño según Log Normal para $Tr= 100$ años, 2022	89
Figura 39. Cálculo del caudal de diseño según Gumbel para $Tr= 100$ años	89
Figura 40. Cálculo del caudal de diseño según Pearson III para $Tr= 100$ años 2022	90
Figura 41. Diseño del enrocado ancho estable método de Petits a través del software River, 2022	91
Figura 42. Diseño del enrocado ancho estable método de Simons y Henderson a través del software River, 2022	91
Figura 43. Diseño del enrocado ancho estable método de Blench y Altunin a través del software River, 2022	92
Figura 44. Diseño del enrocado ancho estable método de Manning y Strickler a través del software River, 2022	92
Figura 45. Cálculos hidráulicos del enrocado a través del software River, 2022	93
Figura 46. Dimensionamiento del enrocado a través del software River, 2022	93
Figura 47. Diseño del enrocado (defensa ribereña) tramo recto a través del software River, 2022	94
Figura 48. Diseño del enrocado (defensa ribereña) tramo en curva a través del software River, 2022	94

Resumen

Objetivo: Proponer la implementación de una gestión de riesgos de desastres para prevenir los desbordes generados por el Fenómeno del Niño en la margen izquierda del río Chillón, en el distrito de San Martín de Porres, Lima. **Método:** La investigación fue de tipo descriptivo y diseño retrospectivo. Se emplearon datos hidrometeorológicos de las estaciones Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y se realizó trabajo de campo en un tramo crítico de 2.5 km. Se calcularon los caudales de diseño para periodos de retorno de 50 y 100 años mediante los métodos Log Normal, Gumbel y Pearson Tipo III, obteniéndose un caudal final de 157.725 m³/s. Se diseñaron defensas ribereñas (enrocado y gaviones) con el software River, considerando estudios hidráulicos y geotécnicos. **Resultados:** Los diseños propuestos cumplen con los factores de seguridad frente al empuje activo, deslizamiento y vuelco. Se evidenció deficiente planificación urbana y limitada articulación institucional para la gestión del riesgo. **Conclusiones:** La implementación de medidas estructurales adecuadas, acompañadas de planificación territorial preventiva y participación comunitaria, reduce significativamente la vulnerabilidad ante inundaciones y fortalece la resiliencia urbana en zonas de alto riesgo.

Palabras clave: Gestión de riesgos de desastres, defensas ribereñas, caudal de diseño.

Abstract

Objective: To propose the implementation of disaster risk management to prevent overflows caused by the El Niño Phenomenon on the left bank of the Chillón river, in the district of San Martín de Porres, Lima. **Method:** The research was descriptive with a retrospective design. Hydrometeorological data from SENAMHI stations were used, and fieldwork was carried out along a critical 2.5 km section. Design flows for 50- and 100-year return periods were calculated using the Log Normal, Gumbel, and Pearson Type III statistical methods, resulting in a final design flow of 157.725 m³/s. Riverbank protection structures (riprap and gabions) were designed using the River software, considering hydraulic and geotechnical studies. **Results:** The proposed designs meet safety factors against active thrust, sliding, and overturning. Deficiencies in urban planning and limited institutional coordination for risk management were identified. **Conclusions:** The implementation of appropriate structural measures, together with preventive territorial planning and community participation, significantly reduces vulnerability to flooding and strengthens urban resilience in high-risk areas.

Keywords: Disaster risk management, riverbank protection, design flow.

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Planteamiento del problema

El fenómeno de El Niño es un cambio climático que está afectando a gran parte del planeta, por lo que se denomina macro fenómeno. Esto incluye la mayor parte del Pacífico, especialmente la región tropical y subtropical; pero esto, también, aplica al Océano Índico y al Atlántico. Incluye vastas regiones continentales de Asia, Oceanía, Europa y América en su influencia. Principalmente las Américas y en especial Perú y Ecuador. (Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI], 2002).

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2014), el Niño se basa en el calentamiento de la superficie del mar del Pacífico que afecta principalmente al sudeste de Asia, Australia y América del Sur. Este se caracteriza, en el caso de Perú, por una gran afluencia superficial de agua cálida desde el norte hacia el mar. Además del cambio climático extremo, esto provocará un aumento de los cambios climáticos anómalos, como el aumento de la temperatura de los océanos, que afectará a la pesca. Lluvia y sequía lleva el nombre del niño Jesús porque este fenómeno ocurre en el Océano Pacífico en la costa oeste de América del Sur alrededor de la época navideña.

De acuerdo a los informes del Departamento de Defensa, Perú tiene escasez de personal y equipo ante cualquier desastre. Asimismo, según el Ministerio de Salud, afirma que el presupuesto asignado para el proceso de transferencia a los gobiernos locales se asigna de manera reducida a las áreas funcionales coordinadoras del tema, el cual llega a un porcentaje del 40% - 50% de la predicción del Sistema de Monitoreo y Evaluación de la Descentralización en Salud (MED, 2008). De lo descrito anteriormente, es importante mitigar el impacto a través de una gestión de medidas preventivas a través de la gestión de riesgos de desastres. El fenómeno del niño incrementa la mortalidad, morbilidad de la población y perjudica severamente sus medios de vida, especialmente en Lima, y específicamente al distrito de San

Martín de Porres, el cual es altamente vulnerable ante desbordes e inundaciones.

Figura 1

El Fenómeno del Niño presente en diversos Continentes a nivel mundial



Nota: Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, 2021).

Figura 2

Anomalías de Temperatura y precipitación por teleconexiones entre diciembre y febrero



Nota: (NOAA, 2021).

I.2. Descripción del problema

En la historia del Perú, el impacto de este evento fue extremadamente catastrófico, pero las medidas tomadas antes de El Niño, entre 1987 y 1988, nos demostraron que la prevención

es la mejor arma con la que cuenta los países involucrados en el radio de influencia en desarrollo para afrontar los enormes costos de evitar la reconstrucción. Esta situación se revierte a través de una cuidadosa planificación, cuando se involucra al Estado y al sector de desarrollo, los gobiernos locales se asocian a una característica activa y dinámica de eficiencia, que permite promover una serie de actividades preventivas que involucran a las autoridades y la población en general (SENAMHI, 2014).

Glantz (1996) El fenómeno de El Niño de 1972 provocó grandes pérdidas y el colapso de la industria pesquera del Perú. Además, efectos similares se produjeron en el mundo: Rusia registró una fuerte caída en la producción de cereales, lo que la obligó a importar grandes cantidades de trigo y maíz de Estados Unidos, lo que significó una escasez mundial de estos productos. Las anomalías climáticas de principios de la década de 1970 no sólo estimularon la investigación oceanográfica, atmosférica y biológica, sino que también condujeron al desarrollo de un campo de investigación interdisciplinario que desde entonces se conoce como Evaluación del impacto climático. Tales estimaciones vinculan la variabilidad climática y las actividades humanas. Desde este punto de vista, el Perú muestra una gran vulnerabilidad a los cambios climáticos abruptos, como las lluvias extremas y las Altas temperaturas relacionadas con El Niño, que provocan inundaciones.

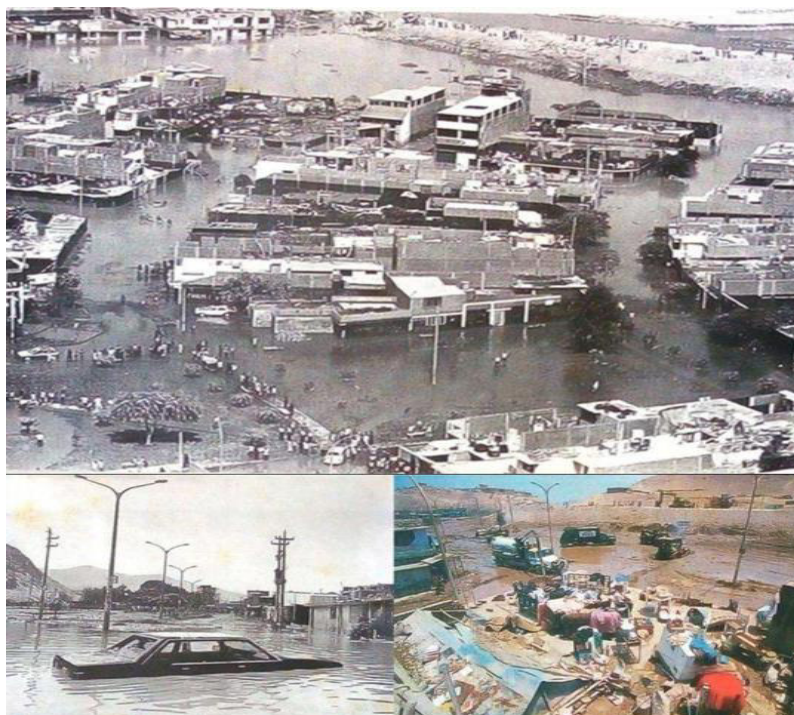
Según la Municipalidad de Santa Anita (MDSA, 2015), el Perú es un país de asentamiento permanente sujeto a los efectos físicos de una amplia gama de fenómenos naturales. Es común que los peruanos vivamos eventos devastadores en forma de terremotos, muchas veces acompañados de maremotos en la costa, actividad volcánica en la cordillera occidental de los Andes en la región sur, provocada por placas tectónicas a lo largo de la costa. Por otro lado, coexisten con: deslizamientos, aludes ocasionados por la dinámica hidrometeorológica, manifestadas en tormentas, precipitaciones intensas, inundaciones, heladas, granizo, transición de cambios climáticos abruptos con exceso de humedad a sequías

severas por falta de esta.

El Ministerio del Ambiente (MINAM) indicó que a las 12:25 horas del jueves 15 de marzo de 2001, el río Chillón se desbordó repentinamente en la confluencia de las Manzanas M y G de la colonia San Martín, urbanización San Diego, causando cuantiosos daños en viviendas. área. El caudal en ese momento era de 80 m³/s. El nivel del agua en algunas casas alcanzó los 3-5 metros, y la magnitud de la inundación obligó a las familias a refugiarse de inmediato en los techos y terrazas de sus casas. Las inundaciones dejaron 1.940 damnificados, 388 viviendas y centros educativos inundados de lodo y agua, provocando la pérdida de muebles, enseres y artefactos. De la misma forma, muros y columnas sufrieron fuertes ataques de piedras, palos y troncos. A raíz de este hecho, INDECI (2002) y organismos afines tomaron una acción conjunta. La figura 3 muestra casas en San Diego, distrito San Martín de Porres, después de la inundación del río Chillón, y la Figura 4 muestra casas en San Diego antes del desborde del río Chillón (MINAM, 2013).

Figura 3

Vivienda después del desborde del río Chillón Urb. San Diego en el 2001.



Nota: San Diego, después de la inundación del río Chillón. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (FGMMG, 2010).

Figura 4

Viviendas antes del desborde del Río Chillón Urb. San Diego



Nota: Casas en San Diego antes del desborde del río Chillón (FGMMG, 2010).

En 2010 y 2011, el municipio de San Martín de Porres terminó la construcción de cerca de 2.000 metros lineales de cercas de protección, defensas ribereñas: enrocados y gaviones en la margen izquierda del río Chillón, correspondiente al casco urbano de la zona. Esta construcción fue iniciada por el entonces alcalde Freddy Ternerero Corrales (ver Figura 5), quien indicó que la obra brindaba seguridad a las cerca de 20,000 personas que habitan en la urbanización San Diego, que se encuentra aproximadamente debajo del cauce del río. La figura 3 muestra casas después de la inundación del río Chillón en el área de San Diego, mientras que la figura 4 muestra casas antes de la inundación del río Chillón en el área de San Diego.

Figura 5

Foto del ex alcalde de San Martín de Porres (SMP) Freddy Ternero



Nota: El Municipio de San Martín de Porres realiza obras de contención en la ribera del río Chillón.

ANDINA, Agencia Peruana de Noticias, 2010.

El sistema de gaviones implementado en un tramo, parcialmente, en la margen izquierda del Chillón consiste en mallas de acero recubiertas de plástico (ABS) y rellenos de granito y/o de piedras de cantera que, además, cuenta con una especie de colchón anti-desgaste. Estas estructuras son de aproximadamente tres metros y medio de altura (ver Figura 6). El proyecto total incluye dos mil quinientos metros de vallado de protección.

Figura 6*Construcción del sistema de gaviones en el río Chillón**Nota:* Elaboración propia, 2010.

Por las razones expuestas anteriormente, es fundamental la prevención y la gestión de riesgos de desastres, especialmente en regiones donde impacta mayormente esta variabilidad climática que presentan los efectos del fenómeno El Niño, inundaciones, bajas temperaturas, y sismos especialmente. “La Gestión del riesgo de desastres es un proceso social”, cuyo propósito es reducir los riesgos y daños derivados de los desastres y cuya implementación requiere su transversalización e inclusión en las acciones del Estado en todos los niveles de gobierno, la misma que ha sido institucionalizada a través de la Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), Sistema que depende de la Presidencia del Consejo de Ministros del Estado Peruano (PCM), durante el año 2011.

1.3 Formulación del problema

1.3.1. Problema general

- ¿Cómo la Gestión de Riesgo de desastres interviene en el control del caudal sobre la margen izquierda del río Chillón en el contexto del Fenómeno del Niño, lo cual genera desborde e inundación en el Distrito de San Martín de Porres, Provincia de Lima año 2017?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cómo la implementación de gaviones y enrocados en zonas identificadas como vulnerables, sirven para controlar los desbordes sobre la margen izquierda del río Chillón?
- ¿Cómo la descolmatación del cauce del río Chillón sobre la margen izquierda sirve para encauzar y aumentar la sección hidráulica?
- ¿Cuáles son los efectos de la implementación de muros de concreto de mampostería, barreras y tranqueras que evitan el ingreso de vehículos furtivos de transporte de desmonte, el cual será arrojado sobre la margen izquierda del río Chillón?

1.4. Antecedentes

En esta sección se presentarán publicaciones y estudios del comportamiento del río Chillón ante la aparición del fenómeno del Niño, pertenecientes a estas últimas décadas.

1.4.1 Antecedentes internacionales

De acuerdo con el informe de la estrategia internacional para la reducción de los desastres (EIRD, 2011), entre 1990 y 2011 se evidenció un incremento significativo de los riesgos asociados a desastres naturales y sociales, tanto en frecuencia como en intensidad. Este aumento ha sido atribuido no solo al cambio climático, sino también al crecimiento desordenado de las ciudades y a la ocupación de zonas vulnerables. Asimismo, se indica que los procesos de desarrollo económico, si no son acompañados de una planificación adecuada, pueden modificar los panoramas de riesgo, generando nuevas amenazas o intensificando las ya existentes.

En el contexto peruano, este fenómeno se manifiesta principalmente en la expansión urbana informal en zonas expuestas a peligros naturales, como las planicies de inundación de los principales cauces fluviales. La presencia de asentamientos humanos en estas áreas responde a múltiples factores: el acelerado crecimiento demográfico, la migración interna

desde zonas rurales hacia la capital, la pobreza estructural, la desigualdad en el acceso a suelo urbano seguro, la limitada fiscalización municipal y la ausencia de políticas de ordenamiento territorial. Todo ello incrementa la exposición de la población frente a eventos hidrometeorológicos extremos, como las lluvias intensas o los desbordes fluviales.

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2003), la gestión del riesgo debe contemplar una perspectiva integral basada en estudios técnicos que permitan cuantificar, mapear y modelar los peligros, daños potenciales y niveles de vulnerabilidad. Esta evaluación técnica resulta esencial para formular planes de prevención, mitigación y respuesta. En este mismo sentido, la CEPAL advierte que los asentamientos informales ubicados en márgenes de ríos, al carecer de infraestructura básica adecuada, presentan una alta vulnerabilidad estructural y social frente a fenómenos como inundaciones, deslizamientos o erosión fluvial.

En una actualización posterior, la CEPAL (2020) señaló que las políticas públicas de protección social, cuando se articulan con estrategias de gestión del riesgo, pueden reducir significativamente el impacto de los desastres en los sectores más vulnerables de la población. Este enfoque quedó evidenciado durante la pandemia de la COVID-19, en la que los países que contaban con sistemas de protección social más sólidos pudieron implementar de forma más eficiente medidas de mitigación y adaptación, preservando la seguridad alimentaria, el acceso a servicios básicos y el bienestar general.

En relación con los eventos climáticos extremos, la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR, 2019) informó sobre la presencia del Fenómeno del Niño en Ecuador, indicando que sus efectos podrían prolongarse hasta el primer trimestre del año siguiente. Este fenómeno, de carácter global, se caracteriza por un calentamiento anómalo de las aguas del océano Pacífico ecuatorial, que altera los patrones climáticos habituales y genera lluvias torrenciales e inundaciones en algunas regiones, mientras produce sequías prolongadas en otras. Su

recurrencia e intensidad variable lo convierten en un factor crítico en la planificación de medidas de adaptación frente al cambio climático.

En este contexto, Cagua y Erazo (2021) desarrollaron un sistema de defensa ribereña basado en gaviones en la margen derecha del río Vinces, en Guayaquil, Ecuador. El proyecto consideró la topografía del terreno y los registros históricos de caudales, lo que permitió dimensionar y presupuestar adecuadamente la obra. Su implementación buscó mitigar el riesgo de erosión y proteger las viviendas ubicadas en zonas ribereñas, contribuyendo a reducir la vulnerabilidad del sector urbano expuesto.

En cuanto a soluciones estructurales, Jasen et al. (1979) sostienen que los diques y defensas ribereñas representan una medida fundamental de mitigación estructural frente a inundaciones y desbordes. No obstante, para asegurar su eficacia, es necesario considerar el efecto erosivo del flujo fluvial sobre las estructuras, especialmente durante crecidas súbitas o caudales extremos.

A fin de garantizar la estabilidad de estas estructuras, Pilarczyk (2004) profundizó en el diseño y aplicación de diversos tipos de revestimientos para taludes y diques, como bloques de concreto, rocas y asfaltos especiales. Estos materiales, según el autor, no solo actúan como barreras físicas, sino que también reducen la velocidad del agua y disipan su energía, prolongando así la vida útil de las obras hidráulicas.

1.4.2 Antecedentes nacionales

Hijar et al. (2016) afirma que el Perú presenta una alta susceptibilidad ante las variaciones climáticas, tales como lluvias intensas y elevadas temperaturas, especialmente cuando están asociadas al fenómeno de El Niño. Como evidencia de ello, destacan los impactos económicos generados por los eventos ocurridos en los años 1982, 1997 y 1998, cuyos efectos provocaron pérdidas estimadas en el 11,6 % y 6,2 % del Producto Interno Bruto (PIB) durante los años 1983 y 1998, respectivamente. Estos eventos climáticos extremos revelan la

vulnerabilidad estructural del país, así como la necesidad de adoptar políticas de prevención que permitan mitigar los impactos socioeconómicos de futuros desastres.

En ese contexto, la creación del SINAGERD, formalizado mediante la Ley N.º 29664, representó un punto de quiebre en la política nacional sobre riesgos de desastres. Este sistema se estableció como respuesta del estado peruano a la necesidad de reconocer la gestión del riesgo como una prioridad nacional. Previamente, ya se habían realizado esfuerzos como la incorporación del análisis de riesgos en los proyectos del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) y la formulación de la Política de Estado N°32. No obstante, durante décadas predominó un enfoque reactivo centrado en la respuesta y preparación ante desastres, asociado al sistema de Defensa Civil, sin una perspectiva preventiva o correctiva (SINAGERD, 2011). En el ámbito de soluciones estructurales, Achic (2004) desarrolló el diseño de una defensa ribereña tipo enrocado en la urbanización Sol de Huampaní, ubicada en la margen derecha del río Rímac. Este estudio se realizó en el curso medio de la cuenca, donde el río adquiere una mayor fuerza hidráulica debido a la pendiente pronunciada del terreno, generando un alto arrastre de materiales sólidos. El proyecto consideró esta dinámica fluvial para definir un sistema de protección adecuado que redujera los riesgos de socavación e inundación de las zonas urbanizadas colindantes.

Por su parte, Alcázar (2017) propuso el diseño de defensas ribereñas mediante espigones en el tramo crítico del río Callazas, entre el kilómetro 0+000.00 y el 2+500.00. Justificó su propuesta técnica considerando la variedad de estructuras disponibles para protección ribereña, pero optó por los espigones debido a su eficacia en la disipación de energía y reducción del impacto directo del caudal sobre las márgenes. Para el diseño hidráulico utilizó el software River, y propuso que las estructuras se construyeran sobre depósitos aluviales predominantes en el cauce del río.

Alvites et al. (2018) diseñaron una defensa ribereña en la margen izquierda del río

Rímac mediante un muro de enrocado, con el objetivo de mitigar las inundaciones estacionales producidas por avenidas. El estudio comprendió una investigación de suelos a través de calicatas, identificándose un material de tipo gravoso, con características que demandaban una solución estructural robusta. Se detectó además una pérdida de cauce en el borde del río debido a la colmatación. Como medida de intervención, se construyó un tramo de 500 metros lineales de defensa enrocada, orientado a preservar la integridad de la ribera y proteger las infraestructuras cercanas. La propuesta se fundamentó en un análisis histórico de la hidrología, topografía y geomorfología del área de intervención.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1 Justificación científica

Esta investigación responde a la necesidad de generar conocimiento técnico-científico orientado a la reducción del riesgo de desastres por inundaciones, mediante soluciones estructurales basadas en estudios hidrológicos, hidráulicos y geotécnicos. El enfoque empleado permite validar, a través de cálculos y modelamientos, la eficiencia de estructuras como gaviones y enrocados para el control de caudales extremos. Asimismo, aporta evidencia científica sobre la importancia de una adecuada conformación de la sección hidráulica para aumentar la capacidad de conducción del río Chillón. Los resultados obtenidos serán útiles como base para futuros estudios en otras cuencas urbanas expuestas a eventos similares.

1.5.2 Justificación teórica

El desarrollo de esta investigación se sustenta en los principios de la ingeniería hidráulica y fluvial, integrando conceptos de transporte de sedimentos, estabilidad de taludes y dinámica de cauces. Se apoya en el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2011), así como en parámetros y criterios técnicos validados por normativa nacional e internacional. La aplicación de modelos teóricos y empíricos permite establecer relaciones entre el caudal de diseño, la geometría del cauce, el

tipo de revestimiento y la respuesta del sistema frente a crecidas. De esta forma, la investigación aporta consistencia teórica al diseño de defensas ribereñas adaptadas al contexto local del río Chillón.

1.5.3 Justificación práctica

Desde una perspectiva práctica, esta investigación tiene como finalidad demostrar que la implementación de medidas preventivas —como la descolmatación del cauce, la estabilización de taludes y la construcción de defensas ribereñas con gaviones y enrocados contribuirá significativamente a evitar desbordes e inundaciones en la margen izquierda del río Chillón. Estas acciones se aplican específicamente a las zonas de San Diego, Santa Cruz, Lomas de Chillón, Paraíso I y Paraíso II, ubicadas en el distrito de San Martín de Porres. La ejecución de estas obras permitirá mejorar la sección hidráulica del cauce, incrementando su capacidad de conducción, y reducirá la socavación de márgenes mediante la estabilización estructural de los taludes.

1.5.4 Justificación social

A nivel social, la investigación es de alta relevancia debido a que busca garantizar la seguridad y protección de comunidades vulnerables asentadas en las márgenes del río Chillón. La ejecución de defensas ribereñas contribuirá a mitigar los efectos de las crecidas, previniendo pérdidas materiales, afectaciones a viviendas y daños en tierras agrícolas. Cabe destacar que, en marzo del año 2001, estas zonas fueron severamente afectadas por el incremento del caudal del río, que alcanzó los 80 m³/s y provocó el desborde en el punto crítico ubicado entre las manzanas M y G de la urbanización San Diego. En dicho evento, las defensas existentes, construidas con materiales aluviales, desmontes y bloques de roca sin un diseño técnico adecuado, colapsaron por erosión. Por tanto, esta propuesta representa una respuesta concreta a una necesidad sentida por la población, mejorando sus condiciones de vida y promoviendo un desarrollo urbano más seguro y sostenible.

1.6. Limitaciones de la investigación

El desarrollo de la presente investigación dependió en gran medida del compromiso y la disponibilidad del recurso humano involucrado, el cual resultó ser un factor clave para alcanzar los objetivos propuestos. Si bien se contó con el valioso apoyo institucional de la Municipalidad Distrital de San Martín de Porres, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y el Instituto Geográfico Nacional (IGN), algunas limitaciones estuvieron relacionadas con la coordinación interinstitucional y los tiempos administrativos para el acceso a información específica.

Por otro lado, aunque se dispuso del acervo documentario, equipos técnicos, herramientas de medición, equipos de topografía y levantamientos proporcionados por personal especializado, la investigación estuvo sujeta a la disponibilidad de estos recursos dentro de un plazo determinado. Asimismo, los factores económicos y logísticos constituyeron una restricción que, si bien fue gestionada adecuadamente, condicionó el alcance de algunas actividades de campo y simulación hidráulica.

Pese a estas limitaciones, se lograron cumplir los objetivos planteados, respaldando los resultados mediante información técnica confiable y metodologías validadas.

1.7. Objetivos de la investigación

1.7.1. *Objetivo general*

- Implementar la gestión de riesgos de desastres para evitar los desbordes causados por el fenómeno del Niño sobre la margen izquierda del río Chillón, en San Diego, Lomas de Chillón, Paraíso I y Paraíso II, del Distrito de San Martín de Porres, Provincia de Lima.

1.7.2. *Objetivos específicos*

- Implementar sistemas gaviones y enrocados en zonas identificadas como vulnerables para evitar los desbordes e inundaciones sobre la margen izquierda del río Chillón.

- Descolmatar el cauce del río Chillón sobre la margen izquierda para encauzar y aumentar la sección hidráulica.
- Construir muros de concreto ciclópeo y cercos, para evitar el arrojo de desmonte sobre la margen izquierda del río Chillón por parte de los vehículos furtivos.

Tabla 1

Objetivos específicos-indicadores de logro

Objetivos específicos	Indicadores de logro
Implementar sistemas gaviones, enrocados y muros de contención en zonas identificadas como vulnerables, que no han sido protegidas anteriormente, para evitar los desbordes e inundaciones sobre la margen izquierda del río Chillón	Planos de obra asesoramiento técnico. Control de calidad del sistema estructural y supervisión de obra
Descolmatar el cauce del río Chillón sobre la margen izquierda en las zonas correspondientes al distrito de San Martín de Porres, para encauzar y aumentar la sección hidráulica.	Asesoramiento técnico, equipo Línea amarilla para evacuación de material de desecho
Construir muros de concreto ciclópeo y cercos, para evitar el arrojo de desmonte sobre la margen izquierda del río Chillón por parte de los vehículos furtivos.	Planos de obra asesoramiento técnico. Control de calidad del sistema estructural y supervisión de obra

Nota. Elaboración propia, 2022.

1.8. Hipótesis

1.8.1. *Hipótesis general*

- La implementación de una gestión de riesgos de desastres, mediante la ejecución de medidas estructurales como defensas ribereñas, descolmatación y control del arrojo de desmontes, permitirá evitar los desbordes provocados por el fenómeno del Niño en la margen izquierda del río Chillón, en los sectores de San Diego, Lomas de Chillón, Paraíso I y Paraíso II, del distrito de San Martín de Porres.

1.8.2. *Hipótesis específicas*

- La implementación de gaviones y enrocados en zonas vulnerables reducirá significativamente el riesgo de desbordes e inundaciones en la margen izquierda del río Chillón.
- La descolmatación del cauce del río Chillón permitirá mejorar el encauzamiento y aumentar la capacidad de la sección hidráulica, reduciendo el riesgo de desbordes durante eventos de crecida.
- La construcción de muros de concreto ciclópeo y cercos en puntos críticos evitará el ingreso de desmontes por parte de vehículos furtivos, contribuyendo a mantener la capacidad hidráulica del cauce y la estabilidad de las defensas ribereñas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual

Las defensas ribereñas son estructuras de protección diseñadas para resguardar las zonas adyacentes a los cauces fluviales frente a procesos erosivos, lixiviación del suelo e inundaciones provocadas por el incremento del caudal, especialmente durante eventos de lluvias intensas o fenómenos climáticos extremos como El Niño. Estas obras se implementan en áreas estratégicas propensas a ser afectadas por la dinámica del río, modificando en algunos casos su flujo natural, por lo que su diseño debe estar sustentado en estudios técnicos rigurosos que garanticen su funcionalidad y estabilidad.

Existen dos tipos principales de defensas ribereñas, según su disposición respecto al cauce:

- **Defensas ribereñas continuas:** También denominadas marginales o longitudinales, se construyen de forma paralela al río, apoyadas sobre sus márgenes y en contacto constante con el flujo de agua. Su objetivo es estabilizar las riberas, evitar la socavación y contener posibles desbordes. Estas estructuras incluyen muros de contención, enrocados, terraplenes, pilotes, entre otros. En este tipo de obras, el diseño de los cimientos es crítico, ya que deben soportar la acción erosiva del agua, especialmente durante eventos de crecida.
- **Defensas ribereñas discontinuas:** Son estructuras dispuestas de forma transversal al cauce o a sus márgenes, entre las que destacan los espigones, cuya función principal es modificar la dirección del flujo, disipar su energía y proteger puntos específicos del margen. A diferencia de las defensas continuas, estas no forman una barrera permanente, sino que actúan de forma localizada para controlar la dinámica fluvial.

La planificación y ejecución de defensas ribereñas requiere una base técnica sólida sustentada en estudios especializados, entre los cuales destacan los siguientes:

Estudios hidrológicos

El estudio hidrológico es esencial para determinar el comportamiento del río bajo distintas condiciones de caudal. A través del análisis de series históricas de precipitaciones y niveles de agua, se define el caudal de diseño correspondiente a distintos periodos de retorno. Esta información permite dimensionar adecuadamente las obras de defensa para soportar eventos extremos, y anticipar posibles escenarios de riesgo.

Figura 7

Defensa ribereña dique en bajo Piura



Nota: Defensa ribereña dique en bajo Piura. ANDINA, Agencia Peruana de Noticias, 2020.

Gaviones

Los **gaviones** son estructuras modulares de forma prismática, generalmente rectangulares, compuestas por una malla de alambre galvanizado de alta resistencia que forma una especie de caja o cesta, la cual es rellena con piedras o rocas de canto rodado. Su principal función como defensa ribereña es estabilizar las márgenes del río, prevenir la erosión, reducir el transporte de sedimentos y evitar el colapso de taludes o bordes vulnerables.

Una de las principales ventajas de los gaviones es su adaptabilidad a distintos tipos de terreno y condiciones hidráulicas. Su estructura flexible les permite deformarse sin perder estabilidad, lo que resulta ideal para zonas propensas a asentamientos diferenciales o sujetas a

inundaciones. Además, poseen una alta resistencia al vuelco y al deslizamiento gracias a su peso propio y a la fricción generada entre los elementos de relleno. Su durabilidad puede incrementarse mediante tratamientos anticorrosivos o el uso de alambres revestidos, lo que prolonga su vida útil aun en condiciones ambientales severas.

Por su facilidad de instalación, bajo mantenimiento y capacidad de integrarse paisajísticamente al entorno natural, los gaviones son ampliamente utilizados en obras de protección de riberas, control de torrentes, estabilización de taludes y construcción de muros de contención.

Gaviones tipo bolsa

Los **gaviones tipo bolsa** son una variante utilizada en trabajos de protección ribereña, caracterizados por su forma trapezoidal y su flexibilidad de instalación. Están confeccionados con malla metálica de alambre galvanizado N.º 8, formando celdas de diferentes dimensiones, como 2"×4", 2"×6" o 3"×10", con alturas que varían entre 1.00 m y 1.50 m. Estas bolsas se rellenan con piedras de canto rodado de diámetros comprendidos entre 10" y 14".

Una vez llenos, los gaviones tipo bolsa se colocan alineados paralelamente entre sí, conformando un ángulo de inclinación entre 30° y 45° respecto al eje del margen del río. Esta disposición contribuye a disipar la energía del flujo y a reforzar la estabilidad del talud. Cada unidad puede tener un peso aproximado de entre 1.2 y 2 toneladas, lo que les proporciona gran estabilidad frente a empujes hidrodinámicos durante eventos de crecida.

La instalación de una red continua de gaviones tipo bolsa constituye una solución eficaz y económica para el control de la erosión fluvial, especialmente en sectores críticos expuestos a socavaciones o cambios bruscos del régimen hidráulico.

Figura 8

Obras de contención en ribera del río Chillón.



Nota: ANDINA, Agencia Peruana de Noticias, 2010.

Muros diseñados

Los muros propuestos en esta investigación han sido diseñados para garantizar una mayor durabilidad estructural y una alta resistencia frente a eventos extremos, como los ocasionados por el fenómeno de El Niño. Estas estructuras permiten contener el flujo del río, estabilizar los taludes y proteger zonas vulnerables frente a la erosión y los desbordes. Su aplicación depende del tipo de terreno, las condiciones hidráulicas y los recursos disponibles.

Muro de concreto armado

El muro de concreto armado es una solución estructural reforzada con acero que se emplea principalmente en zonas urbanas, puentes y puntos críticos que requieren alta resistencia. Se construye con varillas de acero corrugado de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ " y amarre de $\frac{1}{4}$ ", dispuestas en mallas de refuerzo según el diseño estructural. Este tipo de muro proporciona rigidez y estabilidad, resistiendo presiones hidrostáticas y cargas dinámicas propias de crecidas intensas.

Muro de concreto ciclópeo

El muro de concreto ciclópeo se ejecuta con una dosificación típica de 1:3:6

(cemento:arena:agregado) e incorpora un 30% de roca grande embebida en la mezcla. Las rocas utilizadas tienen dimensiones que varían entre 0.50 m y 1.00 m en su base mayor, y entre 0.30 m y 0.70 m en su base menor. La altura del muro oscila entre 1.80 m y 3.00 m. Debido al volumen de materiales y al proceso constructivo, se trata de una obra de alto costo, que requiere un diseño detallado para garantizar su eficiencia y durabilidad en entornos agresivos.

Muro de material del lecho del río

Este tipo de muro se construye utilizando materiales extraídos directamente del lecho del río, como cantos rodados, gravas y rocas mixtas. Presenta dimensiones variables, con una base mayor de entre 10.00 m y 14.00 m, una base menor o corona de entre 3.00 m y 4.00 m, y una altura de entre 3.50 m y 4.50 m. Aunque este tipo de obra implica un alto costo por su envergadura y necesidad de maquinaria especializada, representa una alternativa de uso eficiente de recursos locales, especialmente en zonas con acceso limitado a materiales industrializados.

Espigones

Los espigones son estructuras transversales al cauce del río utilizadas para proteger márgenes erosionadas, redireccionar el flujo y evitar la socavación lateral. Su función principal es canalizar el flujo principal del río, reduciendo la energía del agua en zonas vulnerables. Se instalan en serie, con separación estratégica entre ellos para evitar zonas de reflujo y acumulación de sedimentos. Los materiales comúnmente empleados son bloques de concreto de gran tamaño u obras de escollera con roca de gran diámetro.

Estas estructuras se colocan lateralmente sobre el lecho del río, formando un ángulo de inclinación hacia el flujo, lo cual mejora la eficiencia hidráulica y permite controlar la dinámica fluvial. En la Figura 9 se observa un ejemplo de espigones contruidos con materiales de escollera en la región San Martín, Perú.

Figura 9

Espigón de rocas en la región San Martín, Perú



Nota: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MINAGRI, 2018).

Excavación para gaviones

La excavación para la instalación de gaviones se realiza con el objetivo de empotrar adecuadamente la base de la estructura en el terreno natural, logrando así su integración con la topografía existente. Esta etapa garantiza la estabilidad del sistema, evitando asentamientos diferenciales y deslizamientos. En caso de que se requiera colocar gaviones en varias filas, se deberá ampliar el volumen de excavación, asegurando que la base esté conformada sobre suelo firme y compactado, lo que optimiza el comportamiento estructural y reduce el tamaño total del sistema requerido.

Embalaje y transporte

Para facilitar el transporte y manipulación en obra, los gaviones son suministrados plegados y agrupados en paquetes o sacos. Cada bulto suele identificarse con bandas de colores que permiten distinguir fácilmente las dimensiones y características del gavión, lo que agiliza su clasificación y montaje en campo.

Colocación

Antes de la colocación de los gaviones o colchones reno, se debe evaluar y nivelar cuidadosamente la superficie de base, eliminando irregularidades y garantizando una adecuada compactación. En el caso de gaviones tipo caja, se recomienda su fraccionamiento o ajuste previo al llenado, para lograr una mejor planeación y un acabado más uniforme. La correcta alineación y nivelación es fundamental para la estabilidad del conjunto.

Relleno de gaviones

El proceso de llenado puede realizarse manualmente o con equipos mecánicos, dependiendo de las condiciones del sitio. Se deben utilizar piedras limpias, resistentes y no frágiles, con un tamaño que se aproxime al doble del tamaño de la malla del gavión y que permita un acomodo compacto. Se acepta un máximo del 5% de piedras de mayor tamaño que el especificado. Un relleno adecuado minimiza los vacíos, mejora la densidad del conjunto y permite cierta deformabilidad estructural, incrementando su capacidad de absorción de energía ante cargas hidráulicas.

Inclinación del muro y cuña deslizando

Todo muro de contención, incluido uno conformado por gaviones, debe diseñarse considerando la cuña activa de deslizamiento del suelo. Esta cuña está determinada por el ángulo de fricción interna del terreno y representa la porción de suelo que ejerce empuje contra el muro. A medida que se incrementa la inclinación del muro hacia el talud, el volumen de la cuña deslizando disminuye, lo cual reduce las presiones laterales ejercidas por el suelo sobre la estructura.

Inundaciones fluviales

Las inundaciones fluviales se producen cuando el caudal de un río supera la capacidad hidráulica de su cauce y desborda hacia áreas adyacentes. Su magnitud depende de la intensidad de la precipitación (medida en milímetros por hora), la duración del evento, y la capacidad de

infiltración del suelo. La evaluación de este tipo de inundaciones requiere el uso de instrumentos como el pluviómetro, que permite registrar con precisión el volumen de lluvia caída en un período determinado.

Concepto de fluvial y pluvial

El término fluvial se refiere al agua proveniente de cuerpos de agua en movimiento como ríos, arroyos y quebradas. Por otro lado, pluvial alude al agua de origen meteorológico, es decir, la que proviene directamente de la lluvia o precipitaciones. Las inundaciones pueden ser de tipo fluvial (por desborde de ríos) o pluvial (por acumulación de agua de lluvia sin adecuada evacuación).

Causas y consecuencias de las inundaciones

Una inundación ocurre cuando el agua invade áreas que normalmente permanecen secas. Las causas pueden ser naturales, como lluvias intensas, oleajes anómalos, deshielo o el incremento repentino del caudal de un río, así como antrópicas, como la rotura de presas o canales mal diseñados. Las consecuencias incluyen daños a viviendas, infraestructura, pérdidas agrícolas, alteraciones a la economía local y, en casos graves, afectaciones a la vida humana.

Erosión

La erosión es el proceso mediante el cual el suelo o la roca son desgastados y desplazados por la acción del agua, el viento o la gravedad. En zonas ribereñas, se produce comúnmente por el arrastre de materiales causado por el flujo del río, lo que genera inestabilidad en los taludes y amenaza la integridad de las estructuras cercanas. Puede desarrollarse lentamente o de forma repentina, según la pendiente, el tipo de suelo y la intensidad del flujo.

Precipitación pluvial y escorrentía

La precipitación pluvial es el agua de lluvia que no logra ser absorbida por el suelo y se transforma en escorrentía superficial. Esta agua circula libremente sobre la superficie del

terreno y puede saturar rápidamente los sistemas de drenaje urbano, provocando anegamientos o inundaciones. En zonas urbanas, la escorrentía representa un desafío para el manejo del recurso hídrico y requiere planificación adecuada.

Desastre

Un desastre se define como el conjunto de pérdidas y daños a la salud, medios de vida, infraestructura, actividad económica y al medio ambiente, ocasionados por la ocurrencia de una amenaza que supera la capacidad de respuesta local. En tales casos, como se observa en la Figura 10, es necesario recurrir a apoyo externo, ya que las ciudades afectadas no pueden hacer frente por sí mismas a las consecuencias del evento. La gestión del riesgo de desastres busca precisamente reducir esa vulnerabilidad previa al impacto.

Figura 10

Fenómeno del Niño, 2017



Nota: Diario Gestión, 2017

Emergencia

Una emergencia se define como la situación crítica provocada por fenómenos naturales o actividades humanas que ocasionan daños significativos a la vida, la propiedad y el medio

ambiente, alterando el funcionamiento normal de las zonas afectadas. Estas situaciones requieren una intervención inmediata para salvaguardar a la población y restablecer los servicios esenciales. Tal como se observa en la Figura 11, las inundaciones ocurridas en Cusco en el año 2010 constituyen un claro ejemplo de emergencia generada por lluvias intensas y desbordes fluviales que afectaron viviendas, infraestructura y medios de vida.

Figura 11

Pueblo de Aguas Calientes, 2010



Nota: El mundo, 2010.

Peligro

El peligro se refiere a la probabilidad de que ocurra un fenómeno físico potencialmente destructivo —ya sea de origen natural o antrópico— en un lugar específico, con una determinada intensidad y frecuencia dentro de un periodo de tiempo definido. Este concepto considera tanto la magnitud del evento como su recurrencia y posible impacto. En la Figura 12, se muestra la caída de rayos en las montañas de una región del Perú, ilustrando un fenómeno atmosférico con alta capacidad de daño que representa un peligro latente para la población y el entorno natural.

Figura 12

Tormenta eléctrica en Perú. inforegión (2015)



Nota: Inforegión (2015)

Resiliencia

La resiliencia es la capacidad de una comunidad, sistema o individuo para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de los efectos de un evento adverso, aprendiendo de las experiencias pasadas para fortalecerse ante futuros desafíos. No solo implica la recuperación física o económica, sino también el desarrollo de nuevas capacidades y la transformación social. La Figura 13 ejemplifica este concepto, mostrando cómo mujeres afectadas por inundaciones lograron generar oportunidades económicas, adquirir habilidades en construcción (como instalación de redes de agua potable, construcción de sanitarios y techado con materiales locales) y fomentar la solidaridad comunitaria, contribuyendo así a una mejor preparación y respuesta ante futuras emergencias.

Figura 13

Trabajadores en Piura frente al desastre del niño



Nota: Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (UNDP, 2018).

III. MÉTODO

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es descriptivo, ya que se tiene como objetivo principal describir las características o propiedades de una situación basado en la muestra o población con el fin de alcanzar un objetivo concreto. El diseño de la investigación es retrospectivo, debido a que se realizó posterior a los hechos estudiados y los datos se obtienen de estudios previos para su elaboración.

3.2 Población y muestra

Para esta investigación se realizará un muestreo intencional y tendrá como muestra la población afectada existente que habita a lo largo y contiguo de la margen izquierda del río Chillón perteneciente al Tramo del Río Chillón - Chuquitanta de aproximadamente 2.5 km. En el área de estudio, existen 598 viviendas con alcantarillado y 537 con agua potable, que están expuestos frente al peligro inundación y/o desbordes del Río Chillón frente al Fenómeno del Niño.

Tabla 2

Servicios esenciales expuestos frente al peligro inundación en el área de influencia del río chillón Valle Chuquitanta

Localidad	N° Viviendas	Viviendas/ Tipo de Servicio Básico					
		Red de Agua		Red de Alcantarillado		Red de Electricidad	
		N	%	N	%	N	%
Asociación de Vivienda Villa Rica de San Diego	44	9	20.45	19	43.18	40	90.91
Programa de Vivienda Santa	14	0	0	0	0	13	92.86

Maria							
Programa de Vivienda Valle Azul de San Diego , Etapa I	24	0	0	13	54.17	24	100
Programa de Vivienda San Cristobal	23	0	0	13	56.52	17	73.91
Programa de Vivienda Residencial Valle Azul de San Diego , Etapa II	27	0	0	0	0	27	100
Programa de Vivienda SUTAESSALUD	59	0	0	1	1.69	42	71.19
Programa de Vivienda Señor de Muruhuay	27	0	0	12	44.44	24	88.89
Programa de Vivienda Residencial Valle Azul de San Diego, Etapa I	10	0	0	4	40	10	100

Nota. Elaboración propia, 2022.

El 15 de marzo del año 2001, la Urb. San Diego del distrito de San Martín de Porres fue inundada por la ruptura de la defensa ribereña del río Chillón, causando cuantiosos daños en viviendas, las tormentosas aguas cubrieron por completo el primer nivel de las viviendas y sus habitantes tuvieron que subir a los techos del segundo piso para protegerse, más aún si el volumen de agua llegó a alcanzar alturas de hasta 4 metros. Se reportó daños a más de 100 viviendas, 17 establecimientos comerciales, 5 colegios, una iglesia y dos templos evangélicos (Instituto Geofísico del Perú “IGP”, 2001). En la inundación resultaron 1940 personas damnificadas, 388 viviendas inundadas con agua y lodo. Además, el Centro Educativo N°2026 quedó completamente inundado y tuvo que romperse el cerco perimétrico para poder

desaguarlo. Se produjo la pérdida total de muebles, artefactos y enseres varios.

Figura 14

Inundación de San Diego por desborde del río Chillón, 2001



Nota: (IGP, 2001)

3.3 Operacionalización de variables

En la presente investigación se identifican dos variables fundamentales. La variable independiente corresponde a la gestión de riesgos de desastres, entendida como el conjunto de medidas estructurales y no estructurales orientadas a la prevención, reducción y control de los riesgos derivados de fenómenos naturales, en especial aquellos vinculados a eventos hidrometeorológicos extremos. Esta gestión involucra acciones como la planificación territorial, la construcción de defensas ribereñas, la descolmatación de cauces y la implementación de políticas públicas de prevención.

Por otro lado, la variable dependiente está representada por los desbordes e inundaciones que se producen en la margen izquierda del río Chillón, como consecuencia del incremento del caudal generado por el Fenómeno del Niño, en el distrito de San Martín de

Porres. Esta variable refleja los efectos físicos y sociales derivados de una gestión inadecuada del riesgo, tales como la pérdida de viviendas, afectación a tierras agrícolas, interrupción de vías y servicios básicos, y deterioro del entorno urbano.

La relación entre ambas variables busca demostrar que una adecuada gestión del riesgo de desastres puede contribuir significativamente a la prevención y reducción de los desbordes e inundaciones en las zonas vulnerables de la margen izquierda del río Chillón.

3.4 Instrumentos

La presente investigación utilizará la técnica de observación sistemática como método principal para evaluar el riesgo de inundación en la cuenca del río Chillón. Esta técnica permitirá analizar las condiciones actuales del cauce, su interacción con el entorno urbano y los factores que contribuyen a su vulnerabilidad frente a eventos hidrometeorológicos extremos.

Asimismo, se complementará la información obtenida mediante la observación directa con el análisis de registros históricos, estudios técnicos e informes previos relacionados con el comportamiento del río Chillón. Esta revisión documental servirá como base para evaluar el impacto de las medidas implementadas en el marco de la gestión del riesgo de desastres en la zona de estudio.

Los instrumentos de investigación que facilitarán la recopilación y validación de información, en concordancia con los objetivos planteados, incluyen las siguientes fuentes especializadas:

- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA, 2003). Estudio Integral de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Chillón – Hidrología Superficial.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2011). Informe sobre el desborde del río Chillón en la Urbanización San Diego, distrito de San Martín de Porres, Lima.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2016).

Precipitaciones máximas en 24 horas y caudales máximos promedio. Dirección Regional N.º 04 – Lima.

3.5 Procedimientos

El desarrollo de la presente investigación se estructuró en cuatro etapas principales, a través de las cuales se recopiló, analizó y evaluó información técnica relevante para el estudio del riesgo de desbordes e inundaciones en la margen izquierda del río Chillón. Estas etapas se describen a continuación:

Etapas 1: Revisión documental y análisis de antecedentes históricos

En esta primera etapa se recopiló información técnica de fuentes oficiales, priorizando documentos emitidos por entidades del Estado relacionadas con la gestión del riesgo y los recursos hídricos. Entre los principales documentos revisados se encuentra el informe de INDECI (2011), donde se reporta el desborde del río Chillón ocurrido el 15 de marzo de 2001, a las 12:25 horas, a la altura de los bloques M y G de la Urbanización San Diego, distrito de San Martín de Porres.

El evento dejó como saldo:

- 1,940 personas damnificadas,
- 388 viviendas inundadas con lodo, agua y residuos,
- Centro Educativo N° 2028 afectado,
- Pérdidas materiales por hogar estimadas en 5,000 dólares,
- Estructuras dañadas por el impacto de troncos y piedras arrastradas por el caudal.

Este evento extremo permitió identificar un tramo crítico de estudio de aproximadamente 2.5 km, entre el puente de la panamericana Norte y la Urbanización San Diego (sector Chuquitanta).

Etapas 2: Análisis morfométrico y topográfico de la cuenca

En esta etapa se revisó el **Estudio Integral de los recursos hídricos de la cuenca del río Chillón** (INRENA, 2003), con el fin de caracterizar la cuenca desde el punto de vista

morfológico y topográfico. Se identificó que la cuenca presenta una topografía abrupta, con variaciones altimétricas desde 0 hasta 4,550 m s. n. m. en una longitud de 129.67 km.

Se analizaron los siguientes parámetros morfométricos:

- **Coefficiente de forma:** 0.14, lo que indica una cuenca alargada, con baja tendencia a concentrar lluvias intensas.
- **Coefficiente de compacidad (Kc):** 1.89, clasificando la cuenca como oblonga a rectangular oblonga.
- **Coefficiente de masividad:** 1.01, lo que define una cuenca montañosa y accidentada.

Estos valores reflejan una configuración territorial con alta capacidad de generar escorrentía en sectores específicos, especialmente cuando se presentan lluvias intensas concentradas.

Etapas 3: Evaluación hidrológica y análisis de caudales máximos

Se procedió a analizar los registros históricos de caudales máximos medios anuales proporcionados por el **Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)** en las estaciones **punto Magdalena** y **punto Obrajillo**. Si bien la estación Punto Magdalena ya no se encuentra activa, sus registros resultan útiles para el análisis multianual de comportamiento del río.

Los resultados obtenidos fueron:

- **Caudal máximo promedio multianual** de 61.7 m³/s en **Punto Magdalena**.
- **Caudal máximo promedio multianual** de 21.9 m³/s en **Punto Obrajillo**.
- **Años anómalos:** 1925, 1983 y 1998, coincidiendo con la ocurrencia del **Fenómeno del Niño**, donde se registraron caudales fuera del comportamiento típico.

Esta evaluación permitió entender la dinámica hidrológica del río y establecer la correlación entre eventos extremos y desbordes en zonas urbanas vulnerables.

Etapas 4: Delimitación del tramo de intervención y diagnóstico del riesgo

Finalmente, se delimitó el **tramo de intervención** con base en la información recopilada en las etapas anteriores, seleccionando el segmento entre el puente de la Panamericana Norte y la Urb. San Diego, zona que presenta alta exposición y vulnerabilidad ante eventos de crecida. Se elaboró un diagnóstico integral del riesgo, considerando:

- Topografía y morfología de la zona.
- Niveles históricos de caudales.
- Impacto de eventos pasados (2001, 1983, 1998).
- Evaluación de daños estructurales y sociales.

Este diagnóstico fue fundamental para sustentar las propuestas de intervención basadas en gestión de riesgos de desastres, mediante la implementación de defensas ribereñas y obras de mitigación.

Tabla 3

Longitud del río Chillón

TRAMOS	LONGITUD (KM)
Tramo Chillón 1: Valle Eulasba	12,50
Tramo Chillón 2: Valle Naupachaca	6.0
Tramo Chillón 3: Valle Cullhuay -Huaros	11.0
Tramo Chillón 4: Valle PurunCarash	1.5
Tramo Chillón 5: Valle Huacos - Tambo	9.0
Tramo Chillón 6: Valle San José	12.5
Tramo Chillón 7: Valle Santa Rosa de Quives	18.5
Tramo Chillón 8: Valle Yangas - Trapiche	18.5
Tramo Chillón 9: Valle Carabayllo	29.0
Tramo Chillón 10: Valle Chuquitanta	2.5
Tramo Chillón 11: Valle Cucaracha	2.0
Tramo Chillón 12: Valle Márquez	1.0
TOTAL	124.0

Nota. Elaboración propia 2022

Tabla 4*Parámetros morfométricos de la cuenca del río Chillón*

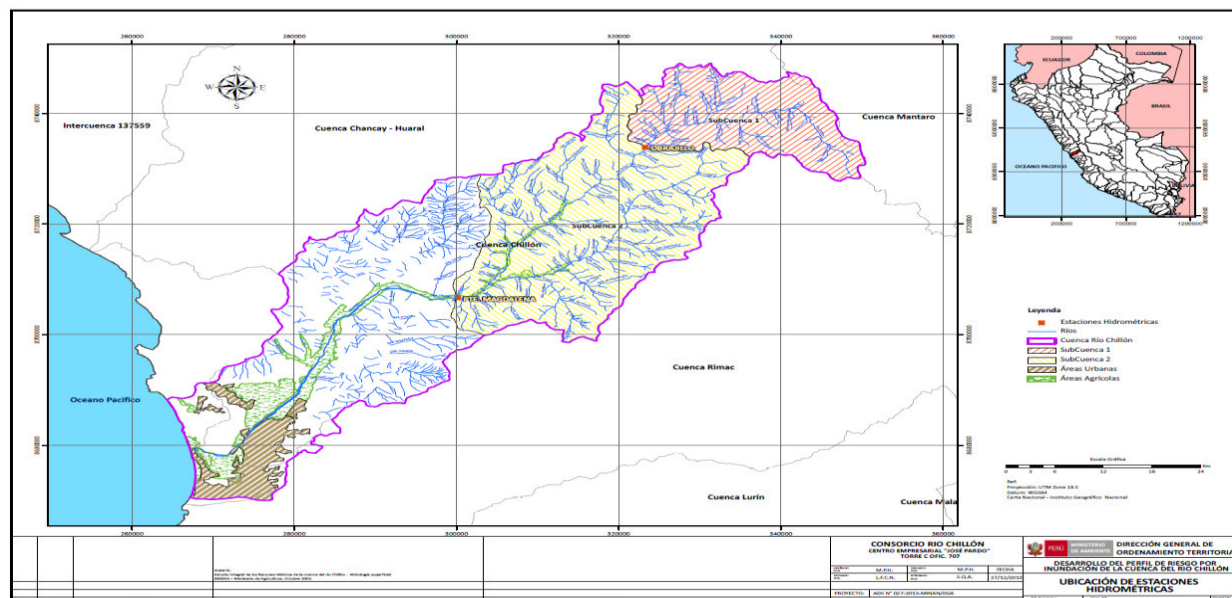
Cuenca:	Chillón	
Área:	2353.5	Km ²
Perímetro:	328.19	Km
Longitud cauce:	129.67	Km
Cota Superior:	4550	msnm
Cota Inferior:	0	msnm
Altura media	2370	msnm
Desnivel de Cuenca:		
▲ H=	4550	m
Pendiente media:		
S1=	0.028	
S2=	0.035	
Sprom=	0.031	
Coeficiente de forma:		
Kf=	0.14	
Coeficiente de compacidad:		
Kc=	1.89	
Coeficiente de masividad:		

Km=	1.01	
Relación de elongación:		
Re=	0.42	
Relación de circularidad:		
Rc=	0.27	
Rectángulo Equivalente:		
L1=	15.88	Km
L2=	148.22	Km

Nota. Elaboración propia, 2022.

Figura 15

Ubicación de las estaciones hidrométricas, 2013



Nota: MINAM (2013).

Tabla 5*Estaciones Río Chillón SENAMHI, 2016.*

Nombre de la estación	Ubicación		Altitud	Prov.	Dpto.	Periodo de Registro
	Latitud	Longitud	msnm			
Pte Magdalena	11°42'S	76°50'W	1000	Canta	Lima	1919-1997
Obrajillo	11°20'S	76°38'W	2700	Canta	Lima	1968-1983/ 1996-2006

Tabla 6*Registro de caudales máximos medios (m3/s), medidos en la estación Pte. Magdalena SENAMHI, 2016*

AÑO	SE P	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
1967 - 1968	1.608	7.109	3.270	11.380	15.130	14.350	20.420	14.110	2.310	1.980	0.880	0.570
1968 - 1969	1.400	4.190	5.086	5.203	4.780	21.300	35.240	31.260	8.500	0.820	0.650	0.520
1969 - 1970	2.590	4.650	3.150	36.100	150.180	30.210	38.310	18.090	11.200	7.010	1.810	1.460
1970 - 1971	4.170	3.250	2.720	19.040	44.410	46.900	37.000	16.270	5.410	2.150	1.180	1.150
1971 - 1972	1.700	1.900	1.240	27.300	41.300	127.660	180.000	60.800	5.300	4.510	3.300	2.460
1972 - 1973	2.500	4.050	3.750	19.610	49.100	24.610	35.610	28.600	9.750	2.850	2.550	1.710
1973 - 1974	2.540	6.500	5.600	18.640	26.300	23.400	85.610	12.030	6.530	5.390	4.800	2.100
1974 -	8.30	3.000	2.410	2.320	14.210	32.620	98.520	14.52	8.100	2.210	1.81	1.870

1975	0							0			0	
1975 -	3.30	2.300	6.220	7.500	20.400	42.500	33.760	15.00	5.200	3.560	2.70	3.940
1976	0							0			0	
1976 -	3.20	3.000	2.870	6.200	7.200	55.000	65.450	15.22	4.500	2.980	1.81	1.650
1977	0							0			0	
1977 -	1.52	3.200	9.500	10.90	30.100	28.400	19.700	23.30	4.800	1.500	2.90	8.000
1978	0			0				0			0	
1978 -	1.80	2.500	1.950	2.500	2.200	21.350	47.480	12.98	4.120	2.710	2.10	1.750
1979	0							0			0	
1979 -	1.00	3.000	7.250	2.100	20.480	10.790	23.440	32.71	3.170	2.490	1.51	0.790
1980	0							0			0	
1980 -	0.50	4.000	3.900	4.600	20.000	45.000	46.000	11.80	7.000	4.400	2.73	2.340
1981	0							0			0	
1981 -	2.20	3.450	5.000	9.500	10.500	14.500	12.200	14.00	9.800	2.500	1.38	1.350
1982	0							0			0	
1982 -	1.05	2.100	8.200	6.000	12.000	10.500	17.500	20.00	7.500	3.200	2.00	1.700
1983	0							0			0	
1983 -	1.25	3.800	4.200	11.00	18.000	30.000	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1984	0			0								
	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	11.30	5.957	3.607	2.42	3.416
								4			9	
2002 -	3.74	4.878	9.573	8.935	11.514	12.910	14.955	9.396	5.398	1.572	1.31	0.996
2003	9										5	
2003 -	2.52	3.166	2.090	9.501	5.908	19.748	15.230	14.89	1.981	1.110	1.11	1.426
2004	1							2			0	
2004 -	1.35	3.598	6.322	10.19	14.988	8.117	18.423	12.58	3.020	2.298	2.53	2.167
2005	9			5				1			8	
2005 -	3.55	4.599	4.342	6.607	12.850	20.145	22.958	18.62	5.855	1.400	1.41	1.028
2006	6							8			1	
2006 -	2.81	5.742	4.669	17.70	13.891	20.150	17.337	24.04	13.799	2.566	2.29	1.995

Tabla 7

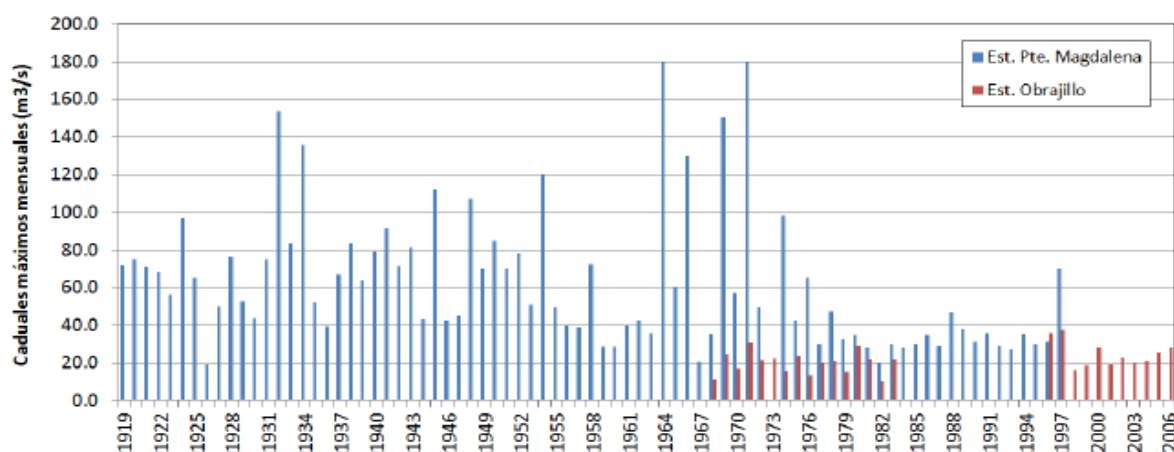
Registro de caudales máximos medios (m³/s), medidos en la estación Pte. Obrajillo. SENAMHI, 2016

Año	Estación Obrajillo
1968	11.60
1969	24.40
1970	17.00
1971	30.40
1972	21.40
1973	22.30
1974	15.70
1975	23.80
1976	13.30
1977	19.80
1978	21.00
1979	15.00
1980	29.20
1981	22.00
1982	10.30
1983	22.00
1996	35.69
1997	37.32
1998	16.15
1999	18.41

2000	28.00
2001	1921
2002	22.95
2003	20.04
2004	20.95
2005	25.23
2006	28.20

Figura 16

Variación de caudales máximos anuales MINAM, 2013



Nota: MINAM, 2013

3.6 Análisis de datos

En función de los criterios establecidos en el apartado metodológico, se definió como tramo crítico de análisis el sector comprendido entre el cruce con la panamericana Norte, en el distrito de San Martín de Porres, y el sector colindante con el río Chillón, hasta la Urbanización San Diego. Este tramo fue seleccionado tras un análisis en gabinete, considerando tanto la morfología de la cuenca como el historial de eventos extremos registrados.

La actividad de campo se llevó a cabo el 10 de diciembre de 2010, con la participación de especialistas en geotecnia e hidráulica. El objetivo principal del trabajo fue realizar un diagnóstico técnico en situ sobre el comportamiento hidráulico del río y las condiciones de vulnerabilidad de sus márgenes.

Las acciones realizadas durante el trabajo de campo fueron las siguientes:

- Reconocimiento general del área urbana colindante al cauce del río Chillón.
- Identificación de las características hidráulicas del tramo del río evaluado.
- Evaluación del tipo de suelo y la geometría de los taludes en ambas márgenes.
- Verificación del tipo de protección o defensa ribereña existente.
- Levantamiento de información básica y esquemas de secciones transversales del cauce.

Para la selección del tramo analizado, se consideró el cono de deyección de la cuenca del río Chillón, por tratarse de la zona con mayor acumulación de sedimentos, baja pendiente y presencia de población urbana. En este tipo de zonas —ubicadas en la parte baja de la cuenca— se concentra el mayor riesgo de inundación durante eventos extremos, debido a que el cauce tiende a perder su configuración original antes de desembocar en el Océano Pacífico.

Figura 17

Tramo I – Puente de la panamericana norte- río Chillón, 2013



Nota: Elaboración propia, 2013.

La imagen de la **Figura 17** satelital muestra la ubicación del puente evaluado sobre el río Chillón, en el distrito de San Martín de Porres. La línea azul representa el cauce del río, y

se observa cómo las viviendas y vías de comunicación se desarrollan en ambos márgenes, lo que evidencia la presión urbana sobre zonas potencialmente inundables. Esta representación geoespacial permite identificar con precisión el entorno inmediato de la infraestructura y sirve como base para planificar estudios de vulnerabilidad y riesgo.

La fotografía de la **Figura 18** muestra los pilares del puente ubicado sobre el río Chillón, actualmente en funcionamiento. Se observa que el material estructural es concreto armado, diseñado para soportar tránsito vehicular pesado. La presencia de residuos sólidos cerca de los apoyos del puente pone en evidencia una problemática ambiental que puede afectar la capacidad hidráulica del cauce y comprometer la estabilidad estructural ante eventos extremos, como avenidas causadas por el Fenómeno El Niño.

Según el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2013), existe un historial registrado de inundaciones severas en la Urbanización San Diego, siendo el evento más significativo el ocurrido en el año 2001. A partir de este contexto, se dividió el análisis de campo en dos tramos:

Primer tramo: Sector del puente panamericana norte

- Margen izquierda del río: Se identificó la presencia de nuevas viviendas construidas con materiales diversos (madera, adobe, mampostería y concreto). El talud muestra acumulación de basura, presencia de vegetación y evidencia de relleno con material de desmonte consolidado. La constante contaminación sugiere una ocupación informal sostenida en el tiempo y una intervención humana recurrente que ha alterado las condiciones naturales de la ribera.
- Margen derecha del río: Se observaron viviendas de adobe y concreto edificadas sobre el talud, a una altura de aproximadamente 6.50 metros sobre el espejo de agua. No se registraron antecedentes de inundaciones en esta margen, de acuerdo con entrevistas realizadas a residentes locales. El puente Panamericana Norte se encuentra en buen estado, sin signos de erosión en los pilares, aunque no se evidencian defensas ribereñas

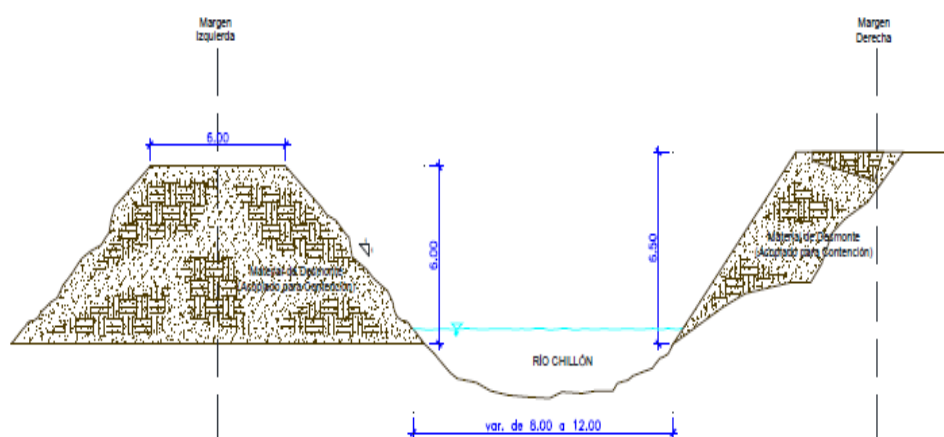
formales en esta zona.

Segundo tramo: Sector urbanización San Diego

- Margen izquierda del río: Se encontraron viviendas de concreto de más de dos niveles. Esta margen presenta vegetación ribereña y un muro de gaviones con altura de 4.00 metros, cuyo estado de conservación es regular. A lo largo del margen se observa una vía altamente transitada (Av. San Diego) que corre paralela al cauce del río, lo que incrementa la exposición de infraestructura urbana al riesgo de desborde.
- Margen derecha del río: Se identificaron viviendas y estructuras industriales de concreto de hasta dos niveles, ubicadas a menos de 15 metros del borde del talud. El talud está conformado por material de relleno, además de presencia de residuos sólidos acumulados. Según testimonios de vecinos, esta zona fue afectada indirectamente durante la inundación de 2001, aunque el impacto más severo se produjo en la margen izquierda. Actualmente se observa un borde libre de aproximadamente 5.00 metros, lo cual ofrece cierto margen de seguridad, aunque no exento de riesgo.

Figura 18

Desarrollo del Perfil de Riesgo por Inundación del Río Chillón, 2013



Nota: Elaboración Propia, 2013.

Figura 19

Vista Panorámica de las aguas abajo de puente panamericana norte, 2013



Nota: Elaboración propia, 2013.

Se observa la presencia de nuevas construcciones precarias hechas con madera y materiales rústicos en zonas colindantes al río Chillón. Esta ocupación informal representa un alto riesgo ante posibles desbordes fluviales y evidencia la falta de planificación urbana y control territorial en la zona.

En esta imagen se aprecia la constante deposición de basura y escombros a lo largo de la ribera izquierda del río. Esta práctica deteriora el ecosistema, reduce la capacidad hidráulica del cauce y agrava el riesgo de desbordes e inundaciones, especialmente en temporadas de crecida.

La fotografía muestra una visión general del cauce del río Chillón aguas abajo del puente. Se puede identificar vegetación dispersa y márgenes vulnerables, lo que evidencia la necesidad de intervenciones de limpieza y protección de la ribera para evitar la erosión y

mejorar la conducción hidráulica.

Se aprecia que los pilares del puente Panamericana Norte no han sido aún afectados por la dinámica fluvial del río, lo cual sugiere un buen diseño estructural. Sin embargo, la acumulación de sedimentos y la proximidad de la erosión podrían representar riesgos futuros si no se implementan medidas de protección adecuadas como enrocados o gaviones.

Figura 20

Tramo II Urb. San Diego, río Chillón, 2013



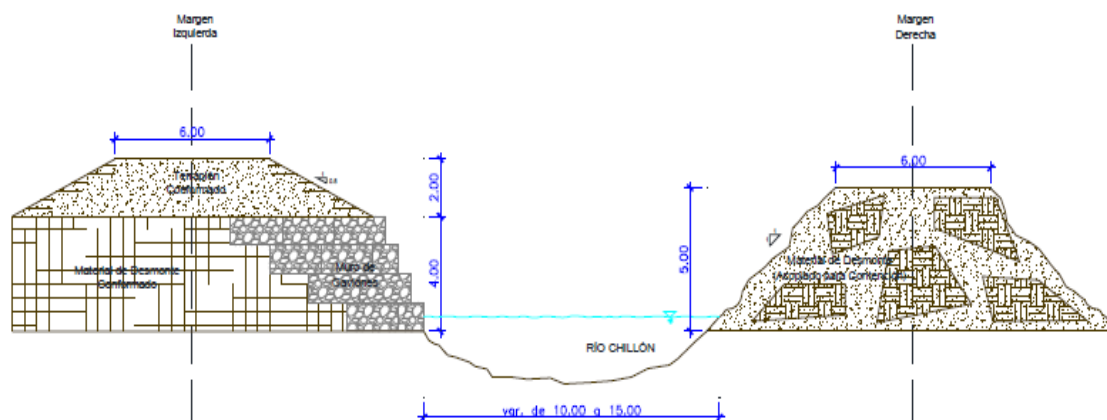
Nota: Elaboración propia, 2013.

La imagen muestra la localización georreferenciada del tramo del río Chillón evaluado el 12 de diciembre de 2013. Se encuentra en la zona 18L, con coordenadas UTM Este: 272709 m y Norte: 8679101 m. La imagen satelital evidencia un entorno urbano consolidado muy próximo al cauce, lo cual incrementa la vulnerabilidad de la zona ante posibles desbordes o eventos hidrometeorológicos extremos asociados al Fenómeno del Niño.

Se observa el tramo del río Chillón protegido con un muro de gaviones de 1x1x2 m en buen estado de conservación. Esta estructura de defensa ribereña cumple la función de estabilizar el talud, reducir la erosión provocada por la corriente y mitigar el riesgo de desbordes. La margen intervenida evidencia un cauce relativamente definido y estable, sin presencia de colmatación o daños estructurales visibles en los gaviones.

Figura 21

Desarrollo del perfil de riesgo por inundación del río Chillón tramo Urb. San Diego, 2013



Nota: Elaboración Propia, 2013.

Figura 22

Vista panorámica de la Urb. San Diego, 2013



Nota: Elaboración propia, 2013.

La imagen muestra una panorámica general de la urbanización San Diego, ubicada en la margen izquierda del río Chillón. Se evidencia un desarrollo urbano progresivo en condiciones precarias, con viviendas cercanas al cauce, zonas sin pavimentar y una significativa acumulación de residuos sólidos, lo que refleja una gestión deficiente del territorio y el riesgo latente ante desbordes fluviales.

Esta imagen pone en evidencia la acumulación de material de desmonte a lo largo del talud de la margen izquierda del río. A pesar de la existencia de un muro de gaviones que actúa como defensa ribereña, la presencia de desechos afecta la estabilidad del sistema de protección y podría comprometer su funcionalidad durante eventos de crecida.

IV. RESULTADOS

Para la caracterización hidrológica de la cuenca del río Chillón, se analizó la información correspondiente a la **estación hidrométrica puente Magdalena**, con el objetivo de conocer el comportamiento histórico de los caudales máximos y sustentar el cálculo del **caudal de diseño**. La información fue obtenida de los registros del **Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2016)** y comprende un periodo superior a 50 años, condición fundamental para asegurar la confiabilidad estadística en el análisis hidrológico.

A continuación, se presenta el **registro de caudales máximos anuales**, el cual incluye valores significativos desde el año 1919 hasta 1997. En la **Figura 23**, se puede observar la variabilidad interanual del caudal máximo ($Q_{\text{máx}}$) en m^3/s :

Figura 23

Registro histórico de caudales máximos – Estación puente Magdalena

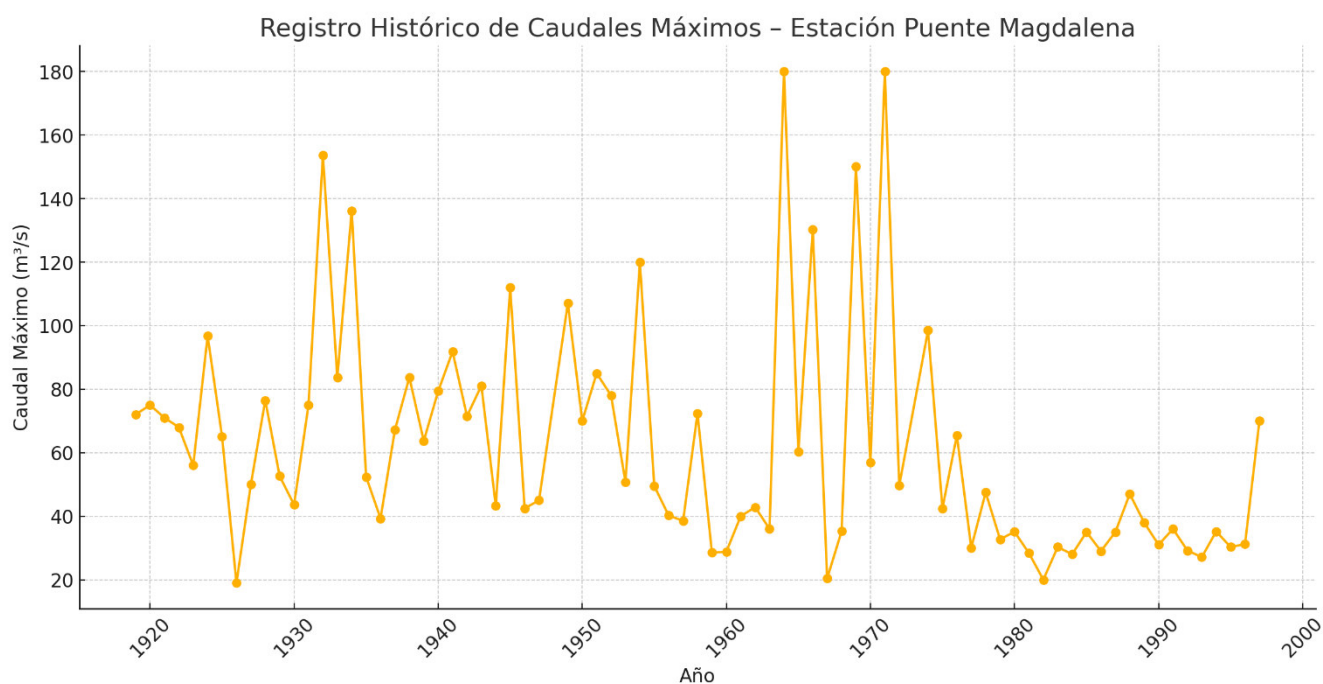


Tabla 8*Registro de caudales estación Magdalena. SENAMHI, 2016*

Año	Q_{Máx} (m³/s)	Año2	Q_{Máx} (m³/s)3
1919	72.000	1959	28.530
1920	75.000	1960	28.800
1921	71.000	1961	40.000
1922	68.000	1962	42.840
1923	56.000	1963	36.000
1924	96.800	1964	180.130
1925	65.100	1965	60.280
1926	19.000	1966	130.31
1927	50.000	1967	20.420
1928	76.500	1968	35.240
1929	52.600	1969	150.18
1930	43.600	1970	56.900
1931	75.000	1971	180.000
1932	153.700	1972	49.600
1933	83.700	1974	98.520
1934	136.200	1975	42.500
1935	52.400	1976	65.450
1936	39.300	1977	30.100
1937	67.200	1978	47.480
1938	83.700	1979	32.710
1939	63.700	1980	35.100

1940	79.350	1981	28.400
1941	91.850	1982	20.000
1942	71.520	1983	30.300
1943	81.090	1984	28.000
1944	43.250	1985	35.000
1945	112.000	1986	29.000
1946	42.450	1987	35.000
1947	45.000	1988	47.000
1949	107.000	1989	38.000
1950	70.000	1990	31.000
1951	85.000	1991	36.000
1952	78.000	1992	29.200
1953	50.70	1993	27.100
1954	120.000	1994	35.200
1955	49.5000	1995	30.300
1956	40.2000	1996	31.200
1957	38.560	1997	70.000
1958	72.330		

El gráfico muestra una importante variabilidad en los caudales máximos a lo largo del tiempo.

Se identifican **picos notables** que corresponden a años donde se presentaron eventos extremos asociados al **fenómeno del Niño**, tales como:

- **1932** con un caudal de **153.7 m³/s**,
- **1964** con **180.13 m³/s**,
- **1971** con **180.0 m³/s**,

- **1997 con 70.0 m³/s**, año previo al evento de El Niño 1997–1998.

Estos picos reflejan un comportamiento altamente reactivo de la cuenca frente a lluvias intensas, lo que justifica la necesidad de contar con defensas ribereñas adecuadas y una planificación basada en escenarios de diseño con altos niveles de caudal.

Del análisis se desprende que la cuenca del río Chillón presenta una respuesta hidrológica rápida ante eventos de precipitación intensa, lo que incrementa el riesgo de desbordes en sectores urbanos vulnerables, como la margen izquierda del distrito de San Martín de Porres. Esta información fue utilizada para el cálculo de los **caudales de diseño**, los cuales se obtuvieron mediante diferentes métodos estadísticos (Log-Normal, Gumbel y Pearson Tipo III) para periodos de retorno de **50 y 100 años**, lo que se desarrolla en el siguiente subapartado.

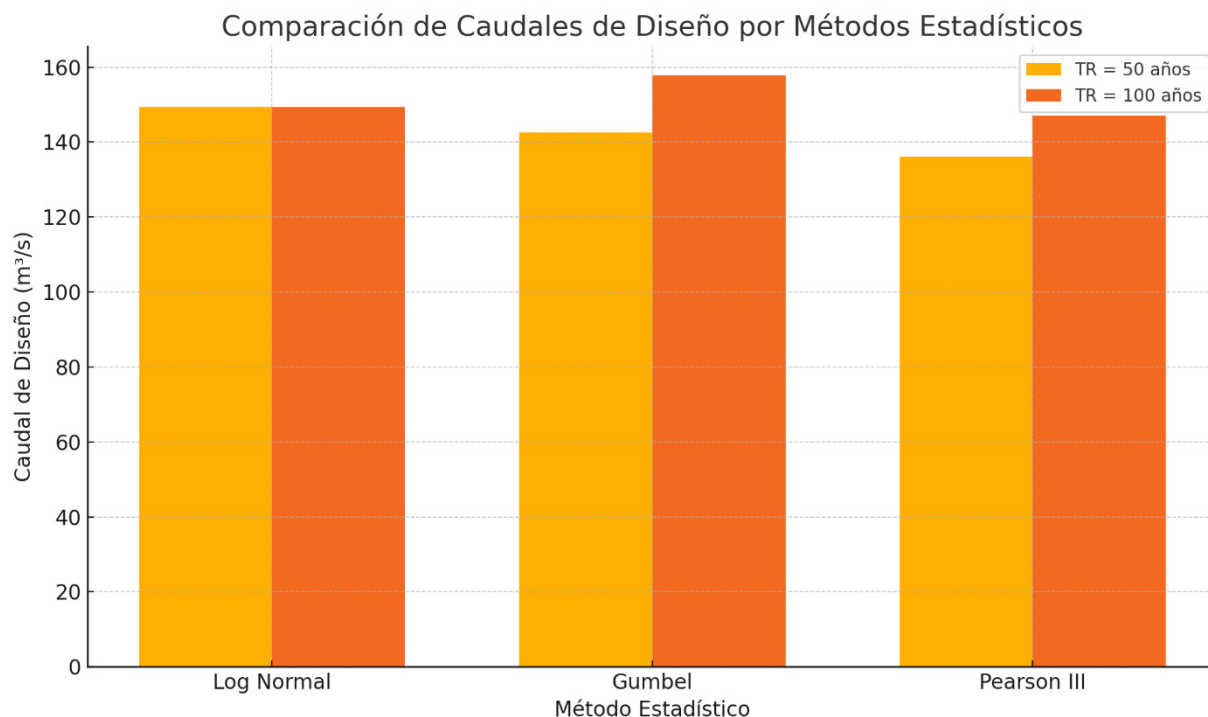
4.1 Cálculo de caudal de diseño:

Una vez procesada la información de caudales máximos anuales de la estación Puente Magdalena, se procedió al cálculo del caudal de diseño para distintos periodos de retorno, utilizando tres métodos estadísticos reconocidos en hidrología: Log Normal, Gumbel y Pearson Tipo III. Estos métodos permiten estimar el valor esperado del caudal máximo que podría ocurrir con una determinada probabilidad, en este caso para 50 y 100 años de retorno.

Después de haber obtenido el registro de los caudales, se calculó el caudal de diseño usando el Software River, en el cual se ingresó los datos de los caudales máximos por año. Luego, se procedió a calcular el caudal de diseño mediante 3 tipos de métodos estadísticos que fueron: Método Log Normal con un caudal de 149.334 m³/s, Método Gumbel con un caudal de 142.601 m³/s y Método de Pearson Tipo III con un caudal de 136.130 m³/s, Con esto se comparó los tres métodos estadísticos y finalmente el caudal de diseño fue 149.334 m³/s para el periodo de retorno de 50 años.

Figura 24

Comparación de caudales de diseño por métodos estadísticos



El mismo procedimiento se realizó para calcular el caudal de diseño para una tasa de retorno de 100 años. Con esto se simuló el posible caudal para un periodo de retorno mayor. Se muestra el resultado en la figura 28. En base a los tres métodos estadísticos se calculó el caudal de diseño mediante método Log Normal resultando 149.334 m³/s, Método Gumbel resultando 157.725 m³/s y Método de Pearson Tipo III resultando 222.515 m³/s, para conseguir el caudal de diseño 157.725 m³/s.

Tabla 9

Comparativa de métodos estadísticos

Método	Caudal de Diseño (m³/s)	Coefficiente R²	Media	Desviación Estándar	Coefficiente de Asimetría	Coefficiente de Variación
Log Normal	149.334	0.9977	70.58 3	27.782	0.967	0.394
Gumbel	142.601	0.9972	70.58 3	27.782	0.967	0.394
Pearson III	136.13	0.99565	70.58 3	27.782	0.967	0.394

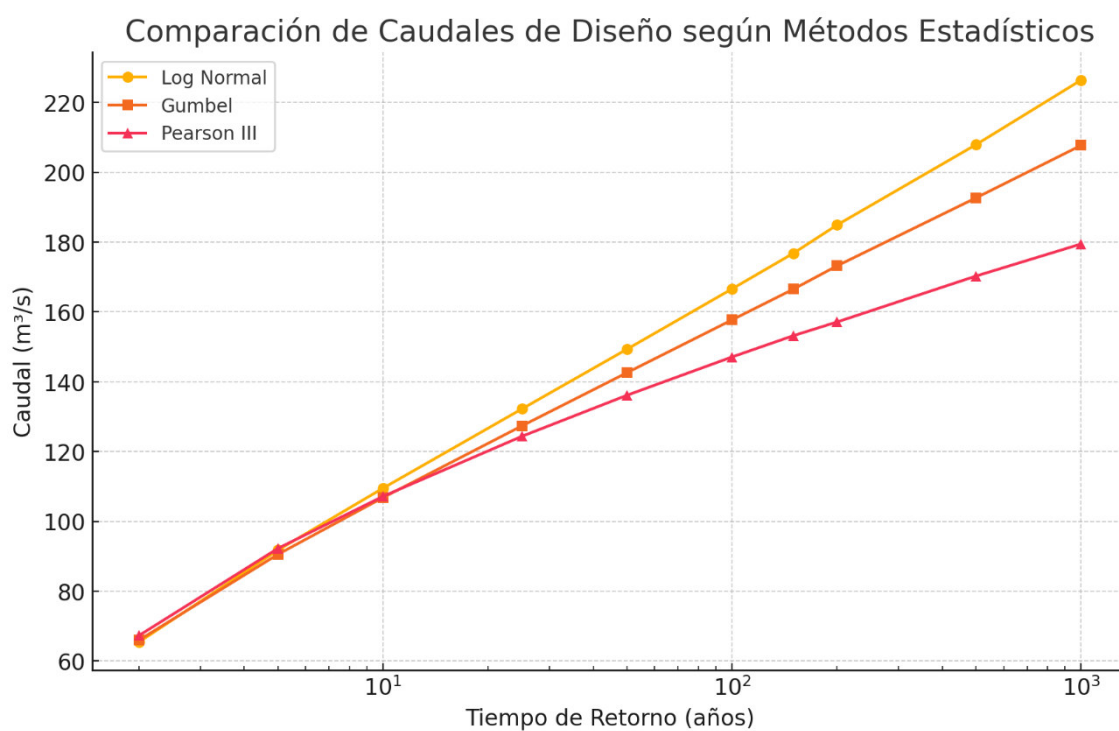
Tabla 10

Comparación de métodos estadísticos para caudal de diseño

TR (años)	Log Normal (m ³ /s)	Gumbel (m ³ /s)	Pearson III (m ³ /s)
2	65.472	66.019	67.333
5	91.792	90.57	92.275
10	109.525	106.826	107.178
25	132.226	127.364	124.371
50	149.334	142.601	136.13
100	166.606	157.725	147.099
150	176.834	166.544	153.212
200	184.927	173.212	157.126
500	207.927	192.675	170.274
1000	226.407	207.7	179.465

Figura 25

Comparación de caudales de diseño según métodos estadísticos



Con los datos anteriores obtenidos se calculó el caudal final de diseño para los periodos de Retorno de 50 años y 100 años, como se muestra en la tabla 9.

Tabla 11

Caudales de diseño para 50 años y 100 años. Elaboración propia, 2022

Caudales de diseño para periodo de retorno de 50 años y 100 años			
Tasa de Retornos (TR)		50 años	100 años
Métodos Estadísticos para cálculo de Caudal de Diseño	Log Normal	149.334	149.334
	Gumbel	142.601	157.725
	Pearson III	136.130	147.099
Caudal de Diseño		149.334	157.725

Como se observa en la figura anterior, los valores de caudal de diseño varían según el método estadístico aplicado. Para un periodo de retorno de 50 años, el valor más conservador fue el obtenido mediante el método Log Normal, con un caudal de 149.334 m³/s, que fue finalmente adoptado como caudal de diseño oficial para este periodo.

En el caso del periodo de retorno de 100 años, el método que arrojó el valor más alto fue Gumbel, con un caudal de 157.725 m³/s, seguido por Pearson III con 147.099 m³/s. Este valor de 157.725 m³/s fue seleccionado como caudal de diseño para condiciones extremas, utilizado en el dimensionamiento de las obras de defensa ribereña como enrocados y gaviones.

Estos resultados confirman la importancia de emplear múltiples métodos estadísticos para asegurar la confiabilidad del diseño hidráulico, especialmente en cuencas con comportamiento altamente variable como la del río Chillón.

4.2 Para el diseño del enrocado:

El diseño del sistema de enrocado se realizó considerando el caudal de diseño de 157.725 m³/s, correspondiente a un periodo de retorno de 100 años, definido previamente mediante análisis estadístico hidrológico. Esta estructura de defensa ribereña fue seleccionada por su alta eficacia frente a fenómenos de socavación y erosión fluvial.

El enrocado es una estructura resistente y flexible, conformada por bloques de roca dispuestos sobre el talud, diseñada para proteger los márgenes del río frente a los efectos hidráulicos del flujo, especialmente durante crecidas. Posee una vida útil estimada de 40 a 50 años, siempre que se realice un adecuado mantenimiento y se complemente con labores de descolmatación periódica del cauce.

Para el diseño se aplicaron los métodos de cálculo de Petits, Simons y Henderson, Blench y Altunin, y Manning y Strickler, todos implementados mediante el software River, lo que permitió validar la sección más estable del enrocado frente a condiciones extremas.

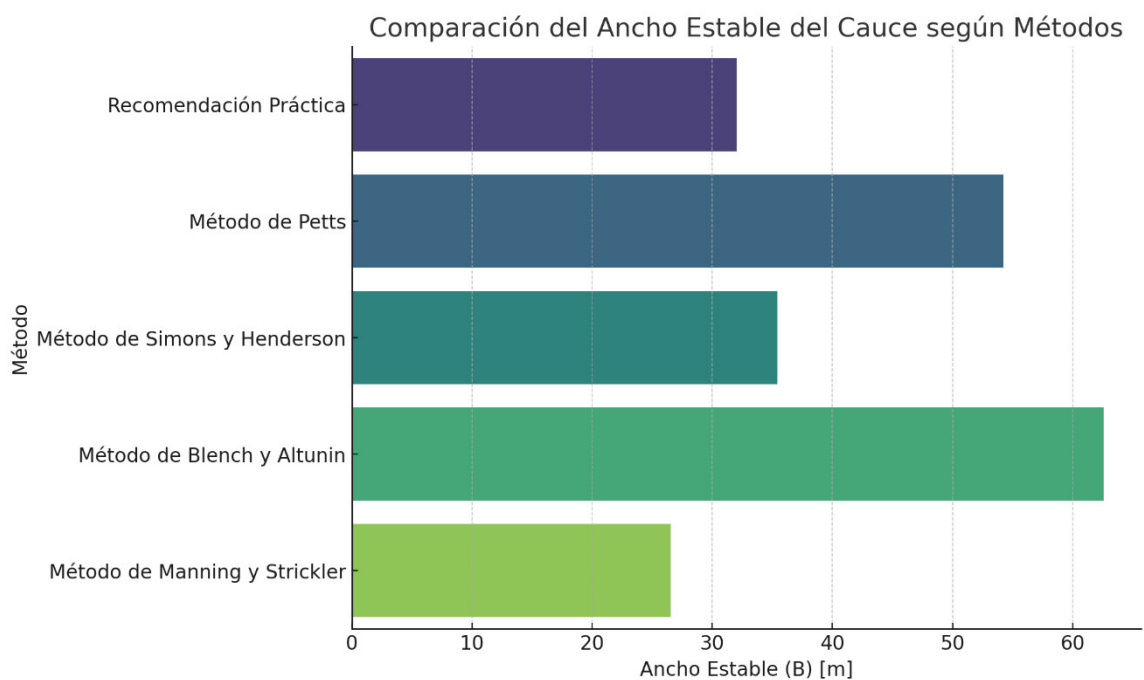
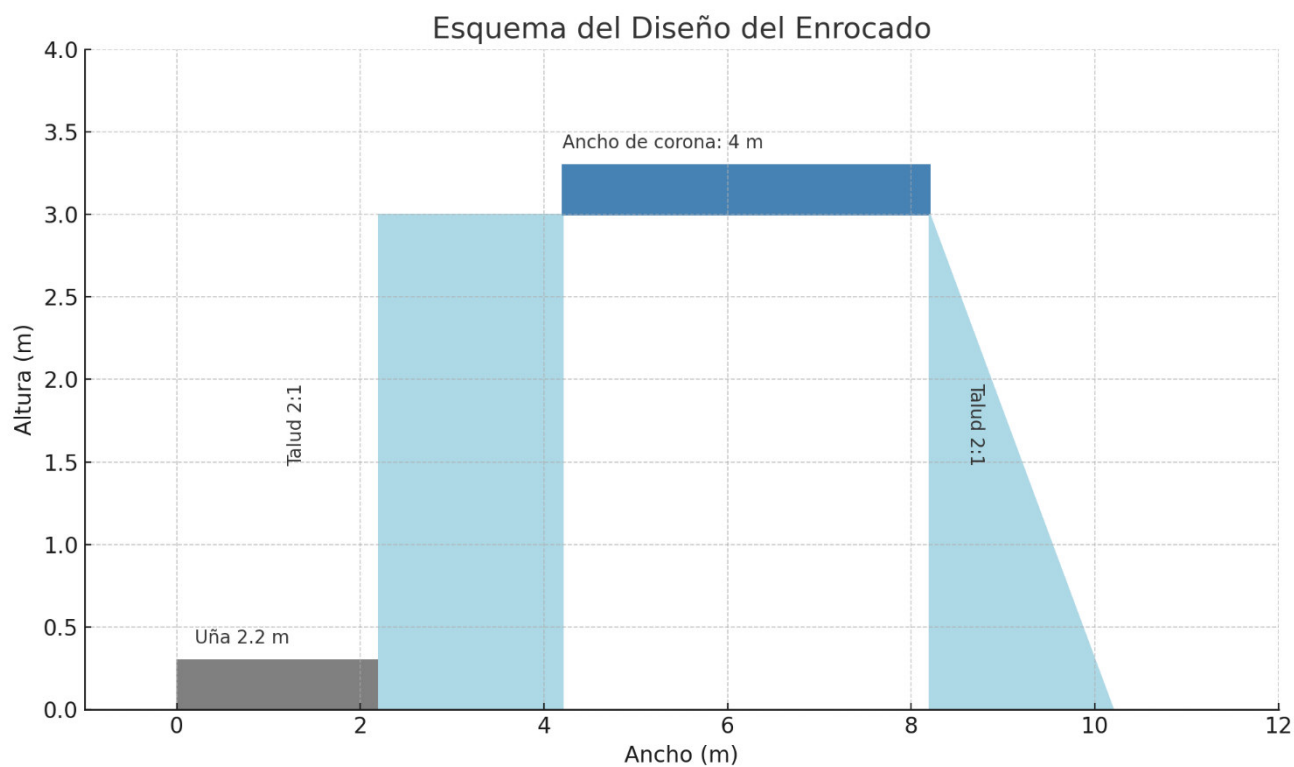
Para el cálculo del diseño de defensa ribereña (Sistema de enrocado) se trabajó con el caudal de 157.725 m³/s y una tasa de retorno de 100 años.

El diseño de enrocado, es un tipo de defensa ribereña de aproximadamente una vida útil de 40-50 años. Este posee un buen comportamiento frente a la erosión y protege los márgenes de los ríos. El enrocado, es aquella barrera contra inundaciones por el incremento de caudal del río, muy resistente a la erosión causada por el agua, puede durar muchos años dándole el cuidado al cauce del río, haciendo trabajos de descolmatación del río. De acuerdo a los datos obtenidos anteriormente de los estudios de suelo y Cálculo de caudal de retorno se realizó el cálculo para el diseño del enrocado.

Tabla 12

Resumen de métodos para cálculo del ancho estable

Método	Ancho Estable (B) [m]	Fórmula Utilizada
Recomendación Práctica	32.01	Referencial empírica
Método de Petts	54.26	$B = 4.44 Q^{0.5}$
Método de Simons y Henderson	35.44	$B = K1 \cdot Q^{0.5}$
Método de Blench y Altunin	62.56	$B = 1.81(Q \cdot F_b / F_s)^{0.5}$
Método de Manning y Strickler	26.55	$B = (Q^{0.5} / S^{0.2}) (nK)^{(5/3)} \cdot (3+5m)$

Figura 26*Comparación del ancho estable del cauce según métodos***Figura 27***Esquema del diseño del enrocado*

Características del diseño final

- **Altura total del enrocado:** 3.00 m
- **Ancho de corona:** 4.00 m
- **Talud:** 2H:1V en ambos lados
- **Uña de protección:** 2.20 m
- **Longitud del tramo de intervención:** 783 metros (desde Puente Panamericana Norte hasta Urb. San Diego – margen izquierda)

La sección propuesta fue verificada frente a **deslizamiento y vuelco**, obteniendo factores de seguridad adecuados para ambos casos. El diseño cumple con los requisitos de estabilidad estructural y representa una alternativa eficiente y económica para reducir el riesgo de desbordes en las zonas críticas de la margen izquierda del río Chillón.

-Interpretación: El diseño del enrocado con altura de 3 m., con uña de 2.2 m, es el diseño más estable y económico que hay para los distintos tipos de defensas ribereñas, ya que resulta favorable contra las inundaciones y/o desbordes el río. Para el diseño de este mismo se usó la fórmula de Maynard y de Isbash. En la Figura 38 tramo en recta y figura 39 tramo en curva, se puede observar el diseño similar en altura de 3 m., ancho de corona de 4 m., talud 2m., uña de 2.2m, ambos diseños son

Estables para deslizamiento y vuelco.

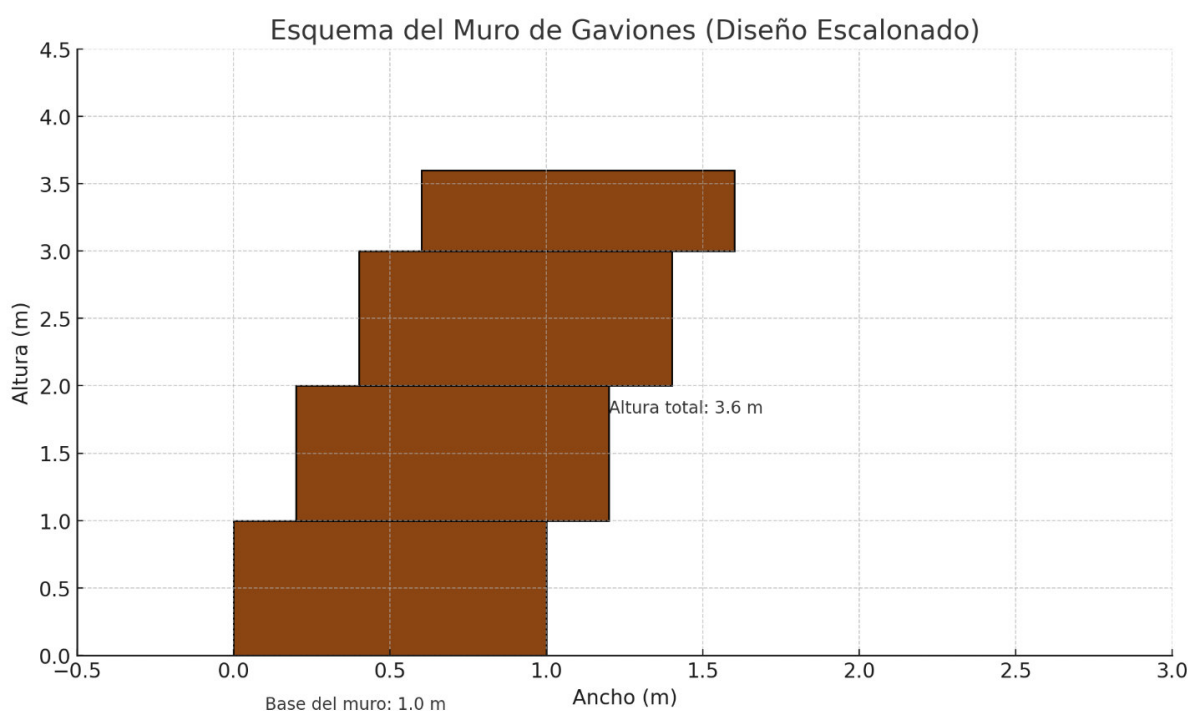
-Cálculo y diseño de gaviones: Para el cálculo de diseño de gaviones se diseñó un muro de 3.6 m de altura, con un diseño de gavión tipo caja con mallas metálicas de 8x10 cm según norma ASTM A 975. El diámetro del alambre de la malla será de 2.70 mm. El gavión estará constituido con roca de granito de peso específico de 2.7 Tn/m³ usada para el relleno de tamaño de 10” a 12” pulg.

Se utilizan las teorías de empuje activo o teoría de Coulomb, además, de la verificación contra el vuelco y deslizamiento. Este diseño empieza desde Puente de la Panamericana Norte-

Río Chillón y tramo Urb San Diego en su margen izquierda. (Caso de estudio se tomó el tramo Chillón – Chuquitanta, esta obra se ejecuta en la zona más crítica de la zona de San Diego, a lo largo de 783 metros). Los datos obtenidos para el diseño de gaviones fueron determinados en un estudio de ensayos de laboratorio de suelos donde se mostró las siguientes condiciones de los suelos:

Figura 28

Esquema del muro de gaviones (diseño escalonado)



El diseño del muro de gaviones se realizó como parte del sistema de defensa ribereña para la margen izquierda del río Chillón, en el tramo comprendido entre el puente de la panamericana norte y la urbanización San Diego, correspondiente a una longitud de 783 metros, considerada zona crítica por su historial de desbordes.

El gavión es una estructura de contención conformada por módulos tipo caja, fabricados con malla metálica de alambre galvanizado, rellenos con piedra de alta resistencia. Su diseño responde a condiciones hidráulicas exigentes y se adapta eficazmente a terrenos irregulares, gracias a su flexibilidad estructural y capacidad de disipación de energía.

Características técnicas del diseño

- **Altura total del muro:** 3.60 m
- **Tipo de gavión:** Gavión tipo caja
- **Malla metálica:** Apertura de 8×10 cm, conforme a **norma ASTM A975**
- **Diámetro del alambre:** 2.70 mm
- **Relleno:** Roca de granito (peso específico 2.7 t/m³), tamaño de 10” a 12”
- **Configuración:** Diseño escalonado con retranqueo entre niveles
- **Fundación sobre material compactado y resistente, con drenaje incorporado**

Para el diseño estructural se consideró la **teoría del empuje activo (Coulomb)**, además de la verificación frente a **vuelco y deslizamiento**, con resultados conformes para ambos casos. A continuación, se presenta el análisis de fuerzas actuantes en el muro y el cálculo del momento resistente.

4.3 Resultados de estabilidad

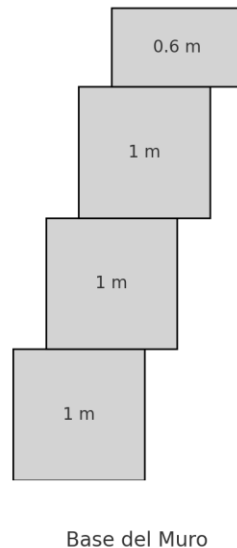
A partir del análisis, se obtuvo un **peso total del muro de 13.77 toneladas por metro lineal** y un **momento resistente total de 16.94 t·m**, con lo cual se cumple el criterio de estabilidad frente a las solicitaciones hidráulicas y geotécnicas del terreno. La **verificación por vuelco y deslizamiento** arrojó factores de seguridad adecuados, confirmando la viabilidad del diseño.

Asimismo, se realizó el control de **presión de contacto entre el muro y el suelo**, validando que los esfuerzos transmitidos no superen la **capacidad portante del terreno**, garantizando su funcionamiento seguro.

Figura 29

Esquema del muro de gaviones escalonado de 3.6 m de altura

Esquema del Muro de Gaviones (Altura Total: 3.6 m)



A continuación, se presenta el esquema constructivo del muro de gaviones:

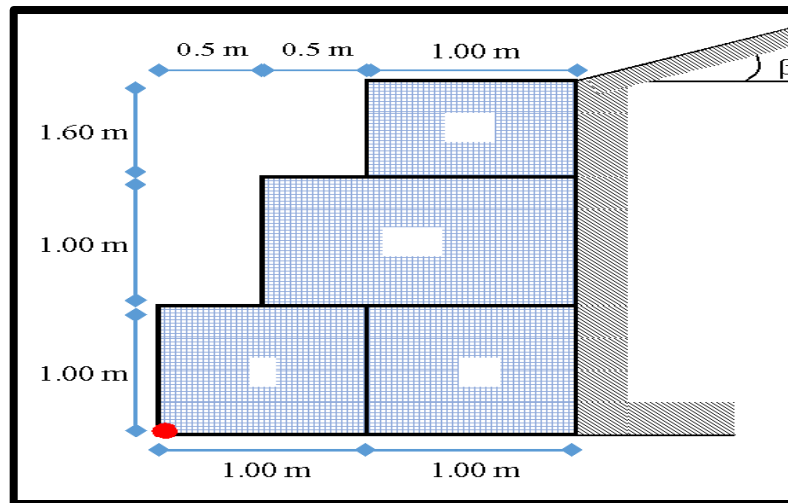
Figura 29. Esquema del muro de gaviones escalonado de 3.6 m de altura. *Fuente: Elaboración propia, 2022.*

El análisis estructural del muro se realizó aplicando la teoría de empuje activo de Coulomb, verificando:

- **Estabilidad frente al deslizamiento**
- **Estabilidad frente al volcamiento**
- **Capacidad portante del suelo**

Los resultados arrojaron factores de seguridad adecuados en todos los casos, cumpliendo con los requisitos de estabilidad y resistencia estructural.

Además, se calculó el momento resistente total (16.9 tn·m) en comparación con el momento generado por el empuje del suelo (inferior), garantizando el adecuado desempeño del muro bajo condiciones extremas.

Figura 30*Cálculo y diseño de gaviones*

Este gráfico representa el esquema del muro escalonado de contención con cargas aplicadas.

Incluye medidas clave de geometría y disposición de los bloques de suelo reforzado:

A continuación, se detallan los parámetros físicos y geométricos utilizados en el diseño del muro:

Propiedades del suelo y condiciones del terreno

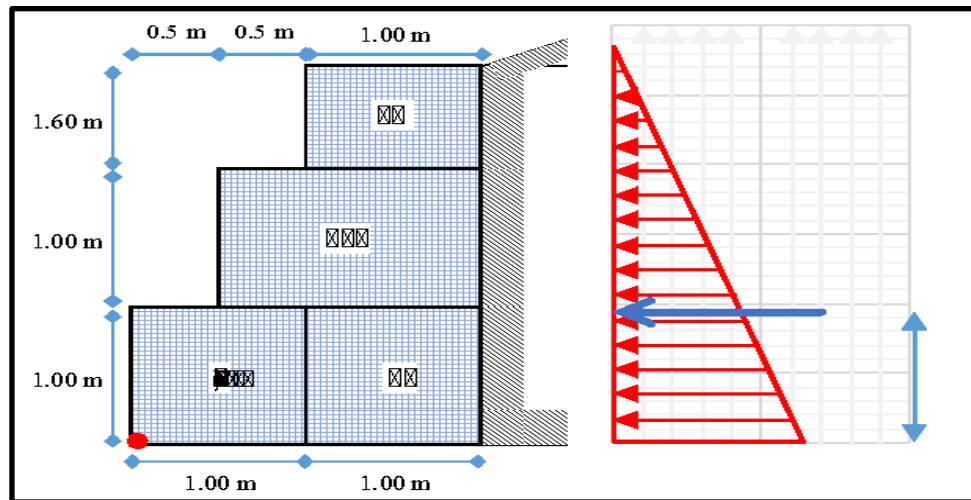
- Peso unitario del suelo de relleno $\gamma_s = 1.80 \text{ t/m}^3$
- Peso unitario del suelo natural $\gamma_r = 2.70 \text{ t/m}^3$
- Ángulo de fricción interna del suelo $\phi = 32.00^\circ$
- Inclinación del talud $\beta = 6.00^\circ$
- Cohesión aparente del suelo $\sigma_s = 0.85 \text{ kg/cm}^2$

Dimensiones del muro

- Altura de cada bloque $h_b = 1.00 \text{ m}$
- Ancho de cada bloque $b_b = 1.00 \text{ m}$
- Altura total del muro $H_T = 3.60 \text{ m}$
- Ancho de base del muro $B_B = 2.00 \text{ m}$

Figura 31

Cálculo de la altura de empuje activo (teoría de Coulomb)



Luego, procederemos al análisis de estabilidad de los gaviones en relación a su peso total (tn/m) y Momento resistente (tn-m).

La **Figura 31** muestra el análisis del empuje activo sobre un **muro escalonado de suelo reforzado**, compuesto por bloques prefabricados. El esquema detalla tanto la geometría del sistema como la distribución del empuje activo del terreno.

A la izquierda, se observa la disposición escalonada del muro con tres niveles, donde cada bloque tiene dimensiones de 1.00 m $\times$ 1.00 m, y la altura total del muro es de 3.60 m. Se identifican claramente las dimensiones horizontales de cada segmento, permitiendo una correcta interpretación del perfil del muro.

A la derecha de la figura, se presenta el **triángulo de distribución del empuje activo** generado por el suelo sobre el paramento del muro. Este empuje se representa mediante flechas rojas que aumentan en magnitud con la profundidad, siguiendo el modelo clásico del **empuje activo de Rankine o Coulomb**. El vector azul indica la **fuerza resultante total del empuje activo E_a** , el cual actúa en dirección horizontal, aplicado a un tercio de la altura desde la base del muro.

Este gráfico permite visualizar la interacción entre el terreno y el muro, siendo clave para el dimensionamiento de las **defensas ribereñas** o estructuras de contención, ya que proporciona información esencial para la verificación del **deslizamiento, volcamiento y capacidad portante**.

Tabla 13

Datos del diseño

Parámetro	Valor
Peso específico del suelo $\gamma_s \backslash \gamma_s$	1.80 t/m ³ 1.80
Peso específico del muro $\gamma_r \backslash \gamma_r$	2.70 t/m ³ 2.70
Ángulo de fricción interna $\phi \backslash \varphi$	32° 32°
Inclinación del talud posterior $\beta \backslash \beta$	6° 6°
Cohesión del suelo	0 (se desprecia en este análisis)
Altura del muro H	3.60 m 3.60

Cálculo del empuje activo total E_a :

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot 1.80 \cdot (3.60)^2 \cdot 0.31$$

$$E_a = 0.9 \cdot 12.96 \cdot 0.31 \approx 3.617 \text{ t/m}$$

4.4 Resultado final

- **Coefficiente de empuje activo:**

$$K_a = 0.31 \quad K_{a_a} = 0.31 \quad K_a = 0.31$$

- **Empuje activo total:**

$$E_a = 3.62 \text{ t/m (actúa a 1.20 m desde la base del muro)}$$

Tabla 14

Cálculo del momento producido por el empuje activo a una altura aproximadamente de 1.20 metros. Elaboración propia, 2022

FIG.	TIPO	ÁREA (m ²)	PESO UNITARIO (tn/m ³)	PESO PARCIAL (tn/m)	BRAZO X (m)	MOMENTO (tn- m)
I	Gavión	1.000	2.70	2.70	0.500	1.3500
II	Gavión	1.000	2.70	2.70	1.500	4.0500
III	Gavión	1.500	2.70	4.05	1.250	5.0625
IV	Gavión	1.600	2.70	4.32	1.500	6.4800
Σ				13.77		16.94

La **Tabla 14** muestra el cálculo del momento generado por el empuje activo del suelo sobre una estructura de gaviones, evaluado a una altura aproximada de 1.20 metros. Cada fila representa un bloque de gaviones identificado por su número de figura (I, II, III y IV), en donde se ha considerado el tipo de material, su área, el peso unitario del relleno (2.70 tn/m³), y el brazo de momento correspondiente a la distancia desde el punto de aplicación de la fuerza hasta la base de giro.

El peso parcial de cada gavión se obtiene como producto del área y el peso unitario, y el momento individual se determina multiplicando dicho peso parcial por su respectivo brazo. Finalmente, se obtiene un peso total de 13.77 toneladas por metro y un momento total resistente (Mr) de aproximadamente 16.9 toneladas-metro.

Este análisis es fundamental para verificar la estabilidad al vuelco del muro, ya que permite comparar el momento resistente contra el momento generado por el empuje activo del terreno. La distribución escalonada y la posición estratégica de los gaviones en diferentes niveles contribuyen a aumentar el brazo de palanca y, por ende, la capacidad de resistencia del sistema frente a las sollicitaciones laterales.

Tabla 15*Resumen de verificaciones de estabilidad*

Verificación	Resultado	Límite Requerido	Condición
Deslizamiento (FSD)	1.7	> 1.50	Conforme
Volteo (FSV)	3.88	> 2.00	Conforme
Centro de Carga	OK: cae dentro del tercio central	Dentro del tercio central	Conforme
Presión de contacto σ_1	0.87 kg/cm ²	≤ 0.85 kg/cm ²	No Conforme ($\sigma_1 > \sigma_a$)
Presión de contacto σ_2	0.51 kg/cm ²	≤ 0.85 kg/cm ²	Conforme

Análisis del incremento de la base**Presión máxima original (σ_1):** 0.87 kg/cm²**Presión admisible del suelo (σ_a):** 0.85 kg/cm²**Base original del muro:** 1.00 m**Base modificada:** 1.10 m**Revisión con base modificada**

Al incrementar la base de **1.00 m a 1.10 m**, se logra una mejor distribución de la carga, reduciendo proporcionalmente la presión de contacto.

Nueva presión de contacto estimada (σ_1'):

$$\sigma_1' = \sigma_1 \times 1.001.10 = 0.87 \times 1.001.10 \approx 0.79 \text{ kg/cm}^2$$

Con el **incremento del 10% en la base del muro (de 1.00 m a 1.10 m)**, la presión máxima sobre el suelo se reduce de **0.87 kg/cm² a aproximadamente 0.79 kg/cm²**, cumpliendo con el límite permisible de **0.85 kg/cm²**.

Resultado: Conforme.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en esta investigación permitieron evaluar de forma integral el riesgo por desbordes e inundaciones asociados al río Chillón, específicamente en el tramo crítico comprendido entre el puente de la panamericana norte y la urbanización San Diego, en el distrito de San Martín de Porres. Esta evaluación, basada en información hidrológica, estudios topográficos, trabajo de campo y modelamiento hidráulico, evidenció tanto las condiciones físicas de vulnerabilidad del entorno como la efectividad de las medidas estructurales planteadas.

En primer lugar, el análisis de los registros históricos de caudales de la estación puente Magdalena (SENAMHI, 2016) evidenció la ocurrencia de eventos extremos con caudales máximos que superan los $150 \text{ m}^3/\text{s}$, principalmente durante años asociados al Fenómeno del Niño (1925, 1983, 1998). La proyección del caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años, utilizando el método estadístico de Gumbel, arrojó un valor de $157.725 \text{ m}^3/\text{s}$, lo cual refuerza la necesidad de implementar defensas ribereñas en zonas urbanas vulnerables.

El trabajo de campo realizado permitió verificar las condiciones de las márgenes del río en el tramo analizado. La margen izquierda, donde se concentra una mayor densidad poblacional y donde se registraron inundaciones significativas en 2001, presenta taludes inestables, acumulación de residuos y viviendas precarias, lo que incrementa el riesgo ante crecientes súbitas. Por otro lado, la margen derecha mostró mayor elevación del terreno natural, menor exposición directa al cauce y ausencia de historial reciente de desbordes.

La aplicación del software River para el cálculo hidráulico de defensas permitió comparar distintos métodos de diseño de enrocado y gaviones. El diseño del enrocado con una altura de 3 m, una de 2.2 m, y talud 2:1, demostró ser estructuralmente estable frente al empuje hidráulico y compatible con las características del terreno. Además, el análisis de estabilidad frente a deslizamiento y volcamiento, tanto para enrocados como para gaviones, arrojó factores

de seguridad mayores a 1.5, valor que supera el mínimo normativo exigido para estructuras de contención.

Por otro lado, el diseño del muro de gaviones de 3.6 m de altura, con mallas metálicas 8x10 cm y roca de relleno de alta densidad (2.7 Tn/m^3), también fue validado frente a los esfuerzos generados por el empuje activo del suelo, considerando la teoría de Coulomb. Los cálculos del momento resistente y el análisis de presiones en la base confirmaron que no se superaba la capacidad portante del terreno, lo que garantiza la funcionalidad del sistema en condiciones extremas.

Los resultados también pusieron en evidencia una débil planificación urbana en el cono de deyección de la cuenca y una escasa articulación institucional para la prevención y mitigación de riesgos. Esto resalta la importancia de integrar enfoques estructurales y no estructurales en la gestión de riesgos, donde la participación comunitaria, la educación preventiva y la planificación territorial juegan un rol fundamental.

En conjunto, la implementación de medidas estructurales como enrocados y gaviones, diseñados con base en criterios hidrológicos actualizados y verificación de estabilidad, constituye una respuesta técnica efectiva para reducir la vulnerabilidad de la margen izquierda del río Chillón. Sin embargo, su sostenibilidad dependerá de un mantenimiento continuo, una adecuada fiscalización de usos del suelo y el fortalecimiento de capacidades locales en gestión de riesgos.

.

VI. CONCLUSIONES

- **La cuenca del río Chillón presenta una alta vulnerabilidad frente a eventos hidrometeorológicos extremos**, especialmente en su tramo bajo o cono de deyección, donde se ubica el área urbana de San Martín de Porres. El análisis de registros históricos evidenció que eventos como el fenómeno del Niño han generado caudales máximos significativos, superando los $150 \text{ m}^3/\text{s}$, lo cual incrementa el riesgo de desbordes e inundaciones.
- **El caudal de diseño estimado para un periodo de retorno de 100 años fue de $157.725 \text{ m}^3/\text{s}$** , valor obtenido mediante el método estadístico de Gumbel, que mostró mayor ajuste a la serie histórica. Este caudal fue utilizado como base para el dimensionamiento de las obras de defensa ribereña en el tramo crítico analizado.
- **Las condiciones físicas de la margen izquierda del río Chillón revelan una alta exposición al riesgo**, debido a la presencia de viviendas informales construidas sobre taludes inestables, acumulación de residuos sólidos y la ausencia de defensas ribereñas adecuadas. En contraste, la margen derecha mostró mayor estabilidad topográfica y menor exposición directa, sin antecedentes de eventos de inundación reciente.
- **Los diseños propuestos de defensas ribereñas, enrocados y gaviones, fueron validados estructuralmente mediante software especializado**, demostrando su capacidad de resistir los empujes hidráulicos y del terreno. El enrocado con altura de 3.00 m y uña de 2.20 m, así como el muro de gaviones de 3.60 m con mallas metálicas y roca de alta densidad, cumplen con los factores de seguridad mínimos frente al deslizamiento y volcamiento.
- **La gestión del riesgo en la zona evaluada se ha visto limitada por la falta de planificación urbana, ocupación desordenada del territorio y escasa articulación entre entidades responsables**. Esto resalta la necesidad de complementar las medidas

estructurales con estrategias no estructurales como la reubicación preventiva, la educación comunitaria y el fortalecimiento de capacidades locales en prevención de desastres.

- **La implementación de un sistema integral de gestión de riesgos de desastres, basado en información técnica y participación multisectorial, es fundamental para mitigar los efectos de futuros desbordes del río Chillón,** proteger la vida de la población expuesta y reducir las pérdidas materiales y ambientales en la margen izquierda del distrito de San Martín de Porres.

VII. RECOMENDACIONES

- **Implementar las defensas ribereñas propuestas con prioridad en el tramo crítico identificado (Chillón – Chuquitanta)**, considerando los diseños de enrocado y gaviones validados en este estudio, especialmente en las zonas urbanas más vulnerables de la margen izquierda, como la Urb. San Diego.
- **Establecer un sistema de monitoreo hidrometeorológico permanente en la cuenca del río Chillón**, especialmente en las estaciones actualmente inactivas como Puente Magdalena, con el fin de contar con datos actualizados y confiables que permitan una mejor gestión del riesgo ante eventos extremos.
- **Desarrollar campañas de educación y sensibilización comunitaria**, orientadas a la población asentada en zonas de riesgo, promoviendo la cultura de prevención, el conocimiento del riesgo y la importancia de respetar las fajas marginales del río.
- **Fomentar la articulación institucional entre los gobiernos locales, regionales y nacionales**, así como con entidades técnicas como el SENAMHI, INDECI, ANA y universidades, para la planificación y ejecución conjunta de obras de mitigación y acciones de prevención.
- **Actualizar y hacer cumplir los planes de ordenamiento territorial y uso de suelo**, restringiendo nuevas construcciones en zonas expuestas a inundación y promoviendo la reubicación progresiva de las familias asentadas en áreas de alto riesgo, mediante programas sociales con enfoque de derechos.
- **Realizar estudios complementarios en zonas no evaluadas de la cuenca del río Chillón**, para identificar nuevos puntos críticos y plantear soluciones integrales, considerando también escenarios de cambio climático que podrían aumentar la frecuencia e intensidad de los eventos extremos.

VIII. REFERENCIAS

- Alcázar, F. (2017). Diseño de las defensas ribereñas en el río Callazas tramo crítico (Km 0+000.00-2+500.00) en el CP de Aricota, provincia de Candarave-Tacna. [Tesis. Pregrado, Universidad Privada de Tacna]. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/332>
- Achic, J. (2004). Diseño de defensa ribereña para la urbanización sol de Huampani – margen derecha del río Rímac. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/2875>
- Administración Nacional Oceánica y Atmosférica “NOAA” (2021). Climate & Weather El niño. Obtenido de <http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/>
- Alvites J. y Parco D. (2018) . Propuesta de guía constructiva para la construcción de defensas ribereñas utilizando el muro de enrocado en la planta CPPQ s.a. en Ñaña. [Tesis Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/624553>
- ANDINA, Agencia Peruana de noticias (2010). Municipio de San Martín de Porres realiza obras de contención en ribera del río Chillón. <https://andina.pe/agencia/noticia-inician-construccion-defensas-riberenas-para-evitar-desbordes-rio-chillon-smp-270391.aspx>
- ANDINA, Agencia Peruana de Noticias (2020). Defensa ribereña Dique en bajo Piura. <https://andina.pe/agencia/noticia-construiran-204-kilometros-defensas-riberenas-el-bajo-piura-786954.aspx>
- Cagua, N. Y Erazo, A. (2021). Diseño de 100 metros de muro de gaviones en la margen derecha del río Vices comprendido entre las abscisas 0+683- de la Vía Banepo, ubicado en la parroquia del Balzar de Vices, Canton de Vices, Provincia de los Ríos, Ecuador. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. <https://repositorio.ug.edu.ec/bitstreams/b04b6c0d-d21d-44b6-ac7c->

[bd3dc0a26cb/download](#)

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL] (2003). Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los Desastres (Vol.4). Editorial Banco Mundial.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL] (2020) Construir un nuevo futuro Una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad. Editorial CEPAL. Obtenido de https://docs.google.com/document/d/1Q6-GpmE_Ez9XldUODCH5h9EF5-3KT5GN/edit#heading=h.35nkun2

EIRD (2011) . Informe de evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastres. Ginebra, Suiza. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas.

El Mundo (2010). Machu Picchu permanecerá cerrado al turismo unas seis semanas más. <https://www.elmundo.es/america/2010/02/09/noticias/1265732677.html>

Glantz, M. H., (1996). Currents of change: El Niño's impact on climate and society. Cambridge University Press.

Gestión (2017). Los diez fenómenos El Niño más fuertes que golpearon el Perú. <https://gestion.pe/tendencias/diez-fenomenos-nino-fuertes-golpearon-peru-131759-noticia/?foto=3>

Hijar G, Bonilla C, y Munayco C V. (2016). El niño phenomenon and natural disasters: Public health interventions for disaster preparedness and response. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 33(2). <http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2016.332.2205>

Inforegión (2015). Cómo protegerse de las tormentas eléctricas en la sierra y selva. <https://inforegion.pe/como-protegerse-de-las-tormentas-electricas-en-la-sierra-y-selva/>

- Instituto Geofísico del Perú [IGP]. (2001). Análisis y evaluación histórica del fenómeno EL Niño en Lima Metropolitana: Un aporte a la Gestión del Riesgo de Desastres. https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/14490_analisis-y-avaluacion-historica-del-fenomeno-el-nino-en-lima-metropolitana-un-aporte-a-la-gestion-del-riesgo-de-desastres-informe-tecnico-n0027-2022ig.pdf
- Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas “FGMMG” (2010) . Revista del Instituto de Investigación (Vol. 13, N° 26). Editorial UNMSM.
- Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI] (2002) . Plan Nacional de Contingencia para el Fenómeno “El Niño” 2002-2003 <http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/plan-nac-cont.pdf> .
- Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI] (2011). Informe sobre el desborde del río Chillón en la Urbanización San Diego, Distrito San Martín de Porres, Lima.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales “INRENA” (2003). Estudio Integral de los Recursos Hídricos de la cuenca del río Chillón - Hidrología superficial.
- Jasen, P., van Bendegon, L., van den Berg, J., de Vries, M., & Zanen, A. (1979). Flood control and drainage of the flood plain. Principles of river engineering: The non-tidal alluvial river, 22, 394-413.
- Marchisio, M. (2012). Con los ojos de la conciencia ambiental. <https://www.naturamedioambiental.com/conciencia-ambiental-para-cuidar-el-medio-ambiente/>
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú [MINAGRI] (2018, 20 de febrero) Refuerza sistema hídrico en Huánuco y San Martín. <https://www.midagri.gob.pe/portal/noticias-antteriores/notas-2018/20978-minagri-refuerza-sistema-hidrico-en-huanuco-y-san-martin>
- Ministerio de Salud (2008). Informe Sistema de Monitoreo y evaluación de la

descentralización en salud “MED”, Lima. Obtenido de

<https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/321979-sistema-de-monitoreo-y-evaluacion-de-la-descentralizacion-en-salud-med-ejercicio-de-las-funciones-descentralizadas-en-salud-en-el-ambito-regional>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC] (2011). Manual de hidrología, Hidráulica y Drenaje. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf

Ministerio del Ambiente del Perú [MINAM] (2013). Desarrollo del Perfil de riesgo por Inundación de la Cuenca del Río Chillón. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/PREVAED/Perfil%20de%20riesgo%20por%20inundacion,%20Cuenca%20del%20Rio%20Chillon.pdf>

Municipalidad Distrital de Santa Anita [MDSA] (2015). Plan de Contingencia ante el fenómeno del Niño 2015-2016. Obtenido de https://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/OTROS/Plan%20de%20Contingencia%20ante%20el%20fenomeno%20del%20Nino%20San%20Andres%202015_2016.pdf

Pilarczyk, K. W. (2004). Design of revetments. Dutch Public Works Department: Hydraulics engineering division.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI] (2014). El fenómeno El Niño en el Perú. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/ fenomenodelnino/que-es-elnino-y-que-factores-determinan-su-intensidad/evolucion-de-ladefinicion-de-el-nino/>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI] (2016). Precipitaciones máximas en 24 horas y Caudales máximos promedios. Dirección Regional N°04 – Lima.

Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres [SINARGERD] (2011). Ley N° 29664.

Acuerdo	Nacional	Art.	32.
---------	----------	------	-----

<https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/29664.pdf>

Secretaría de Gestión de Riesgos de Ecuador [SGR] (2019). SGR confirma la presencia del

Fenómeno del Niño en Ecuador. Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/sgr->

[confirma-la-presencia-del-fenomeno-del-nino-en-ecuador/](https://www.gestionderiesgos.gob.ec/sgr-confirma-la-presencia-del-fenomeno-del-nino-en-ecuador/)

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [UNDP] (2018). Gestión del riesgo de

desastres. <https://www.undp.org/es/peru/gestion-del-riesgo-de-desastres>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Cálculo de caudal de diseño

Figura 32

Software River para cálculo de Caudal de diseño para tiempo de retorno de 50 años, $T_r = 50$ años, 2022.



Figura 33

Cálculo de Caudal de diseño con Log Normal para $T_r = 50$ años, 2022.

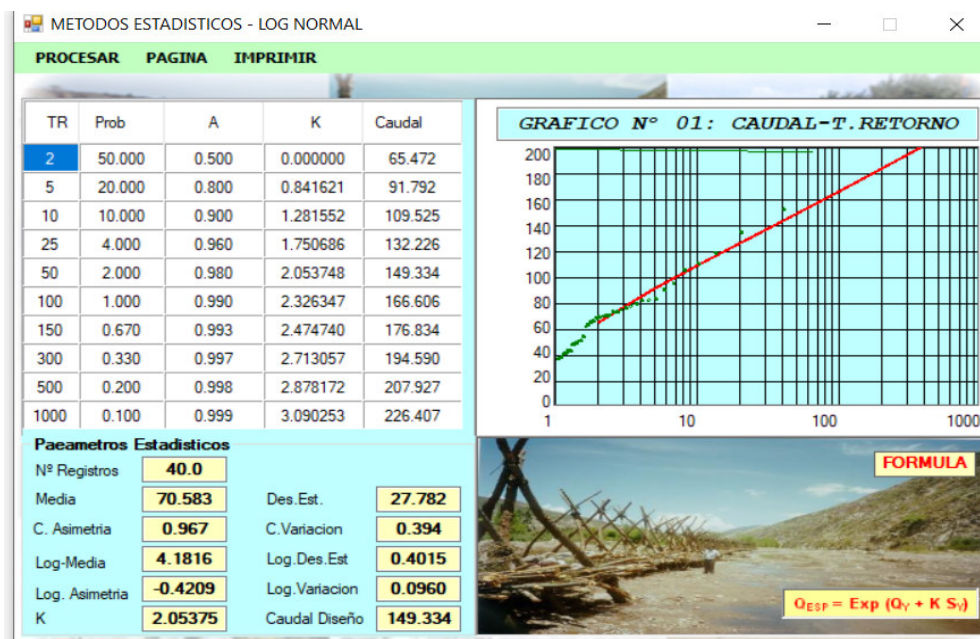


Figura 34

Cálculo de Caudal de diseño Gumbel para $Tr= 50$ años, 2022.

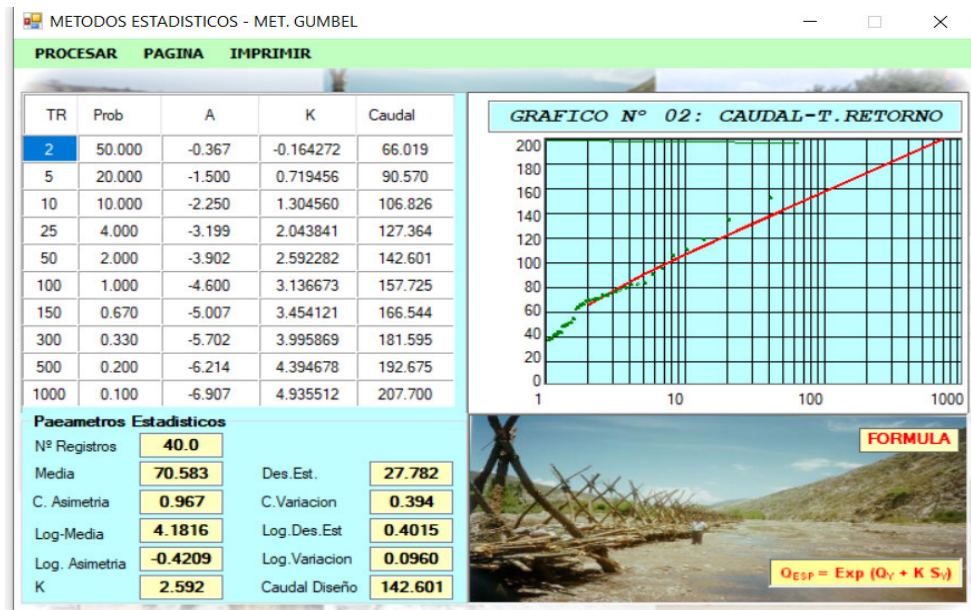


Figura 35

Cálculo de Caudal de diseño Pearson III para $Tr= 50$ años, 2022.

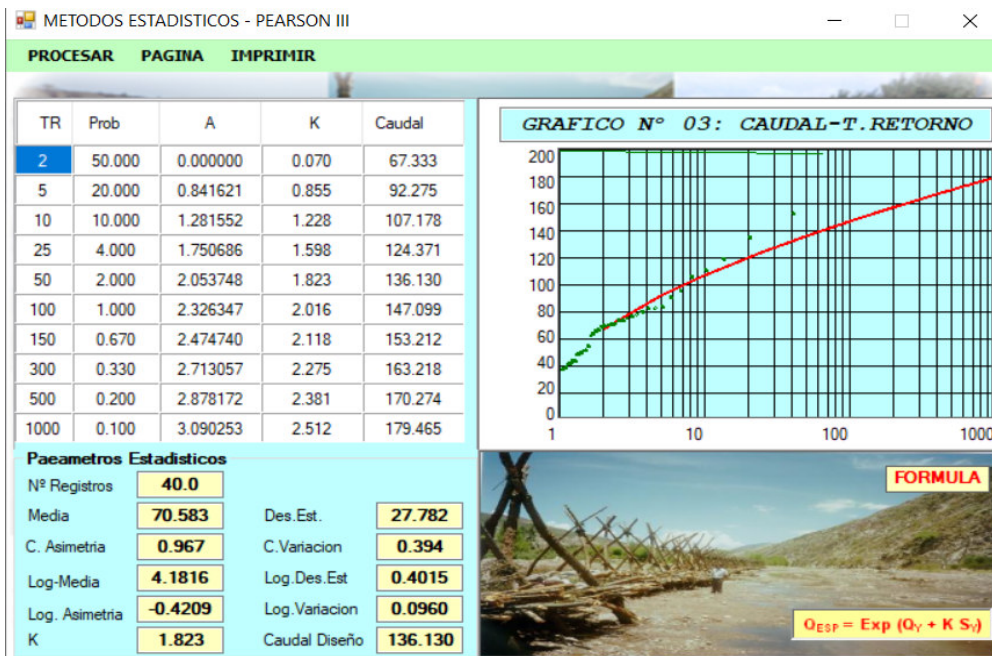


Figura 36

Cálculo del Caudal Final de diseño según métodos estadísticos para $Tr= 50$ años,2022.

CAUDAL DE DISEÑO - Metodos Estadísticos

ARCHIVOS METODOS PROCESOS

Nombre del Proyecto: **GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES RÍO CHILLÓN** Estación: **MAGDALENA**

Tiempo Retorno: 50.00 Registro Año Inicio: 1919.00 Registro Año Final: 1958.00

Año	Nº	Caudal	T. R.	QNor	QGum	QPear
1939	25	63.70	1.60	57.61	58.50	59.15
1923	26	56.00	1.54	56.09	57.03	57.53
1929	27	52.60	1.48	54.57	55.55	55.89
1935	28	52.40	1.43	53.05	54.06	54.24
1953	29	50.70	1.38	51.51	52.55	52.56
1927	30	50.00	1.33	49.95	51.00	50.84
1955	31	49.50	1.29	48.36	49.42	49.08
1947	32	45.00	1.25	46.73	47.77	47.25
1948	33	45.00	1.21	45.04	46.04	45.34
1930	34	43.60	1.18	43.27	44.21	43.33
1944	35	43.25	1.14	41.91	42.22	41.78
1946	36	42.45	1.11	41.91	40.01	41.78
1956	37	40.20	1.08	41.91	37.46	41.78
1936	38	39.30	1.05	41.91	34.31	41.78
1957	39	38.56	1.03	41.91	29.80	41.78
1926	40	19.00	1.00	41.91	27.78	41.78

Parametros Estadísticos

Suma de Registros: 2823.30 Numero Registros: 40

Media: 70.583 Media-Log: 4.18162

Desviacion Estandar: 27.782 Log-Desviacion Estandar: 0.40149

Coefficiente Asimetria: 0.967 Log-Coefficiente Asimetria: -0.42089

Coefficiente Variacion: 0.394 Log-Coefficiente Variacion: 0.09601

Caudal de Diseño (m3/s)

Met. Log.Normal: 149.334 Met. Gumbel: 142.601 Met. Pearson: 136.130 Qdiseño: 149.33

Coefficiente R2: 0.99770 0.99720 0.99565 Q Diseño: 149.33

RIVER-001

GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES RÍO CHILLÓN, MAGDALENA, 50.00, 1919.00, 1958.00, 72.75, 71.68, 56.96, 8.65, 1.19, 50.76, 5.52, 6.43, 6.75, 153.7, 83.7, 136.2, 52.4, 39.3, 67.2, 83.7, 63.7, 79.350.

Figura 37

Cálculo del Caudal Final de diseño según métodos estadísticos para $Tr = 100$ años,2022.

CAUDAL DE DISEÑO - Metodos Estadísticos

ARCHIVOS METODOS PROCESOS

Nombre del Proyecto: **GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES RÍO CHILLÓN** Estación: **MAGDALENA**

Tiempo Retorno: 100 Registro Año Inicio: 1919 Registro Año Final: 1958

Año	Nº	Caudal	T. R.	QNor	QGum	QPear
1919	1	153.70	40.00	143.82	137.71	132.44
1920	2	136.20	20.00	126.72	122.42	120.38
1921	3	120.00	13.33	116.70	113.35	112.82
1922	4	112.00	10.00	109.53	106.83	107.18
1923	5	107.00	8.00	103.91	101.69	102.61
1924	6	96.80	6.67	99.26	97.44	98.72
1925	7	91.85	5.71	95.28	93.78	95.32
1926	8	85.00	5.00	91.79	90.57	92.28
1927	9	83.70	4.44	88.67	87.69	89.50
1928	10	83.70	4.00	85.83	85.07	86.94
1929	11	81.09	3.64	83.23	82.65	84.56
1930	12	79.35	3.33	80.82	80.41	82.31
1931	13	78.00	3.08	78.56	78.31	80.18
1932	14	76.50	2.86	76.43	76.32	78.16
1933	15	75.00	2.67	74.41	74.43	76.21
1934	16	75.00	2.50	72.48	72.63	74.33

Parametros Estadísticos

Suma de Registros: 2823.30 Numero Registros: 40

Media: 70.583 Media-Log: 4.18162

Desviacion Estandar: 27.782 Log-Desviacion Estandar: 0.40149

Coefficiente Asimetria: 0.967 Log-Coefficiente Asimetria: -0.42089

Coefficiente Variacion: 0.394 Log-Coefficiente Variacion: 0.09601

Caudal de Diseño (m3/s)

Met. Log.Normal: 149.334 Met. Gumbel: 157.725 Met. Pearson: 147.099 Qdiseño: 157.725

Coefficiente R2: 0.99770 0.99720 0.99565 Q Diseño: 157.725

RIVER-001

CHILLÓN, MAGDALENA, 50.00, 1919.00, 1958.00, 153.70, 136.20, 120.00, 112.00, 107.00, 96.80, 91.85, 85.00, 83.70, 83.70, 81.09, 79.35, 78.00, 76.50, 75.00, 75.00, 72.33, 72.00, 71.52, 71.00, 70.00, 68.00, 67.20, 65.10, 63.70, 56.00, 52.60.

Figura 38

Cálculo del Caudal de diseño según Log Normal para $Tr= 100$ años, 2022.

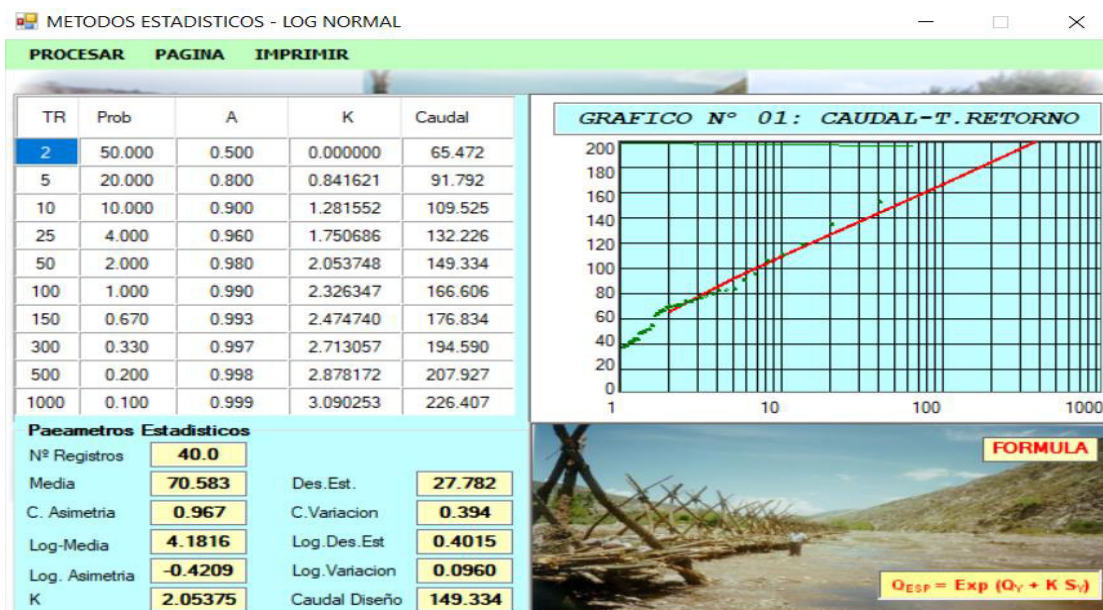


Figura 39

Cálculo del Caudal de diseño según Gumbel para $Tr= 100$ años, 2022.

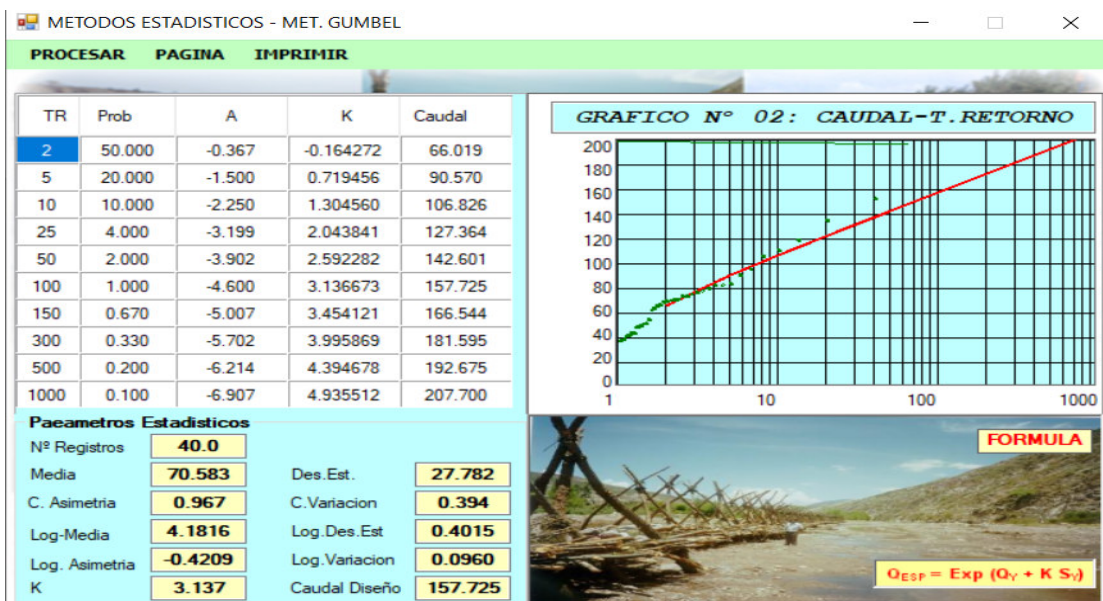
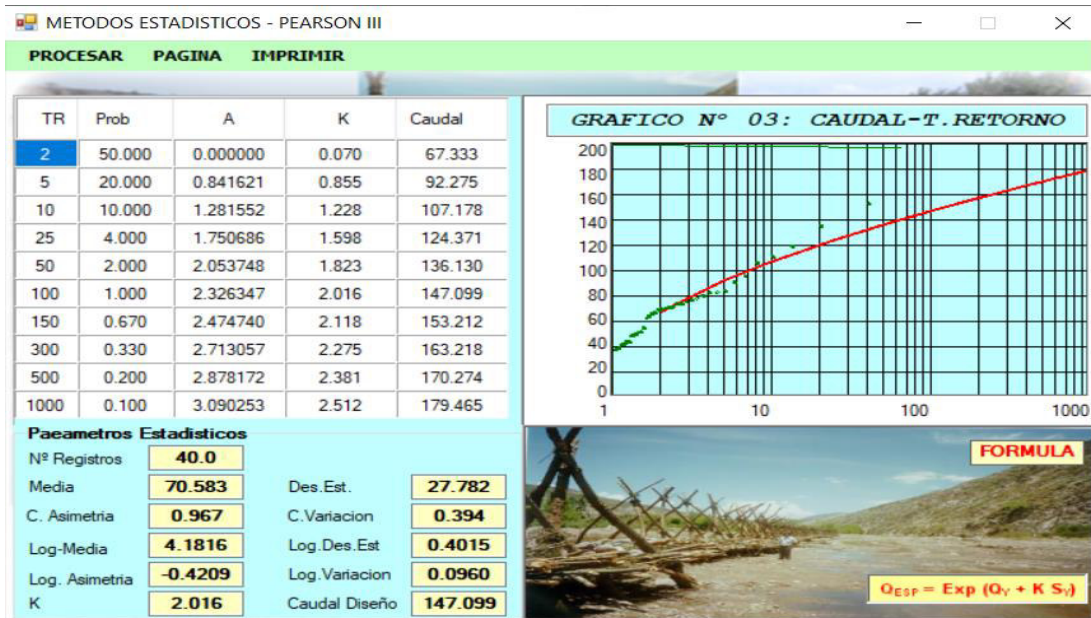


Figura 40

Cálculo del Caudal de diseño según Pearson III para $Tr= 100$ años, 2022.



Anexo 2. Diseño del enrocado

Figura 41

Diseño del enrocado ancho estable Método de Petits a través del software River, 2022.

PROCESAR PAGINA IMPRIMIR

PROYECTO: GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES RÍO CHILLÓN

Información Inicial

Caudal (Q)	P. Retomo	Pendiente
157.725	100	0.03100

Ancho Estable del Cauze (B)

Recomendación Práctica	32.01
Método de Petits	54.26
Método de Simons y Henderson	35.44
Método de Blench y Murray	62.56
Método de Manning y Stockler	26.55

Sección Teórica del Cauze

Tirante (Y)	Ancho (T)	Talud (Z)
0.66	44.64	2.00
Area (A)	Perímetro	B. Libre (Bl)
28.68	44.96	0.74
Velocidad	Nº Froude	Rugosidad
5.219	2.048	0.0250

Plantilla (B)

Método de Manning	42.00
-------------------	-------

Dimensiones del Dique

Forma Dique: ☒ Recto ☐ Curva

Tipo de Suelo: ☒ No Cohesivo ☐ Cohesivo

Dm (mm): 0.00

Radio Curva:

Método de U. Van Lierde

Dique en Recta: NeuN

Dique en Curva: NeuN

Tirante de Socavación (m): NeuN

Altura de Dique: NeuN

Altura Total (m): NeuN

$B = 4.44 Q^{0.5}$

Figura 42

Diseño del enrocado ancho estable Método de Simons y Henderson a través del software River, 2022.

PROCESAR PAGINA IMPRIMIR

PROYECTO: GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES RÍO CHILLÓN

Información Inicial

Caudal (Q)	P. Retomo	Pendiente
157.725	100	0.03100

Ancho Estable del Cauze (B)

Recomendación Práctica	32.01
Método de Petits	54.26
Método de Simons y Henderson	35.44
Método de Blench y Murray	62.56
Método de Manning y Stockler	26.55

Sección Teórica del Cauze

Tirante (Y)	Ancho (T)	Talud (Z)
0.66	44.64	2.00
Area (A)	Perímetro	B. Libre (Bl)
28.68	44.96	0.74
Velocidad	Nº Froude	Rugosidad
5.219	2.048	0.0250

Plantilla (B)

Método de Manning	42.00
-------------------	-------

Dimensiones del Dique

Forma Dique: ☒ Recto ☐ Curva

Tipo de Suelo: ☒ No Cohesivo ☐ Cohesivo

Dm (mm): 0.00

Radio Curva:

Método de U. Van Lierde

Método de Simons y Henderson

$B = K_1 Q^{1/2}$

☐ Fondo y Orillas de Arena K1 = 5.70

☐ Fondo Arena y Orillas de Material Cohesivo K1 = 4.20

☐ Fondo y Orillas de Material Cohesivo K1 = 3.60

☒ Fondo y Orillas del cauce de Grava K1 = 2.90

☐ Fondo Arena y Orillas de Material No Cohesivo K1 = 2.80

Altura de Dique: NeuN

Altura Total (m): NeuN

Figura 43

Diseño del enrocado ancho estable Método de Blench y Altunin a través del software River, 2022.

CALCULOS HIDRAULICOS - DIQUES LATERALES

PROCESAR PAGINA IMPRIMIR

PROYECTO: GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES RÍO CHILLÓN

Información Inicial
Caudal (Q) 157.725 P. Retorno 100 Pendiente 0.03100

Ancho Estable del Cauce (B)
Recomendación Práctica 32.01
Método de Petts 54.26
Método de Simons y Henderson 35.44
Método de Blench y Altunin 62.56
Método de Manning y Strickler 26.55

Sección Teórica del Cauce
Método de Macneil 42.00

Tirante (Y) 0.66 Ancho (T) 44.64 Talud (Z) 2.00
Área (A) 28.68 Perímetro 44.96 B. Libre (Bl) 0.74
Velocidad 5.219 N° Froude 2.048 Rugosidad 0.0250

Dimensiones del Dique
Forma Dique ☒ Recto ☐ Curva
Tipo de Suelo ☒ No Cohesivo ☐ Cohesivo
Dm (mm) 0.00 Radio Curva
Método de U. Lie Van Levedey
Dique en Recta Dique en Curva
Tirante de Socavación (m) NeuN
Profundidad de Socavación (m) Método de Blench y Altunin

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

Factor de Fondo (Fb) ☐ 0.80 - Mat. Finos (Dm<0.50 mm) ☒ 1.20 - Mat. Gruesos (Dm>0.50 mm)
Factor de Orilla (Fs) ☒ 0.10 - Mat. Suelos ☐ 0.20 - Mat. ligeramente Cohesivos ☐ 0.30 - Mat. Cohesivos

Figura 44

Diseño del enrocado ancho estable Método de Manning y Strickler a través del software River, 2022

CALCULOS HIDRAULICOS - DIQUES LATERALES

PROCESAR PAGINA IMPRIMIR

PROYECTO: GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES RÍO CHILLÓN

Información Inicial
Caudal (Q) 157.725 P. Retorno 100 Pendiente 0.03100

Ancho Estable del Cauce (B)
Recomendación Práctica 32.01
Método de Petts 54.26
Método de Simons y Henderson 35.44
Método de Blench y Altunin 62.56
Método de Manning y Strickler 26.55

Sección Teórica del Cauce
Método de Manning y Strickler

$B = (Q^{1/2}/S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}$ n K m

Rugosidad del Cauce del RÍO (n)
☒ 0.025 - Sólido sin irregularidades ☐ 0.035 - Con fuerte transporte de acarreo
☐ 0.030 - Con acarreo irregular ☐ 0.040 - Con piedras de 0.25 a 0.30 m.
☐ 0.033 - Con vegetación ☐ 0.045 - Con derrubio grueso y acarreo móvil
☐ 0.034 - Con derrubio e irregular. Mas Rugosidades

Dimensiones del Dique
Forma Dique ☒ Recto ☐ Curva
Tipo de Suelo ☒ No Cohesivo ☐ Cohesivo
Dm (mm) 0.00 Radio Curva
Método de U. Lie Van Levedey
Dique en Recta Dique en Curva
Tirante de Socavación (m) NeuN
Profundidad de Socavación (m)

Figura 45

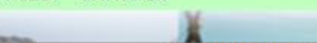
Cálculos hidráulicos del enrocado a través del software River, 2022.


CALCULOS HIDRAULICOS - DIQUES LATERALES

PROCESAR

PAGINA

IMPRIMIR



PROYECTO

Información Inicial

Caudal (Q)

P. Retorno

Pendiente

157.725

100.00

0.03100

Ancho Estable del Cauce (B)

Recomendación Práctica

29.01

Método de Peña

54.26

Método de Simons y Henderson

35.44

Método de Blench y Atkinson

62.56

Método de Manning y Sedgwick

26.55

Sección Teórica del Cauce

Método de Manning

42.00

Tirante (Y)

Ancho (T)

Talud (Z)

0.66

44.64

2.00

Área (A)

Perímetro

B. Libre (Bl)

28.68

44.96

0.74

Velocidad

Nº Froude

Rugosidad

5.219

2.048

0.0250

Dimensiones del Dique

Forma Dique

Tipo de Suelo

☐ Recto
 ☒ Curva

☒ No Cohesivo
 ☐ Cohesivo

Dm (mm)

Radio Curva

2.00

179.00

Método de D. Lal Van Ledevelde

Dique en Recta

Dique en Curva

Tirante de Socavación (m)

Profundidad de Socavación (m)

2.85

2.85

Altura de Uña

Altura de Dique

Altura Total (m)

2.20

2.20

3.60

Diseño Preliminar Sugerido

D.Recto

D.Curva

Ancho Corona (m)

4.00

4

Altura Dique (m)

3

3

Altura Enrocado

3

3

Altura Uña (m)

2.20

2.20

Ancho de Uña (m)

3.30

3.30

Altura Total (m)

2.86

2.86



Figura 46

Dimensionamiento del enrocado a través del software River, 2022.



PROCESAR
PAGINA
IMPRIMIR

GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES RÍO CHILLÓN

Dique en tramo en Recta

Alt. Dique	Alt. Enroca	Alt. Uña	B. Libre	Caudal	Velocidad	Talud	Ancho Uña	Z seco	Wroca	Ana. Fric
3.00	3.00	2.20	2.34	149.33	5.22	2.00	3.30	2.00	2.00	35.00

Dique en Tramo en Curva

Alt. Dique	Alt. Enroca	Alt. Uña	B. Libre	Caudal	Velocidad	Talud	Ancho Uña	Z seco	Wdique	Corona
3.00	3.00	2.20	2.34	149.33	5.22	2.00	3.30	2.00	1.70	4.00

Formula de Isbash

$$D_{50} = 0.58823 V^2 / (w g)$$

Gravedad	9.81
Velocidad	5.22
Wroca	2.00

Formula de Maynard

$$D_{50} = t C_1 F^3$$

$$F = C_2 V / (g y)^{0.5}$$

Gravedad	9.81
Velocidad	5.22
Tirante	0.66
Tirante Socavacion	2.85
C1	0.32
C2	1.25

DIQUE EN RECTA- D50 (m)

Maynard	3.56	Promedio	2.59
Isbash	1.63	Selección	2.60

Deslamiento	Volteo	
-------------	--------	--

DIQUE EN CURVA - D50 (m)

Maynard		Promedio	
Isbash		Selección	

Deslamiento	Volteo	
-------------	--------	--

Figura 47

Diseño del enrocado (Defensa ribereña) tramo recto a través del software River, 2022.

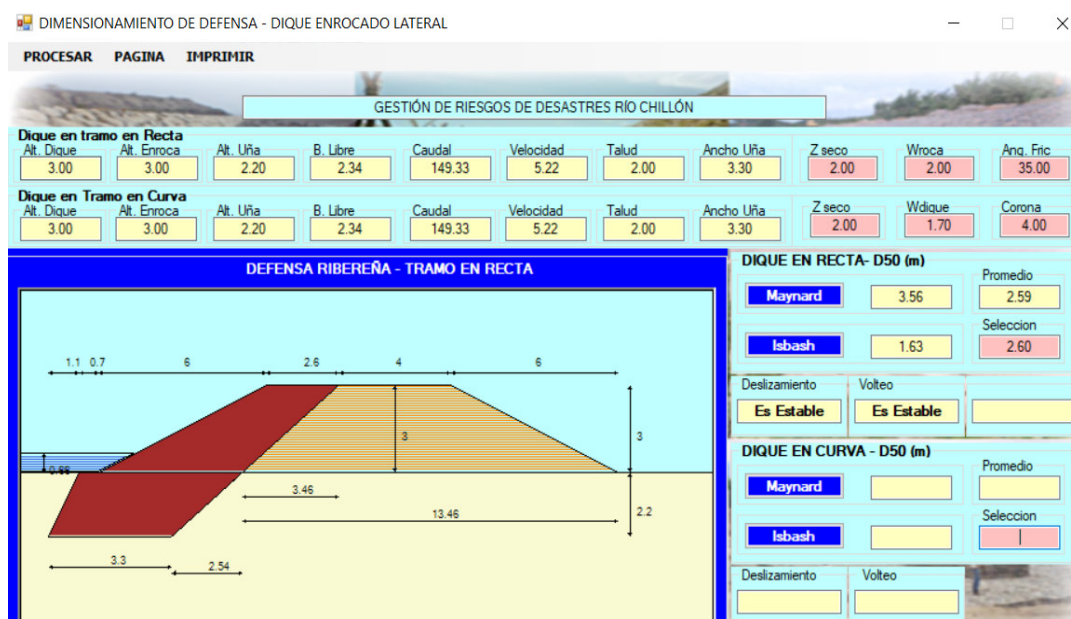


Figura 48

Diseño del enrocado (Defensa ribereña) tramo en curva a través del software River, 2022.

