

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**CONSTRUCCIÓN DE DEFENSA RIBERENA DEL RIO SUPE ANTE
POSIBLES DESASTRES NATURALES**

PRESENTADO POR:

TABORI RIVERA, Aldo Oscar

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL EN INGENIERÍA CIVIL

ASESOR:

Ing. DAMMER ARMANDO, MEDINA ZAVALETA

Registro CIP 43907

HUACHO - 2019

**CONSTRUCCIÓN DE DEFENSA RIBEREÑA DEL RIO
SUPE ANTE POSIBLES DESASTRES NATURALES**

PRESENTADO POR:

Bach. TABORI RIVERA, Aldo Oscar

TESIS

M(o). TEODOSIO CELSO QUISPE OJEDA

Registro CIP 76763

Presidente

M(o). JHON HERBERT OBISPO GAVINO

Registro CIP 68007

Secretario

Ing. SLEYTHER ARTURO DE LA CRUZ VEGA

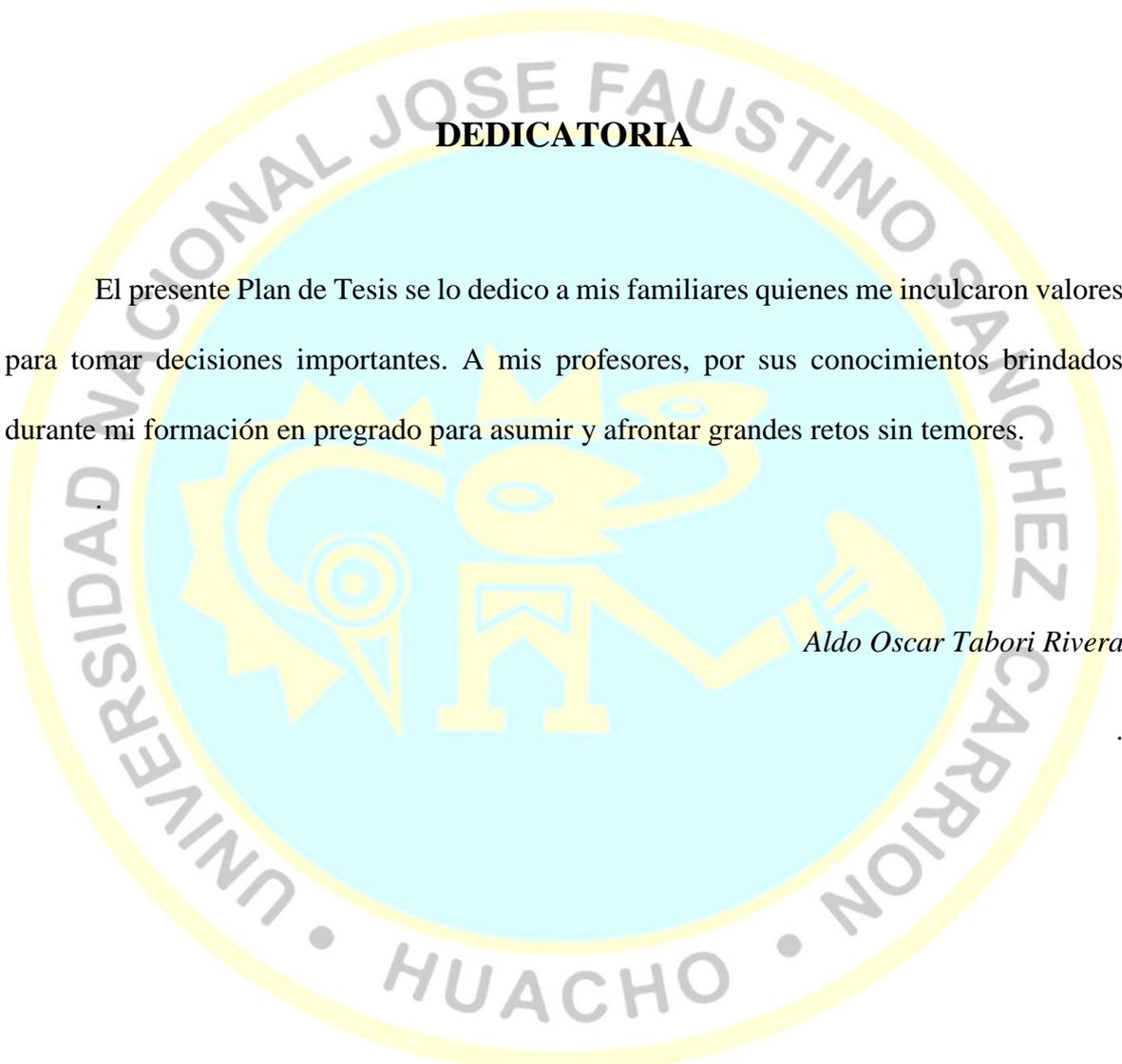
Registro CIP 207587

Vocal

Ing. DAMMER ARMANDO MEDINA ZAVALETA

Registro CIP 43907

Asesor



DEDICATORIA

El presente Plan de Tesis se lo dedico a mis familiares quienes me inculcaron valores para tomar decisiones importantes. A mis profesores, por sus conocimientos brindados durante mi formación en pregrado para asumir y afrontar grandes retos sin temores.

Aldo Oscar Tabori Rivera

AGRADECIMIENTO

Quisiera agradecer mediante el presente al consorcio Huacho-Pativilca que me permitió participar en mi periodo de prácticas en la cual pude aprender mucho, observando el comportamiento del río Supe ante eventos extraordinarios como fue el Fenómeno del Niño del 2017 que causó grandes daños y mostrando la vulnerabilidad de nuestros márgenes de ríos.

También agradecer a mi asesor de Tesis quien me acompañó en esta etapa de estudio del plan de tesis, ayudándome con la comprensión del mismo y formulándome diversos puntos de vista para analizar y llegar a una solución que mitigue y evite los daños a futuro por causa de desastres naturales.

En mi etapa de formación profesional en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión recibí el apoyo por parte de la plana docente y de la parte administrativa por lo cual me siento muy agradecido con mi universidad.

Aldo Oscar Tabori Rivera

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPITULO I	
PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.....	17
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	17
1.2 Formulación del problema.....	18
1.2.1 Problema general.....	18
1.2.2 Problemas específicos.....	18
1.3 Objetivos de la investigación.....	19
1.3.1 Objetivo general.....	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
1.4 Justificación de la investigación.....	19
1.4.1 Justificación Teórica.....	19
1.4.2 Justificación práctica.....	19
1.4.3 Justificación legal.....	20

1.4.4	Justificación social	20
1.5	Delimitaciones del estudio.....	20
1.5.1	Delimitación espacial	20
1.5.2	Delimitación temporal.....	20
1.5.3	Delimitación teórica	21
1.6	Viabilidad del estudio.....	21
1.6.1	Viabilidad técnica.....	21
1.6.2	Viabilidad ambiental	21
1.6.3	Viabilidad financiera	21
1.6.4	Viabilidad social.....	21
CAPITULO II		
MARCO TEÓRICO		
2.1	Antecedentes de la investigación.....	22
2.1.1	Investigaciones internacionales.....	22
2.1.2	Investigaciones nacionales	23
2.2	Bases teóricas	27
2.2.1	Rio.....	27
2.2.2	Cuencas Hidrográficas.....	28
2.2.2.1	Elementos de la cuenca.....	28
2.2.2.2	Partes de una cuenca hidrográfica.....	29
2.2.2.3	Tipos de cuencas.....	30
2.2.3	Inundación.....	30

2.2.3.1	Causas de las Inundaciones.....	30
2.2.3.2	Tipos de inundaciones.....	31
2.2.4	Defensas ribereñas.....	34
2.2.5	Hidrología estadística.....	35
2.2.5.1	Funciones de distribución de probabilidad.....	35
2.2.6	Estimación de los parámetros.....	40
2.2.7	Pruebas de bondad del ajuste.....	42
2.2.8	Criterio de selección del modelo probabilístico.....	44
2.2.9	Antecedentes topográficos y geomorfológicos.....	45
2.2.10	Caudales de diseño.....	46
2.2.10.1	Hidrográma unitario de Snyder.....	47
2.2.10.2	Precipitación Areal.....	49
2.2.10.3	Tiempo de concentración.....	51
2.2.11	Preselección de alternativas.....	51
2.2.11.1	Socavación.....	52
2.3	Definición de términos básicos.....	56
2.4	Hipótesis de investigación.....	57
2.4.1	Hipótesis general.....	57
2.4.2	Hipótesis específicas.....	57
 CAPITULO III		
METODOLOGÍA.....		
3.1	Diseño metodológico.....	58

3.1.1	Tipo de investigación	58
3.1.2	Nivel de investigación.....	58
3.1.3	Diseño.....	59
3.1.4	Enfoque	59
3.2	Población y muestra	59
3.2.1	Población.....	59
3.2.2	Muestra.....	59
3.3	Operacionalización de variables e indicadores.....	60
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	61
3.4.1	Técnicas a emplear	61
3.4.2	Descripción de los instrumentos	61
3.5	Técnicas para el procesamiento de la información.....	62
CAPITULO IV		
RESULTADOS		
4.1	Estudios preliminares.	63
4.1.1	Cuenca hidrográfica del río Supe en la sección de interés.....	63
4.1.1.1	Parámetros geomorfológicos	64
4.1.1.2	Antecedentes hidrológicos.....	66
4.1.1.3	Información pluviométrica	66
4.1.1.4	Hidrología estadística de las estaciones.....	69
4.1.2	Parámetros de diseño.....	73
4.1.2.1	Período de retorno y vida útil de las estructuras de drenaje	73

4.1.2.2	Caudal de diseño.....	76
4.2	Construcción de defensa ribereña.....	81
4.2.1	Defensa riverena.....	81
4.2.1.1	Socavación.....	81
4.2.1.2	Obras hidráulicas	88
4.2.2	Evaluación.....	93
4.2.2.1	Encuestas.....	93
CAPITULO V		
DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		97
5.1	Discusión	97
5.2	Conclusiones.....	99
5.3	Recomendaciones	100
CAPITULO VI.....		
FUENTES DE INFORMACIÓN		102
6.1	Fuentes documentales.....	102
6.2	Fuentes bibliográficas.....	102
6.3	Fuentes hemerográficas	104
6.4	Fuentes electrónicas.....	105
ANEXOS.....		107

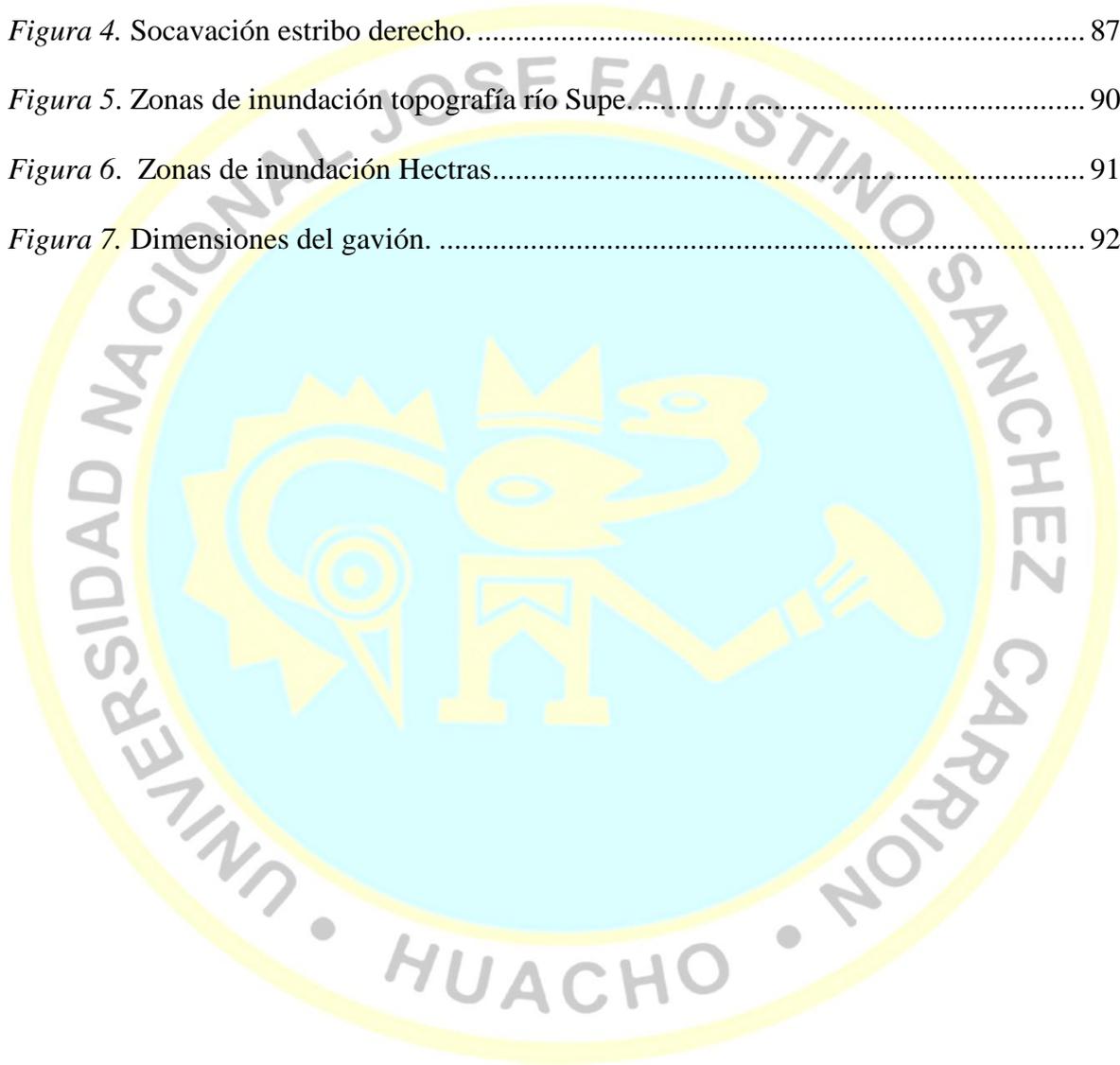
ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valores de Ct y Cp Dados Por Snyder	49
Tabla 2. Operacionalización de variables.....	60
Tabla 3. Parámetros geomorfológicos de la cuenca del río supe en la sección de interés ..	65
Tabla 4. Estación pluviométrica en la zona de estudio	65
Tabla 5. Serie histórica precipitaciones máximas en 24 horas (mm) Estación alcantarilla	67
Tabla 6. Serie Histórica de Precipitaciones Máximas en 24 Horas (Mm) Estación Ambar	68
Tabla 7. Precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes períodos de retorno estación alcantarilla.	69
Tabla 8. Precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes períodos de retorno estación Ambar.....	70
Tabla 9. Distribución probabilística elegida según el criterio de AIC-estación Alcantarilla y Ambar.....	71
Tabla 10. Precipitación máxima en 24 horas corregida en mm.....	72
Tabla 11. Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje.....	73
Tabla 12. Periodos de retorno puente del puente Supe.....	74
Tabla 13. Valores de periodo de retorno t (años)	75
Tabla 14. Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno a nivel areal	79
Tabla 15. Caudal de diseño para Tr=140 y 500 años	79
Tabla 16. Parámetros hidráulicos aguas arriba del puente primera calzada	79
Tabla 17. Parámetros hidráulicos aguas abajo del puente primera calzada.....	80
Tabla 18. Parámetros hidráulicos aguas arriba del puente segunda calzada	80
Tabla 19. Parámetros Hidráulicos Aguas Abajo Del Puente Segunda Calzada	80
Tabla 20. Socavación general por contracción puente primera calzada.....	82

Tabla 21. Socavación general por contracción puente segunda calzada	83
Tabla 22. Socavación local en estribos.....	84
Tabla 23. Socavación Local En Estribos	85
Tabla 24. Parámetros hidráulicos del puente primera calzada	86
Tabla 25. Parámetros hidráulicos del puente segunda calzada.....	87
Tabla 26. ¿Para Usted los desastres naturales por inundaciones ocasionan grandes perjuicios económicos?.....	93
Tabla 27. ¿Según Usted a través de la municipalidad reciben algún apoyo?.....	93
Tabla 28. ¿Está Usted de acuerdo en recibir apoyo para evitar desastres naturales por inundaciones?....	94
Tabla 29. ¿Está Usted. de acuerdo con la instalación de defensas ribereñas?.....	94
Tabla 30. ¿Está Usted de acuerdo con el tipo de material utilizado en la construcción de defensa ribereña?.....	95
Tabla 31. ¿Según Usted que la topografía del terreno es importante para considerar la defensa ribereña?.....	95
Tabla 32. ¿Según Usted las defensas ribereñas presentan durabilidad?.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Precipitación máximas de 24 horas para TR=140 años.....	77
<i>Figura 2.</i> Precipitación máximas de 24 horas para tr=500 años	78
<i>Figura 3.</i> Socavación estribo izquierdo.....	86
<i>Figura 4.</i> Socavación estribo derecho.	87
<i>Figura 5.</i> Zonas de inundación topografía río Supe.....	90
<i>Figura 6.</i> Zonas de inundación Hectras.....	91
<i>Figura 7.</i> Dimensiones del gavión.	92



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia	108
Anexo 2: Encuesta realizada sobre defensa ribereña.....	109
Anexo 3: Modelo de ficha de juicios de expertos	110
Anexo 4: Validación de instrumentos	112
Anexo 5: Confiabilidad de los instrumentos	114
Anexo 6: Ubicación del río Supe.....	115
Anexo 7: posibles desastres naturales	116
Anexo 8: Estado inicial de los gaviones.....	122
Anexo 9: Dimensiones de las cajas de gaviones	123
Anexo 10: Secciones transversales de gaviones.....	124
Anexo 11: Secciones transversales de gaviones.....	125
Anexo 12: Afectación – vista en planta.....	126
Anexo 13: Afectación en plataforma.....	127
Anexo 14: Afectación en gaviones.....	128

CONSTRUCCIÓN DE DEFENSA RIBEREÑA DEL RIO SUPE ANTE POSIBLES DESASTRES NATURALES

Aldo Oscar Tabori Rivera¹

RESUMEN

Objetivo: Realizar la construcción de la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018. **Métodos:** Población: Longitud de su cauce principal del río Supe de 86,83 Km en el año 2018; muestra: Longitud de su cauce principal del río Supe de 86,83 Km en el año 2018; diseño no experimental longitudinal descriptivo. Se utilizó la cartografía del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y la información pluviométrica que ha servido de base para la cuantificación de la escorrentía superficial es la correspondiente a precipitaciones máximas en 24 horas obtenida de las estaciones ubicadas en la cuenca del río Supe información proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). unidades Hidrográficas delimitadas por la Autoridad Nacional del Agua , cálculos estadísticos usando el software Hyfran, para la edición y administración de datos, geoprocésamiento, georeferenciación, análisis de gráficos, edición de mapas y elaboración de mapas con ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox y uso del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó el software AutoCad y para el procesamiento de los datos encuestados se utilizó la estadística descriptiva haciendo uso del programa SPSS, **Resultados:** a) El área de influencia de 1019,21 Km² y un perímetro de 242,60 km., asimismo la longitud de su cauce principal es de 86,83 Km. b) variación espacial de la precipitación máxima en 24 horas para un tiempo de retornos de 140 años en el que se puede ver que los valores varían de 1,04 mm a 69,7 mm y para un tiempo de retornos de 500 años en el que se puede ver que los valores varían de 1,05 mm a 93,8 mm. c) Las obras de defensa serán los muros de gaviones los cuales se ubicarán inmediatamente a la entrada y salida de los puentes propuestos, dispuestos de tal manera que los flujos del río mantengan continuidad entre puentes y no afecten los accesos, siguiendo la ubicación y geometría indicada en los planos del proyecto. Se prevé la proyección de gaviones debido a las bajas pendientes y a que las velocidades del río no superan los 5,0 m/s, además de la disponibilidad de material. d) La encuesta sobre la instalación de defensas ribereñas del 100 % (29) de personas encuestadas, el 72,0 % refieren estar de acuerdo, el 24,0 % está en completamente de acuerdo y el 4,0 % restante no sabe/no opina. **Conclusiones:** a) Se contó con información de la ciudad de Supe, donde el fenómeno del Niño, los constantes sismos, la cercanía al mar y el suelo arenoso, generan un ambiente de riesgo permanente. b) Se determina los parámetros de diseño necesarios para la construcción de la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales. c) Se construyó la defensa ribereña considerando la calidad y control de los materiales y disponibilidad de mano de obra. d) La defensa ribereña del río Supe construida es muy favorable para el control de los efectos ante posibles desastres naturales según la opinión del personal involucrado y pobladores de la zona.

Palabras clave: Defensa ribereña, desastres naturales y muros

¹ Facultad de Ingeniería Civil, email: logistehuacho@hotmail.com

RIBEREÑA DEL RIO SUPE DEFENSE CONSTRUCTION BEFORE POSSIBLE NATURAL DISASTERS

Aldo Oscar Tabori Rivera¹

ABSTRACT

Objective: To carry out the construction of the Supe riverine defense against possible natural disasters in 2018. **Methods:** Population: Length of its main channel of the Supe river of 86.83 Km in 2018; Sample: Length of its main channel of the Supe river of 86.83 Km in 2018; descriptive longitudinal non-experimental design. The cartography of the National Geographic Institute (IGN) was used and the rainfall information that has served as the basis for the quantification of surface runoff is that corresponding to maximum rainfall in 24 hours obtained from the stations located in the Supe river basin, information provided by the National Service of Meteorology and Hydrology (SENAMHI). Hydrographic units delimited by the National Water Authority, statistical calculations using Hyfran software, for data editing and administration, geoprocessing, georeferencing, graph analysis, map editing and mapping with ArcMap, ArcCatalog and ArcToolbox and use of the Manual of Hydrology, Hydraulics and Drainage. For the processing and analysis of the data, AutoCad software was used and for the processing of the surveyed data, descriptive statistics were used using the SPSS program, **Results:** a) The area of influence of 1019.21 Km² and a perimeter of 242,60 km., Also the length of its main channel is 86.83 km b) spatial variation of the maximum rainfall in 24 hours for a return time of 140 years in which it can be seen that the values vary from 1,04 mm to 69.7 mm and for a return time of 500 years in which it can be seen that the values vary from 1.05 mm to 93.8 mm.c) The defense works will be the gabion walls which will be located immediately at the entrance and exit of the proposed bridges, arranged in such a way that the river flows maintain continuity between bridges and do not affect the accesses, following the location and geometry indicated in the project plans. The projection of gabions is expected due to the low slopes and because the river speeds do not exceed 5.0 m / s, in addition to the availability of material. d) The survey on the installation of coastal defenses of 100% (29) of respondents, 72.0% report agreeing, 24.0% agree completely and the remaining 4.0% do not know / no opinion **Conclusions:** a) Information was provided about the city of Supe, where the phenomenon of El Niño, the constant earthquakes, the proximity to the sea and the sandy soil, generate a permanent risk environment. b) The design parameters necessary for the construction of the Supe riverine defense against possible natural disasters are determined. c) The coastal defense was built considering the quality and control of materials and availability of labor. d) The riverside defense of the Supe River is very favorable for the control of the effects of possible natural disasters according to the opinion of the personnel involved and residents of the area.

Keywords: Riparian defenses, natural disasters and walls

¹ Facultad de Ingeniería Civil, email: logistehuacho@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Las defensas ribereñas, son elementos constructivos cuya principal misión es servir de contención, bien de un terreno natural, bien de un relleno artificial o de un elemento a almacenar.

Las formas de funcionamiento de las defensas ribereñas son diferentes.

El estudio comprende, en el capítulo 1, se desarrolla el marco de la realidad problemática formulada sobre las bases de revisiones bibliográficas, estudios exploratorios y técnicas adecuadas para el enfoque del problema.

En el capítulo 2, denominado marco teórico, se detalla sobre la institución en estudio y se mencionan estudios nacionales y extranjeros que fueron tomados en cuenta; así mismo se exponen las bases teórico científicas de las variables enfocadas

En el capítulo 3, denominado marco metodológico, se precisan los elementos principales del protocolo de investigación como: hipótesis, variables, tipo de investigación, diseño, método de estudio, población y muestra, técnicas de acopio de datos y método de análisis de datos.

En el capítulo 4, se presentan los análisis y resultados estadísticos, los cuales comprenden la validación de instrumentos, la confiabilidad como también la presentación de cuadros e interpretación de los resultados estadísticos.

En el capítulo 5, parte final del trabajo de investigación se formulan de manera puntual las conclusiones más relevantes, se plantean recomendaciones dirigidas a los ingenieros y a personas involucradas en el saber de la tecnología. Y en la sección de anexos se adjuntan las evidencias que contribuyen a lograr la credibilidad del estudio.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Las lluvias intensas de enero a marzo en la sierra del Perú provocan cada cierto tiempo catástrofes en las cuencas desprotegidas, causando la erosión e inundación de los suelos con pérdidas económicas, en algunos casos irrecuperables, que afectan la infraestructura existente vial y poblacional, introduciendo un impacto negativo en la vida del hombre.

La ocurrencia periódica de precipitaciones extraordinarias ya sea por presencia del Fenómeno del Niño o de otras perturbaciones climáticas, hacen que, en el distrito de Supe, el cauce del Rio supe aumente en volúmenes considerables, estos volúmenes “extras” generan desbordes del río en zonas urbanas y agrícolas de las localidades Supe Pueblo, y como consecuencia de ello desastres socio económicos y ambientales.

En épocas de invierno aumenta su caudal debido a las precipitaciones abundantes que pueden causar desbordamientos del mismo, provocando daños a las poblaciones que habitan cerca de los alrededores del río, ésta situación trae consecuencias socio económicas en la medida que afectan centros de producción agrícola o industrial y a las estructuras sometidas al riesgo hídrico como vías o edificaciones, por esta razón, para preservarlas, se hace necesario la construcción de defensas para el control de sus aguas, que brinden protección o reduzcan los riesgos de inundación, especialmente en la ciudad de Supe Pueblo.

El tipo de defensa a utilizar depende de la ubicación del área aledaña, si es una zona rural o urbana. Es importante destacar que antes de realizar el diseño de dichas protecciones

se deben hacer una serie de estudios preliminares como el hidrológico, para determinar los caudales de diseño y poder estimar hasta donde podría subir el nivel del agua y el alcance de esta, así se podrá definir a que distancia se tienen que colocar las defensas.

Estas defensas tienen por objeto la protección de las orillas contra los procesos de erosión de sus márgenes, originada por la excesiva velocidad del agua, y mantener el curso de los ríos. Deben ser construidas de tal manera que puedan soportar las condiciones ambientales, los efectos del oleaje y la corrosión, tomando en cuenta la buena utilización de materiales que cumplan con las propiedades de impermeabilidad y durabilidad a la intemperie, aislamiento térmico y que presente resistencia al fuego. Además, estos materiales se deben integrar al resto de los componentes para proporcionar estética a la construcción.

Dada la importancia que representa la cuenca del río Supe y su riesgo de inundación a las poblaciones adyacentes, se considera importante la realización de análisis para los diferentes tipos de defensas, con el fin de indicar los materiales adecuados a utilizar, así como las especificaciones para su construcción.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

- ¿Cómo será la construcción de la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Qué característica presenta la cuenca hidrográfica del río Supe en la sección de interés al año 2018?
- ¿Cuáles son los parámetros de diseño necesarios para la construcción de la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018?

- ¿Qué características presenta la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018?
- ¿Cómo está evaluado la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Realizar la construcción de la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la cuenca hidrográfica del río Supe en la sección de interés al año 2018.
- Determinar los parámetros de diseño necesarios para la construcción de la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018,
- Realizar la construcción de la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018.
- Realizar la evaluación de la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación Teórica

El estudio se justifica desde el punto de vista teórico por el hecho que existen informaciones técnicas referente al problema en estudio, así como evidencias documentadas de los daños que pueden ocasionar las inundaciones.

1.4.2 Justificación práctica

El estudio presenta una justificación práctica porque solucionará un grave problema que es recurrente y periódico en nuestro país, a consecuencia de fenómenos del niño.

1.4.3 Justificación legal

Para el estudio se utilizaron las normativas legales y/o legislación aplicable, que aseguren y garanticen un adecuado control de las inundaciones mediante las defensas ribereñas.

1.4.4 Justificación social

El estudio en lo social se justifica en vista que plasma una solución a un problema que perjudica a los pobladores y agricultores colindantes del río Supe.

1.5 Delimitaciones del estudio

1.5.1 Delimitación espacial

Coordenadas

Parte 1	Inicio	204753,32 m E ´ 8800497,02 m S
	Final	205049,56 m E ´ 8800529,752 m S
Parte 2	Inicio	205183,41 m E ´ 8800524,42 m S
	Final	207186,82 m E ´ 8800529,752 m S
Parte 3	Inicio	212803,08 m E ´ 8799551,22 m S
	Final	214825,44 m E ´ 8799460,27 m S
Parte 4	Inicio	220566,48 m E ´ 8797491,14 m S
	Final	222564,27 m E ´ 8796376,27 m S

Lugar : Supe
Provincia : Barranca
Departamento : Lima
Región : Lima Provincias

1.5.2 Delimitación temporal

- Meses : Enero - Diciembre
- Año : 2018

1.5.3 Delimitación teórica

- Defensa ribereña
- Desastres naturales

1.6 Viabilidad del estudio

1.6.1 Viabilidad técnica

El estudio fue viable en lo técnico, al contarse con datos e informaciones estadísticas de instituciones gubernamentales y privadas dedicadas a la observación y/o monitorio de desastres naturales, así como el investigador laboro en la ejecución del presente estudio.

1.6.2 Viabilidad ambiental

Por el nivel descriptiva de investigación, está orientado al diseño, por o tanto los impactos ambientales fueron mínimos, en los trabajos de campo y de gabinete, datos tomados con la técnica de observación.

1.6.3 Viabilidad financiera

Para el desarrollo del estudio, los presupuestos de gastos estuvieron garantizados en su totalidad por el investigador.

1.6.4 Viabilidad social

Es de importancia la viabilidad social, por el hecho que busca dar una medida correctiva de desbordes del río Supe, que feta en gran medida a los agricultores del valle de influencia del sector estudiado del río Supe.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Investigaciones internacionales

Galanton & Romero (2007). Universidad de Oriente. Barcelona, en su tesis de grado: *descripción de las defensas ribereñas*, tuvo por objetivo: describir los tipos de defensas que se deben utilizar para proteger estructuras cercanas al río. Llegando a concluir que el muro de gavión, es uno del más apropiado, ya que es una obra construida con materiales flexibles, que cumplen con las exigencias establecidas, y puede adecuarse a deformaciones que puedan producirse una vez puesta en funcionamiento. En muchos casos las estructuras de defensas ribereñas son dimensionadas con una falla conceptual, ya que quedan expuestas a la acción de la velocidad del agua en su base, lo cual provoca socavamiento y erosión al pie de la obra. Una solución adoptada para evitar este problema es la plataforma de deformación, que es compuesta por gaviones tipo colchón, son elementos flexibles posicionados en frente de la estructura, que, al deformarse, acompañan la erosión del fondo, evitando así que esta alcance la base de la estructura y la desestabilice. Las inundaciones registradas en el río Neverí, se debió a la gran pluviosidad de la cuenca trayendo como consecuencia un aumento anormal de niveles y el posterior colapso de los diques, lo que provocó el desbordamiento del caudal. Una solución para que no vuelva a suceder esta situación es mejorar los diques existentes y colocarlos a una distancia más alejada de los ríos, ya que estas zonas aluviales son aprovechadas para la agricultura y también que la distancia es compensada con la altura, siempre y cuando se puedan alejar y no afecten la planificación de la ciudad.

Pardo (2014). Universidad del Bio-Bio. Colombia, en su tesis de grado: *influencia de la humedad inicial en la erosión hídrica de un talud*, tuvo por objetivo: Analizar la influencia de la humedad inicial del suelo en la erosión hídrica de un talud en forma experimental. Llegando a concluir la humedad inicial tiene una influencia directa en la erosión hídrica de taludes, el material erodado presenta una tendencia exponencial a medida que aumenta la humedad inicial, obteniéndose aumentos de 0,5; 1,5 y 4 veces la cantidad de material erodado para rangos de 19 %, 32 % y 40 % de humedad inicial respectivamente en comparación a un rango de 13%. Cuando aumenta la duración de los ensayos la tendencia se transforma en lineal, obteniendo un aumento de 2,2 veces la cantidad de material erodado para un rango de humedad de 32 % de humedad en comparación a un rango de 13%, a medida que aumenta la duración de los ensayos para un mismo rango de humedad, la tendencia de aumento de material erodado es lineal, los dos rangos de humedad más baja poseen pendientes de aumento similares de 42 y 60 g/m² /min, en cambio el rango de humedad de 32% presenta una pendiente de aumento de casi el doble en comparación a los otros rangos.

2.1.2 Investigaciones nacionales

Alanya (2017). Universidad peruana los Andes. Huancayo, en su tesis de grado: *Sistema de prevención y control de erosión en la ribera del río San Fernando tramo Chayhuamayo - Shucusma, Huancayo – Junín*, tuvo por objetivos: determinar qué tipo de sistema de prevención y control de erosión se debe emplear para evitar el deterioro de las riberas del río San Fernando en el tramo Chayhuamayo - Shucusma, Huancayo – Junín. Llegando a concluir y determinar el caudal máximo 10,13 m³/s por el método de medición in-situ en épocas de máximas avenidas, para luego determinar el caudal de diseño por el método de Fuller 68,04 m³/s, influyendo este caudal significativamente en el desborde del río San Fernando en el tramo Chayhuamayo – Shucusma. Se llegó estimar la velocidad y

esfuerzo cortante del río cuando esta queda desbordada por el margen derecho, obteniendo una velocidad máxima de 2,59 m/s y un esfuerzo cortante máximo de 80,27 N/m², influyendo significativamente en el deterioro de la ribera del río San Fernando tramo Chayhuamayo – Shucusma.

Evangelista (2017). Universidad César vallejo- Lima, en su tesis de grado: *Identificación de zonas inundables y propuesta de defensa ribereña del sector Salinas 89 en el río Chancay- 2017*, tuvo por objetivos: Identificar la influencia de las zonas inundables y propuesta de defensa ribereña del sector Salinas km 89 en el río Chancay – 2017. Llegando a concluir que para determinar los parámetros hidrológicos dependerán de los datos que se tienen del lugar, por ello el método que se usó para el análisis estadístico fue el método de Gumbel con el que se determinó que el caudal es 147,03 m³/s para un periodo de retorno de 100 años el que nos indica que cada año va aumentando esto hace crea la probabilidad de mayores zonas inundables, esto conlleva que para la propuesta la altura del muro debe ser mayor que la posible avenida obtenida.

Aguilar (2016). Pontificia Universidad Católica de Perú, en su tesis de grado: *Comparación Técnica entre el uso de Gaviones y Geoceldas como estructuras de Defensa Ribereña*, tuvo por objetivos: identificar las variables técnicas que permitan comparar el comportamiento de los sistemas de revestimiento contra la erosión de colchones de gaviones y de geoceldas con relleno de concreto en el proyecto de defensa ribereña del río Zarumilla, y comparar los resultados del análisis de las variables técnicas definidas y establecer, en base a esta comparación, el revestimiento contra la erosión más adecuado para el proyecto de defensas ribereñas en el río Zarumilla. Llegando a concluir: Se ha identificado las variables técnicas que permiten la comparación entre ambos revestimientos. Las variables definidas son las siguientes: La resistencia a la erosión y durabilidad, la rugosidad de la superficie y la estabilidad del sistema de protección. Se ha comparado el resultado del análisis de las

variables identificadas y se ha determinado que las geoceldas con relleno de concreto son el revestimiento más adecuado para funcionar como sistema de protección en el proyecto de defensas ribereñas del río Zarumilla. Mediante la recopilación de información se ha logrado establecer el marco teórico que defina ambas estructuras. Se ha recopilado los criterios de dimensionamiento de estructuras de revestimiento de colchones de gaviones y de geo-celdas con relleno de concreto para la defensa contra erosión ribereña. De esta manera, se ha identificado adecuadamente las variables y mediante los criterios establecidos se ha efectuado el dimensionamiento de la sección típica de ambos recubrimientos. Mediante el análisis de la variable de resistencia a la erosión y durabilidad se ha determinado que las geoceldas con relleno de concreto son el recubrimiento más adecuado, debido a que poseen una mayor magnitud de velocidad de arrastre crítica y una mejor performance ante las fuerzas de arrastre. Según los resultados del análisis de la variable de rugosidad de la superficie se demuestra que las geoceldas con relleno de concreto son el revestimiento con menor coeficiente de rugosidad, por lo tanto, más adecuado para su desempeño en el proyecto. El análisis de la variable de estabilidad del sistema ha determinado que las geoceldas con relleno de concreto son los revestimientos con mayor grado de estabilidad del sistema, lo cual ha sido definido mediante el factor de seguridad ante deslizamiento de las condiciones evaluadas.

Flores (2015). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, en su tesis de grado: *Propuesta y análisis de diseños de defensas ribereñas en el río Ilave zona rural C.P. Santa Rosa de Huayllata - Ilave*, tuvo por objetivo: proponer el análisis y diseño de defensas ribereñas en el río Ilave-sector C.P. Santa Rosa de Huayllata. Llegando a concluir: que es necesario la construcción de una defensa ribereña por el alto riesgo de inundaciones que existe en la zona, las pérdidas que estas producen como son económicas por sus actividades de ganadería y agricultura, la de transporte por la obstrucción de caminos y trochas

carrozables, en salud por las enfermedades y epidemias que estas producen y como consecuencia el atraso y desarrollo para el centro poblado de Santa Rosa de Huayllata. Del análisis de las alternativas planteadas se seleccionó la opción de diques de tierra con enrocado de revestimiento por las características de Hidráulica fluvial del río Ilave, que reúne las condiciones debido a que esta alternativa es la más apropiada comparada a la defensa ribereña de gaviones y muro de concreto, en 242 un menor costo, materiales existentes en la zona, el mantenimiento que este implica y de ser el más común en zonas rurales

Alvaro & Henríquez (2014). Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo en su tesis de grado: *Diseño Hidráulico y Estructural de Defensa Ribereña del Río Chicama tramo Puente Punta Moreno – Pampas De Jaguey Aplicando el Programa River*, tuvo como objetivo: realizar el proyecto Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Chicama, tramo Puente Punta Moreno – Pampas de Jaguey aplicando el programa River. Llegando a concluir: topográficamente el lineamiento vertical viene dado básicamente en dirección descendente con pendientes bastante moderadas o bajas típicas de relieves de ríos costeros. De acuerdo a los estudios realizados podemos concluir que los depósitos donde han de ser emplazadas las obras de contención diseñadas, vienen a ser en su totalidad depósitos aluviales estables y buena potencia, acumulados por parte del río Chicama a lo largo de los diferentes cursos adoptados por este durante su tiempo de vida. Los materiales componentes de los depósitos aluviales para el presente proyecto constan básicamente en bolones y gravas heterométricas redondeadas de diferentes tonalidades, alternados en algunos casos con limos componentes de suelos agrícolas productos del arranque y acciones erosivas de las aguas de río hacia las áreas de cultivo. Hidrológicamente se utilizó el Programa River para encontrar el caudal de diseño, empleando el Método Estadístico; una vez ingresados los datos, finalmente se tendrá el cálculo de caudales mediante los tres modelos probabilísticos. Del cual se concluye que Pearson III es el más apropiado según el

Programa RIVER, el caudal es de 1,134.84 m³/s. Las Dimensiones del Dique según el programa son: - Ancho corona 4,00 m - Altura de Dique 2,70 m - Altura Enrocado 2,70 m - Altura de Uña 1,00 m - Ancho de Uña 1,50 m - Altura Total 3,70 m.

Ruiz & Colqui (2014) *Diseño de Defensas Ribereñas en el Río Marañón Tramo Chagual-Vijus en el distrito de Pataz Departamento La Libertad* que concluye que el muro de gavión, es uno del más apropiado, ya que es una obra construida con materiales flexibles, que cumplen con las exigencias establecidas, y puede adecuarse a deformaciones que puedan producirse una vez puesta en funcionamiento. En muchos casos las estructuras de defensas ribereñas son dimensionadas con una falla conceptual, ya que quedan expuestas a la acción de la velocidad del agua en su base, lo cual provoca socavamiento y erosión al pie de la obra. Una solución adoptada para evitar este problema es la plataforma de deformación, que es compuesta por gaviones tipo colchón, son elementos flexibles posicionados en frente de la estructura, que al deformarse, acompañan la erosión del fondo, evitando así que esta alcance la base de la estructura y la desestabilice. Las inundaciones registradas en el río Neverí, se debió a la gran pluviosidad de la cuenca trayendo como consecuencia un aumento anormal de niveles y el posterior colapso de los diques, lo que provocó el desbordamiento del caudal. Una solución para que no vuelva a suceder esta situación es mejorar los diques existentes y colocarlos a una distancia más alejada de los ríos, ya que estas zonas aluviales son aprovechadas para la agricultura y también que la distancia es compensada con la altura, siempre y cuando se puedan alejar y no afecten la planificación de la ciudad.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Río

Según Wikipedia (2015). “Es una corriente natural de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal determinado y desemboca en el mar, en un lago o en otro río, en cuyo caso se denomina afluente. La parte final de un río es su desembocadura”

Las variaciones de caudal lo definen el régimen hidrológico, estas variaciones temporales se dan durante o después de las tormentas. En casos extremos se puede producir la crecida cuando el aporte de agua es mayor que la capacidad del río para evacuarla, desbordándose y cubriendo las zonas llanas próximas. El agua que circula bajo tierra (caudal basal) tarda mucho más en alimentar el caudal del río y puede llegar a él en días, semanas o meses después de la lluvia que generó la escorrentía.

Los desbordamientos en los tramos bajos de las corrientes naturales donde la pendiente del cauce es pequeña y la capacidad de transporte de sedimentos es reducida, puede provocar inundaciones, las cuales pueden traer consecuencias socioeconómicas graves en la medida que afecten asentamientos humanos, centros de producción agrícola o industrial e infraestructura vial.

Para controlar el nivel máximo dentro de la llanura de inundación, se deben colocar protecciones, entre las alternativas de obras de defensas fluviales se puede mencionar: Limpieza y rectificación del cauce, obras de canalización, obras de abovedamiento, entre otras.

2.2.2 Cuencas Hidrográficas.

Es la porción de territorio drenada por un único sistema de drenaje natural. Una cuenca hidrográfica se define por la sección del río al cual se hace referencia y es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada «divisor de aguas» o «divisoria de aguas», a partir de la sección de referencia. En la medida en que se avanza hacia aguas abajo, la superficie de la cuenca va aumentando.

2.2.2.1 Elementos de la cuenca.

a) El Río Principal

El río principal actúa como el único colector de las aguas. A menudo la elección del río principal es arbitraria, pues se pueden seguir distintos criterios para su elección (el curso

fluvial más largo, el de mayor caudal medio, el de mayor caudal máximo, el de mayor superficie de cuenca, etc.).

b) Los Afluentes

Son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub-cuenca

c) El Relieve de la Cuenca

El relieve de la cuenca es variado. Está formado por las montañas y sus flancos; por las quebradas, valles y mesetas.

d) Las Obras Humanas

Las obras construidas por el hombre, también denominadas intervenciones andrógenos, que se observan en la cuenca suelen ser viviendas, ciudades, campos de cultivo y vías de comunicación. El factor humano es siempre el causante de muchos desastres dentro de la cuenca, ya que se sobreexplota la cuenca quitándole recursos o «desnudándola» de vegetación y trayendo inundaciones en las partes bajas.

2.2.2.2 Partes de una cuenca hidrográfica.

a) Cuenca Alta

Es la parte de la cuenca hidrográfica en la cual predomina el fenómeno de la socavación. Es decir que hay aportación de material terreo hacia las partes bajas de la cuenca, visiblemente se ven trazas de erosión.

b) Cuenca Media

Es la parte de la cuenca hidrográfica en la cual mediamente hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale. Visiblemente no hay erosión.

c) Cuenca Baja

Es la parte de la cuenca hidrográfica en la cual el material extraído de la parte alta se deposita.

2.2.2.3 Tipos de cuencas.

Existen tres tipos de cuencas hidrográficas:

- *Exorreicas*: avanan sus aguas al mar o al océano.
- *Endorreicas*: desembocan en lagos o lagunas, siempre dentro del continente.
- *Arreicas*: las aguas se evaporan o se filtran en el terreno. Los arroyos, aguadas y cañadones de la meseta central patagónica pertenecen a este tipo, ya que no desaguan en ningún río u otro cuerpo hidrográfico de importancia.

2.2.3 Inundación.

Es la ocupación por el agua de zonas o áreas que en condiciones normales se encuentran secas. Se producen debido al efecto del ascenso temporal del nivel del río, lago u otro. En cierta medida, las inundaciones pueden ser eventos controlables por el hombre, dependiendo del uso de la tierra cercana a los cauces de los ríos. (GAMA, 2008)

2.2.3.1 Causas de las Inundaciones.

a) Causas naturales.

Meteorológicas:

Las grandes lluvias son la causa natural principal de inundaciones, pero además hay otros factores importantes, entre ellos se encuentran:

Exceso de precipitación:

Los temporales de lluvias son el origen principal de las avenidas. Cuando el terreno no puede absorber o almacenar toda el agua que cae esta resbala por la superficie (escorrentía) y sube el nivel de los ríos.

No Meteorológicas:

Invasión del mar, deshielo (No es común en Centroamérica).

b) Causas no naturales (antrópicas).

Rotura de presas:

Cuando se rompe una presa toda el agua almacenada en el embalse es liberada bruscamente y se forman grandes inundaciones muy peligrosas.

Actividades humanas:

Los efectos de las inundaciones se ven agravados por algunas actividades humanas como, por ejemplo:

Al asfaltar cada vez mayores superficies se impermeabiliza el suelo, lo que impide que el agua se absorba por la tierra y facilita el que con gran rapidez las aguas lleguen a los cauces de los ríos a través de desagües y cunetas.

Las canalizaciones solucionan los problemas de inundación en algunos tramos del río pero los agravan en otros a los que el agua llega mucho más rápidamente.

La ocupación de los cauces por construcciones reduce la sección útil para evacuar el agua y reduce la capacidad de la llanura de inundación del río. La consecuencia es que las aguas suben a un nivel más alto y que llega mayor cantidad de agua a los siguientes tramos del río, porque no ha podido ser embalsada por la llanura de inundación, provocando mayores desbordamientos.

c) Causas mixtas.

En algunas ocasiones puede producirse una inundación por la rotura de una obra hidráulica, por causas meteorológicas.

2.2.3.2 Tipos de inundaciones

Las inundaciones pueden clasificarse de acuerdo con:

a) Por el tiempo de duración

Estas pueden ser:

- Inundaciones muy rápidas producidas por lluvias de intensidad muy fuerte (superior a 180 mm/h) pero muy cortas (menos de 1 hora).

La cantidad de lluvia totalizada no supera los 80 mm. Usualmente producen inundaciones locales en las ciudades y pueblos (inundaciones de plazas, garajes, sótanos, etc., debido a problemas de drenaje) o en pequeñas cuencas con mucha pendiente, produciéndose las llamadas inundaciones súbitas.

- Las inundaciones producidas por lluvia de intensidad fuerte o moderada (superior a 60 mm/h) y duración inferior a 72 horas.

Cuando estas lluvias afectan a ríos con mucha pendiente o con mucho transporte sólido, las inundaciones pueden ser catastróficas.

Es posible distinguir entre dos categorías:

- Inundaciones catastróficas producidas por lluvias de fuerte intensidad durante dos o tres horas, y una duración total del episodio inferior a 24 horas.
- Las inundaciones catastróficas producidas por lluvias de intensidad fuerte y moderada durante dos o tres días.

b) Según el origen que las genere

- Pluviales (Por exceso de lluvia).

Ocurren cuando el agua de lluvia satura la capacidad del terreno y no puede ser drenada, acumulándose por horas o días sobre el terreno.

- Fluviales (Por desbordamiento de ríos).

La causa de los desbordamientos de los ríos y los arroyos hay que atribuirla en primera instancia a un excedente de agua, igual que la sequía se atribuye al efecto contrario, la carencia de recursos hídricos. El aumento brusco del volumen de agua que un lecho o cauce es capaz de transportar sin desbordarse produce lo que se denomina como avenida o riada. Una avenida es el paso por tramos de un río, de

caudales superiores a los normales, que dan lugar a elevaciones de los niveles de agua.

c) Protección contra inundaciones

La protección contra las inundaciones incluye, tanto las medidas estructurales, como los no estructurales, que dan protección o reducen los riesgos de inundación.

Las medidas estructurales:

Incluyen las represas y reservorios, modificaciones a los canales de los ríos, diques y riberos, depresiones para desbordamiento, cauces de alivio y obras de drenaje. Para controlar las inundaciones, en riberos y mejoramiento al canal, incrementan la capacidad del río, aumentan su velocidad de flujo, o logran los dos efectos, simultáneamente. Las modificaciones al canal que se pueden realizar son: dragarlo para que sea más ancho o profundo, limpiar la vegetación u otros residuos, emparejar el lecho o las paredes, o enderezarlo; todo esto ayuda a aumentar la velocidad del agua que pasa por el sistema, e impedir las inundaciones. Al enderezar el canal, eliminando los meandros, se reduce el riesgo de que el agua rompa la orilla del río en la parte exterior de las curvas, donde la corriente es más rápida y el nivel es más alto.

Las medidas no estructurales:

Consiste en el control del uso de los terrenos aluviales mediante zonificación, los reglamentos para su uso, las ordenanzas sanitarias y de construcción, y la reglamentación del uso de la tierra de las cuencas hidrográficas. Las medidas no estructurales para controlar las inundaciones, tienen el objetivo de prohibir o regular el desarrollo de la zona aluvial, o la cuenca hidrográfica, o proteger las estructuras existentes, a fin de reducir la posibilidad de que sufran pérdidas debido a la inundación. Al igual que toda medida preventiva, son menos costosas que el

tratamiento (es decir, la instalación de las medidas estructurales necesarias para controlar las inundaciones).

Esencialmente, las medidas no estructurales son beneficiosas, porque no tratan de regular el modelo natural de inundación del río. La filosofía actual de muchos planificadores y fomentadores de políticas, es que es mejor mantener los terrenos aluviales sin desarrollo, como áreas naturales de desbordamiento. Sin embargo, si existe desarrollo en la zona aluvial, se deberá utilizar control no estructural, conjuntamente con las medidas estructurales. Las medidas no estructurales pueden ser efectivas en el grado en que el gobierno sea capaz de diseñar e implementar el uso adecuado del terreno.

2.2.4 Defensas ribereñas

Son estructuras construidas para proteger las áreas aledañas a los ríos, contra los procesos de erosión de sus márgenes producto de la excesiva velocidad del agua, que tiende a arrastrar el material ribereño y la socavación que ejerce el río, debido al régimen de precipitaciones abundantes sobre todo en época de invierno, ya que son causantes de la desestabilización del talud inferior y de la plataforma de la carretera. Estas obras se colocan en puntos localizados, especialmente para proteger algunas poblaciones y, singularmente, las vías de comunicación, estas pueden ser efectivas para el área particular que se va a defender, pero cambian el régimen natural del flujo y tienen efectos sobre áreas aledañas, los cuales deben ser analizados antes de construir las obras. (Alvaro & Henríquez, 2014)

Para llevar a cabo un proyecto de defensas fluviales es fundamental contar con una serie de información preliminar o antecedentes que permitan diagnosticar el problema que se quiere solucionar; como: hidrológicos, topográficos y geomorfológicos. Así también se requerirá antecedentes sobre inundaciones anteriores, daños provocados, zonas afectadas, etc. (Alvaro & Henríquez, 2014)

2.2.5 Hidrología estadística

Según (OMM, 2011) el análisis de frecuencia tiene por objeto analizar registros históricos de variables hidrológicas con el fin de estimar las probabilidades de que vuelvan a ocurrir. Los datos utilizados para el análisis deben ser evaluados en términos de los objetivos, de la duración de los registros disponibles y de que éstos estén completos.

En este subcapítulo se realizará el análisis de frecuencias referido a precipitaciones máximas diarias, con la finalidad de estimar precipitaciones máximas para diferentes períodos de retorno, siguiendo la siguiente secuencia: a) selección de modelos probabilístico, b) estimación de parámetros y c) pruebas de bondad de ajuste de los modelos probabilísticos.

Las funciones de distribución de probabilidades se utilizan ampliamente en diversos estudios hidrológicos relacionados con los recursos hídricos, por ejemplo el estudio de las avenidas, caudales, volúmenes de avenidas, precipitaciones máximas e intensidades, por sólo citar algunos (Álvarez, 2000).

2.2.5.1 Funciones de distribución de probabilidad

En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; y obviamente no es posible probarlas todas. Por ello, se ha escogido de esa variedad de funciones, las que se adaptan mejor para fines del Estudio, habiéndose considerado utilizar para nuestro caso en particular (estimación de precipitaciones para diferentes períodos de recurrencia para el diseño hidráulico de la estructura de drenaje) las funciones de distribución de probabilidad que se describen a continuación.

Algunas de las distribuciones habitualmente utilizadas para el análisis de las series de máximos anuales son la distribución de Gumbel, Generalizada de Valores Extremos, Log-Normal y Log-Pearson de Tipo III (OMM, 2011).

a) Distribución normal

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

$$F(x) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} e^{\left(-1/2(x-u)^2/S^2\right)} dx \quad (1)$$

Donde u y S son los parámetros de la distribución. Estos parámetros determinan la forma de la función $f(x)$.

b) Distribución log normal 2 parámetros

La función de distribución de probabilidad es:

$$P(x \leq x_i) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} \int_{-\infty}^{x_i} e^{\left(-x^2/2S^2\right)} dx \quad (2)$$

Donde \bar{X} y S son los parámetros de la distribución.

Si la variable x de la ecuación (1) se reemplaza por una función $y = f(x)$, tal que $y = \log(x)$, la función puede normalizarse, transformándose en una ley de probabilidades denominada log – normal, $N(Y, S_y)$. Los valores originales de la variable aleatoria x , deben ser transformados a $y = \log x$, de tal manera que:

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n \log x_i / n \quad (3)$$

Donde \bar{Y} es la media de los datos de la muestra transformada.

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n-1}} \quad (4)$$

Donde S_y es la desviación estándar de los datos de la muestra transformada.

Asimismo; se tiene las siguientes relaciones:

$$Cs = a/S^3 y \quad (5)$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^3 \quad (6)$$

Donde C_s es el coeficiente de oblicuidad de los datos de la muestra transformada.

(Monsalve, 1999).

c) Distribución log normal 3 parámetros

La función de densidad de x es:

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sqrt{(2\pi)S_y}} e^{-1/2\left(\frac{\ln(x-x_0)-u_y}{S_y}\right)^2} \quad (7)$$

Para $x > x_0$

Donde:

X_0 : parámetro de posición

U_y : parámetro de escala o media

S_y^2 : parámetro de forma o varianza

d) Distribución gamma 2 parámetros

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)} \quad (8)$$

Válido para:

$$0 \leq x < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

Donde:

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala

e) Distribución gamma 3 parámetros

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)} \quad (9)$$

Válido para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Donde:

x_0 : origen de la variable x , parámetro de posición

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala

f) Distribución log Pearson tipo III

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x \beta^\gamma \Gamma(\gamma)} \quad (10)$$

Válido para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Donde

x_0 : parámetro de posición

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala

g) Distribución Gumbel

La distribución de Valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad (11)$$

Siendo:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma} \quad (12)$$

$$\beta = \mu - 0.45\sigma \quad (13)$$

Donde:

α : Parámetro de concentración.

β : Parámetro de localización.

Según Ven Te Chow, la distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$x = \bar{x} + k\sigma_x \quad (14)$$

Donde:

x : Valor con una probabilidad dada.

\bar{x} : Media de la serie.

k : Factor de frecuencia.

h) Distribución Gev-valores extremos generalizados

Los valores extremos son valores máximos o mínimos seleccionados de conjuntos de datos. Por ejemplo, el caudal máximo anual en un lugar dado es el mayor caudal registrado durante un año y los valores de caudal máximo anual para cada año de registro histórico conforman un conjunto de valores extremos que puede analizarse estadísticamente. Fisher y Tippett (1928) han demostrado que las distribuciones de valores extremos seleccionados de conjuntos de muestra de cualquier de probabilidad convergen en una de las tres formas de distribuciones de valor extremo, llamadas

Tipo I, II y III respectivamente, cuando el número de valores extremos seleccionados es grande.

Jenkinson (1955) demostró que estas tres formas limitantes eran casos especiales de una distribución única llamada la distribución de Valor Extremo General (GEV), por sus siglas en ingles). La función de distribución de probabilidad para la GEV es:

$$F(x) = \exp \left[- \left(1 - k \frac{x - \mu}{\alpha} \right)^{1/k} \right] \quad (15)$$

Donde k , μ y α son los parámetros que deben ser determinados.

2.2.6 Estimación de los parámetros

En el supuesto que los fenómenos extremos están adecuadamente descritos por una familia de distribuciones, la tarea del hidrólogo consistirá en estimar los parámetros de la distribución, a fin de que sea posible calcular los cuantiles y valores esperados requeridos con el modelo ajustado (OMM, 2011).

Según Wilches (2001) entre los métodos de estimación de parámetros pueden mencionarse en orden ascendente de eficiencia, la cual considera que un estimador sea no sesgado y regular, entre otros, están: el método gráfico, el método de mínimos cuadrados, el método de los momentos, el método de momentos ponderados por la probabilidad o el método de “L Moments” y el método de máxima verosimilitud.

El método con el cual se estimó los parámetros fue la máxima verosimilitud, este método fue elegido debido a que teóricamente es el más correcto o más eficiente para el cálculo de parámetros de las distribuciones en el sentido que produce menos errores, según Wilchez (2001), Álvarez (2000) y Chow (2011).

a) Método de máxima verosimilitud

Dada una función densidad de probabilidad $f(x, \alpha, \beta, \gamma)$, donde α, β son parámetros que deben ser estimados.

Se define la función verosimilitud de la muestra, como la productora:

$$L = \prod_{i=1}^N f(x_i, a, \beta, \gamma, \dots) \quad (16)$$

$$L = f(x_1, a, \beta, \gamma, \dots) \cdot f(x_2, a, \beta, \gamma, \dots) \cdot \dots \cdot f(x_N, a, \beta, \gamma, \dots) \quad (17)$$

Siendo N , el tamaño de la muestra.

El método de máxima verosimilitud, consiste en estimar a, β, γ a partir de la muestra de tal manera que L se máxima. Esto se obtiene por la diferenciación parcial de L con respecto a cada parámetro e igualando a cero.

Puesto que $f(x)$ es no negativa, un valor máximo a L será, en general positivo.

Como el logaritmo natural $\ln L$ es una función monótona creciente de L , esta tiene un máximo precisamente en los puntos en que L tiene un máximo. Por lo tanto, se puede usar $\ln L$ en lugar de L , es decir:

$$L = \prod_{i=1}^N f(x_i, a, b, c, \dots) \Rightarrow \ln L = \sum_{i=1}^N \ln f(x_i, a, b, c, \dots) \quad (18)$$

Este artificio, permite transformar un producto a una sumatoria, donde a, b, c , son estimadores de α, β, γ , entonces el conjunto de ecuaciones de máxima verosimilitud es:

$$\frac{\partial \ln L}{\partial a} = 0, \frac{\partial \ln L}{\partial b} = 0, \frac{\partial \ln L}{\partial c} = 0, \dots \quad (19)$$

Se obtienen, de esta forma, tantas ecuaciones como parámetros tenga la distribución de probabilidades.

Los estimadores por máxima verosimilitud presentan muy buenas propiedades estadísticas en muestras grandes y la experiencia ha mostrado que generalmente funcionan bien en los registros hidrológicos usualmente disponibles. Sin embargo, producen malas estimaciones en muestras pequeñas (Benjamin&Cornell, 1981).

2.2.7 Pruebas de bondad del ajuste

Según Benjamin&Cornell (1981), el propósito de las pruebas de bondad de ajuste es únicamente responder a la cuestión de si los datos se desvían una cantidad estadísticamente significativa respecto del modelo de predicción. En consecuencia, este procedimiento permite rechazar un modelo por no ser adecuado, pero no permite probar que un modelo probabilístico es correcto.

En la teoría estadística, las pruebas de bondad del ajuste más conocidas son la Chi-Cuadrado χ^2 y la Kolmogorov – Smirnov. Para fines del estudio, la prueba de ajuste a utilizar será Chi- Cuadrado y se describe a continuación

Para concluir que una distribución probabilística es aceptada o rechazada, se utilizó el estadístico Chi-Cuadrado a un nivel de significancia de 0,05 o un probabilidad de 95 %, se eligió esta prueba debido a que los parámetros fueron estimados mediante el método de máxima verosimilitud como recomienda Varas (1996).

a) Chi- cuadrado

La prueba de Chi - Cuadrado es considerada como una prueba no paramétrica que mide la discrepancia entre una distribución observada y otra teórica (bondad de ajuste), indicando en qué medida las diferencias existentes entre ambas; de haberlas, se deben al azar en el contraste de hipótesis. También se utiliza para probar la independencia de dos variables entre sí, mediante la presentación de los datos en tablas de contingencia y su expresión general está dado por:

$$Xc^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} \quad (20)$$

Donde:

$$\sum_{i=1}^k o_i = \sum_{i=1}^k e_i = N \quad (21)$$

Xc^2 : valor calculado de Chi-Cuadrado a partir de datos.

O_i : número de valores observados en el intervalo de clase i

e_i : número de valores esperados en intervalo de clase i

k : número de intervalo de clase

Asignando igual probabilidad de ocurrencia a cada intervalo de clase, se tiene:

$$Xc^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(N_i - NP_i)^2}{NP_i} \quad (22)$$

Donde:

N_i =Número de observaciones que caen dentro de los límites de clases ajustadas del intervalo i .

N =Tamaño muestral.

P_i =Probabilidad igual para todos los intervalos de clases.

$$P_i = \frac{1}{k}, e_i = P_i N \quad (23)$$

$$Xc^2 = \frac{K}{N} \sum_{i=1}^k N_i^2 - N \quad (24)$$

El valor de x_c^2 obtenido por la ecuación 2.17 se compara con el x_t^2 de las tablas,

cuyo valor se determina con:

Nivel de significación: $\alpha=0,05$ o $\alpha=0,01$

Grado de Libertad : g.l.= $k-1-h$

Esta prueba es aplicable estrictamente a cualquier tipo de distribución siempre que los parámetros de ella hayan sido estimados mediante el método de máxima verosimilitud (Varas ,1996).

2.2.8 Criterio de selección del modelo probabilístico

Según Araya (2010) estadísticamente, pueden existir cientos de modelos para un sólo conjunto de datos, que se ajusten con la misma calidad. A partir de la teoría de la información, es posible desarrollar una forma de seleccionar el modelo más adecuado. El objetivo no es descubrir el modelo “verdadero”, sino aquel que proporciona mayor información sobre la realidad. Por un lado, las frecuencias estimadas deben ser parecidas a las observadas y, por otro, el modelo debe ser tan reducido como sea posible. La idea principal es que, dados dos modelos con igual valor en la función verosimilitud, el mejor modelo es el que tiene el menor número de parámetros.

En general, para ambos valores de los estadísticos AIC y BIC, cuantas menores sean mejor será el modelo, porque mayor información contendrá es decir el modelo con menor AIC y BIC debe ser elegido. (Mun, 2006).

a) Criterio de información Akaike

El criterio de información Akaike (AIC)(AKAIKE, 1987) se basa en la medida de información de KULLBACK-LEIBLER (1951), la cual permite interpretar la distancia entre dos distribuciones (en nuestro caso, la observada a partir de la muestra y la teórica) a partir del log-verosimilitud de un modelo, en otras palabras, penalizando al modelo según su grado de complejidad y determinando hasta qué punto un modelo concreto se desvía de la realidad.

Su expresión es:

$$AIC = -2\ln(l) + 2m \quad (25)$$

Donde:

l =valor de la función de verosimilitud

m=número de parámetros desconocidos

$$l = f_1(x) \cdot f_2(x) \cdot f_3(x) \cdot \dots \cdot f_n(x) \quad (26)$$

Cuando el número de parámetros de un modelo aumenta, el criterio de información de Akaike también, por tanto, escoger el modelo que tiene el mínimo criterio de información de Akaike supone elegir el modelo con el menor número de parámetros posible.

2.2.9 Antecedentes topográficos y geomorfológicos

Para esto se requiere de estudios realizados de levantamiento aerofotogramétrico y planos topográficos. El estudio geomorfológico caracteriza el suelo y determina su composición, granulometría y grado de compactación. Este estudio junto con el hidrológico, permitirá determinar los principales parámetros de escurrimiento, velocidad y niveles, para los diferentes caudales.

El área de estudio está constituida por 05 unidades hidrogeológicas claramente definidas: afloramientos rocosos, depósitos aluviales, depósitos eólicos, depósitos coluviales y depósitos marinos.

Las unidades geomorfológicas en la provincia están asociadas a relieves planos ondulados desarrollados mayormente sobre depósitos aluviales y rocas, donde se ha producido las modificaciones del relieve debido a la acción de las aguas superficiales, la acción marina, la gravedad y están siendo modificados por la actividad antrópica. En general, la provincia se emplaza sobre las pampas costaneras, que representa una de las principales unidades geomorfoestructurales que se distribuyen en el territorio peruano, y se caracteriza por cubrir una amplia planicie.

a) Áreas de Inundación

Las verificaciones hidráulicas teóricas, permiten realizar el pronóstico de los ejes hidráulicos bajo diferentes condiciones de caudales. Se deberá delimitar las posibles áreas

de inundación en el sector de interés, asociando los períodos de recurrencia de los eventos señalados en los análisis hidrológicos con las probabilidades de ocurrencia de éstos.

b) Diagnóstico

Basado en los antecedentes recopilados en la etapa anterior, se deberá realizar un acabado diagnóstico de las condiciones actuales del cauce, describiendo el origen del problema que se desea solucionar.

c) Optimización de la situación actual

Esta corresponde a pequeñas inversiones o trabajos que eventualmente podrían mejorar la situación actual o sin proyecto. En general, obras de limpieza y rectificación de cauces pueden constituir un mejoramiento de la situación actual.

d) Alternativas de proyectos

En función de los daños que se pretende evitar, se debe plantear la mayor cantidad de alternativas técnicas que den solución al problema. Se plantean soluciones para eliminar los puntos de estrechamiento de cauces, regularización de riberas para mejorar su rugosidad, ampliación general del lecho, construcción de defensas en sectores externos al cauce con el fin de limitar las zonas de inundación, canalización, revestimiento de cauces, dar un nuevo trazado al cauce para dar descarga en otros sectores posibilitando deprimir el eje hidráulico, etc.

2.2.10 Caudales de diseño

La información utilizada para el cálculo del caudal de diseño se refiere a los registros de precipitación cuya cantidad es mayor a las de escurrimiento y, además, no se afectan por cambios en la cuenca, como construcción de obras de almacenamiento, derivación, etc. Por ello, es conveniente contar con métodos que permitan determinar el escurrimiento en una cuenca mediante las características de la misma y los datos precipitación. Las características

de la cuenca se conocen por medio de planos topográficos y de uso de suelo, y la precipitación a través de mediciones directas.

Los principales parámetros que intervienen en el proceso de conversión de lluvia a escurrimiento son los siguientes:

- Área de la cuenca.
- Altura total de precipitación.
- Características generales o promedio de la cuenca (forma, pendiente, vegetación etc.).
- Distribución de la lluvia en el tiempo.

2.2.10.1 Hidrográma unitario de Snyder

Snyder definió el hidrograma unitario estándar como aquel cuya duración de lluvia t_r está relacionada con el retardo de cuenca t_p por:

$$t_p = 0,75 C_t (L * L_c)^{0,3} \quad (28)$$

Donde:

t_p : Tiempo de retardo de la cuenca (horas).

C_t : Coeficiente en función de los parámetros físicos de la cuenca.

L : Longitud del curso principal desde la divisoria hasta la salida de la cuenca (Km).

L_c : Longitud desde el punto más cercano al centroide hasta la salida de la cuenca (Km.).

El caudal pico por unidad de área de drenaje del hidrograma unitario estándar es:

$$q_p = 2,75 C_p / t_p \quad (29)$$

Donde:

q_p : Caudal pico ($m^3/s \cdot Km^2$).

C_p : Coeficiente en función de los parámetros físicos de la cuenca.

t_p : Tiempo de retardo de la cuenca (horas).

Para aumentar el tiempo de desfase con el fin de tener en cuenta el incremento de la duración de la lluvia efectiva, se tiene las siguientes ecuaciones:

$$t_p = t_{pr} + (t_r - t_R) / 4 \quad (30)$$

$$t_r = 2/11 t_p \quad (31)$$

Donde:

t_{pr} : Tiempo de retardo de la cuenca (horas).

t_r : Tiempo de desfase (horas).

t_p : Tiempo de retardo de la cuenca sin considerar incremento de lluvia efectiva (horas).

t_R : Tiempo de duración efectiva (horas).

Para fines del presente Estudio, se ha considerado que el tiempo de duración efectiva está en función del tiempo de concentración, mediante las siguientes ecuaciones:

Para cuencas grandes

$$t_R = 2 (t_c)^{0.5} \quad (32)$$

Para cuencas pequeñas

$$t_R = t_c \quad (33)$$

Donde:

t_R : Tiempo de duración efectiva (horas).

t_c : Tiempo de concentración (horas).

Luego, el caudal pico por unidad de área de drenaje expresado en $m^3/s.Km.cm$ del hidrograma unitario requerido es:

$$q_{pR} = q_p \cdot t_p / t_{pR} \quad (34)$$

Donde:

q_{pR} : Caudal pico ($m^3/s. Km^2.cm$).

A continuación se muestran los valores de Ct y Cp, dados por Snyder:

Tabla 1.

Valores de Ct y Cp Dados Por Snyder

Descripción	Ct	Cp
Valor máximo	1,65	0,69
Valor mínimo	1,35	0,56

Fuente: Monsalve, 1999.

El coeficiente de Pico (Cp) es un término adimensional cuya variación está comprendida normalmente entre 0,56 y 0,69, aunque para áreas de montaña con fuertes pendientes el último valor puede ser superado y en las regiones llanas pueden llegar a ajustarse con Cp menores a 0,5 inclusive.

Para la estimación del coeficiente Ct, función de la pendiente, capacidad de retención y área efectiva de la cuenca, se asumió el valor de 1,5 y en el caso del coeficiente Cp, considerando la escasez de la información disponible, dado que no se cuenta en nuestro medio con cuencas instrumentadas que proporcionen parámetros para el cálculo y/o calibración del coeficiente en cuestión, se asumió el valor de 0,50 en todos los casos. Estos valores podrían ser algo conservadores, sin embargo, se justifica su empleo debido a las razones antes mencionadas.

2.2.10.2 Precipitación Areal

Al preparar los datos para el análisis, se observa que algunos registros están incompletos. Para llenar el vacío que existe en una serie cronológica o los espacios en blanco de un mapa, las partes faltantes de un registro pueden estimarse con métodos como la interpolación de registros simultáneos en estaciones cercanas.

Convencionalmente se usan varios métodos para calcularla precipitación media sobre una superficie determinada, tales como la media aritmética, métodos de los polígonos,

método de isoyetas, método del porcentaje del valor normal, método de porcentaje de valor anual y método hipsométrico.

El papel de la precipitación en la hidrología es fundamental, debido a que la ocurrencia de este fenómeno genera la escorrentía. La alta variabilidad espacio-temporal de la precipitación constituye una fuente importante de incertidumbre en la modelación hidrológica de estos hidrosistemas, lo cual implica que las cuencas requieran mediciones de precipitación con una alta resolución espacial y temporal insumo que no siempre está disponible en las ciudades latinoamericanas.

En la práctica es necesario conocer su variación espacial en un área de estudio, para lo cual deben construirse campos de precipitación empleando metodologías de interpolación, tales como el método de Kriging, el método IDW (InverseDistanceWeighted) y Spline desarrollados en la plataforma Gis.

En el presente estudio se utilizó el método de interpolación Kriging, debido a que se puede aplicar a cualquier tipo de datos, es considerado como uno de los mejores métodos de interpolación y provee estimaciones insesgadas y de varianza mínima (Oliver, 1990).

Kriging

El método de interpolación Kriging asume que la distancia y/o la dirección entre puntos de muestreo es una expresión de la correlación espacial entre los puntos y que por tanto dicha información puede utilizarse para explicar la variabilidad encontrada en la superficie muestreada. El algoritmo ajusta una función matemática a un determinado número de puntos o a aquellos que se encuentren en un radio de búsqueda. Este interpolador es más complejo que los anteriores y normalmente requiere de cierto conocimiento estadístico por parte del usuario. El análisis incluye los siguientes pasos: análisis estadístico exploratorio del set de datos, modelado del variograma, interpolación de la superficie y análisis de la

superficie de varianza. Este interpolador se utiliza con mucha frecuencia en estudios geológicos y edafológicos.

2.2.10.3 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es igual al tiempo que demora una partícula en llegar desde el punto más lejano hasta la salida de la cuenca. Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida. Como existe una relación inversa entre la duración de una tormenta y su intensidad, asumimos que la duración crítica es igual al tiempo de concentración.

Una ecuación que permite calcular el tiempo de concentración en minutos es la fórmula de Kirpich:

$$tc = 0.01947 L^{0.77} S^{-0.385} \quad (35)$$

Donde:

- L : Longitud del canal desde la divisoria hasta la salida de la cuenca (m)
- S : Pendiente media del canal (m/m)
- tc : Tiempo de concentración en minutos (min)

2.2.11 Preselección de alternativas

En general, corresponde en esta etapa utilizar criterios técnicos que restrinjan la materialización física de algunas alternativas. La construcción de defensas costeras es una estrategia recurrente para la protección de obras civiles, bienes e infraestructura de servicios en áreas de riesgo hídrico, sin embargo, toda defensa en sí misma encierra una paradoja dado que al incrementar la altura del terraplén se protege una mayor superficie, aunque ante un eventual colapso la destrucción es proporcional a su altura. Definir la altura más adecuada para una defensa costera puede resultar incompleto, si solo se contemplan los componentes técnicos, físicos y de materiales de la obra. Un aspecto relevante y significativo es el relacionado al ámbito de protección de la estructura en términos productivos.

Las obras de defensa ribereña estarán sometidas a diferentes efectos en mayor o menor grado según se presenten las condiciones hidráulicas y la naturaleza del terreno de fundación. Estos efectos son:

- Deformabilidad y resistencia de la fundación.
- Posibilidad de la socavación de la base.
- Estabilidad.
- Efecto abrasivo por transporte de material de fondo.
- Empuje de tierras detrás de la estructura.

2.2.11.1 Socavación

La socavación es un parámetro muy importante que permitirá definir el nivel de desplante de los apoyos del puente, para ello, se ha visto la necesidad de evaluar este parámetro mediante dos metodologías como mínimo con la finalidad de calibrar los resultados y sean acordes a lo evaluado en la etapa de campo.

a) Socavación general por contracción

La socavación general es la socavación que ocurre por variaciones que se manifiestan de manera periódica en la cuenca y que constituye una respuesta a los cambios que se suscitan en la misma.

Para el cálculo de la socavación general se tiene los siguientes métodos:

Método de Lischvanlebediev

Para el cálculo de la erosión general del lecho, se usó el método para suelos no cohesivos que tiene la siguiente expresión matemática:

$$H_s = \left[\frac{\alpha H_o^{1.667}}{0.68 \beta D m^{0.28}} \right]^e \quad (36)$$

Siendo:

$$\alpha = \frac{Q}{Hm^{5/3} B \mu} \quad (37)$$

Donde:

Hs : Socavación incluido el tirante de agua (m)

Ho : Tirante antes de la erosión (m)

Dm : Diámetro representativo de los materiales del fondo del cauce (mm)

B : Ancho efectivo de la sección (m)

β : Coeficiente relacionado al período de retorno

μ : Coeficiente de contracción

Hm : Tirante medio (m)

Q : Descarga máxima (m³/s)

e : Exponente relacionado al diámetro representativo de los materiales del cauce.

Mediante esta metodología la socavación general del cauce es igual a 0.68 m. para el puente de la primera calzada y 1.01 m. para el puente de la segunda calzada. Los cálculos se muestran en el Anexo VI.

Método de Laursen

La socavación por contracción según método de Laursen ha sido calculada con el Software HEC-RAS.

Se usa la siguiente ecuación:

$$Hs = \left(\frac{0.025 Q_2^2}{Dm^{2/3} B_2^2} \right)^{3/7} \quad (38)$$

La ecuación anterior es una simplificación de la siguiente ecuación también sugerida por Laursen:

$$H_s = \left(\frac{n^2 Q_2^2}{K_s (G_s - 1) D_m W^2} \right)^{3/7} \quad (39)$$

Donde:

- K_s : Parámetro de Shields igual a 0,039
- G_s : Gravedad específica del material del lecho igual a 2,65
- n : Coeficiente de rugosidad de Manning igual a $0,041 D_m^{1/6}$
- $H_s - h_2$: Profundidad media de socavación por contracción (m)
- H_s : Profundidad media del flujo en el cauce en la sección contraída del puente después de la socavación (m)
- Q_2 : Caudal a través del puente o en las laderas sin transporte de sedimentos (m^3/s)
- D_m : Diámetro medio efectivo del material más pequeño del lecho o en la zona de inundación que no es transportado por el flujo. Si no se tienen datos precisos, $D_m = 1,25 D_{50}$ en m.
- B_2 : Ancho efectivo del cauce en el puente descontando el ancho de los pilares (m).

b) Socavación local en estribos

El espejo de agua calculado incide en los estribos del puente por lo que se ha considerado la socavación local en estribos para un $Tr=500$ años.

Para el cálculo de la socavación local se empleó la fórmula de Froehlich calculada con el Software HEC-RAS. A continuación se describe la metodología para la estimación de la socavación de verificación en los estribos.

Método de Froehlich

El método se basa en una ecuación resultante de estudios de laboratorio, recomendado su uso para socavación tanto en lecho móvil como en agua clara:

$$y_s / h_e = 2.27 K_f K_\theta \left(\frac{L}{h_e} \right)^{0.43} Fr^{0.61} + 1 \quad (40)$$

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gh}} \quad (41)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación de equilibrio medida desde el nivel medio del lecho hasta el fondo del hoyo de la socavación (m)

h_e : Profundidad media del flujo obstruida por el estribo (m)

L : Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua (m)

F_r : Número de Froude en la sección obstruida por el estribo

V : Velocidad media del flujo aguas arriba

K_f : Coeficiente de corrección por forma del estribo. Es igual a 1,0 para estribos con pared vertical.

K_θ : Coeficiente depende del ángulo ataque del flujo. Es igual a 1,0 para $\theta=90^\circ$.

c) Socavación potencial total

La socavación potencial total es la combinación de cambios de elevación en el lecho.

La profundidad de socavación potencial total se calcula sumando la socavación general más la socavación local.

$$y_t = y_s + y_l \quad (42)$$

Donde:

y_t : Socavación potencial total (m)

y_s : Socavación general (m)

y_l : Socavación local (m)

2.3 Definición de términos básicos

Cuenca de los ríos

Una cuenca es una depresión en la superficie de la tierra, un valle rodeado de alturas.

(Wikipedia, 2019)

Hidrología

Es el análisis de frecuencia tiene por objeto analizar registros históricos de variables hidrológicas con el fin de estimar las probabilidades de que vuelvan a ocurrir. Según (OMM, 2011)

Gaviones:

Un gavión consiste en una caja de forma prismática rectangular de enrejado metálico de malla hexagonal de triple torsión, elaborada con alambre galvanizado reforzado Galfan. Los gaviones se rellenan con piedra de cantera o cualquier material similar que se pueda obtener del entorno próximo a la obra. (Bianchio Ingeniero, s.f)

Río

Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal determinado, rara vez es constante a lo largo del año, y desemboca en el mar, en un lago o en otro río, en cuyo caso se denomina afluente. La parte final de un río es su desembocadura. Algunas veces terminan en zonas desérticas. (Wikipedia, 2015)

Pantallas de concreto armado

El término “pantalla de concreto” se refiere a un muro de concreto continuo, construido desde la superficie del terreno, antes de ejecutar la excavación. El tipo más común de pantallas de concreto es una construcción vaciada en sitio con acero de refuerzo en secciones de 3 a 6 m. de longitud. Antes de colocar el concreto, la excavación se estabiliza con una suspensión de bentonita para prevenir el colapso. Constituyen un tipo de Cimentación Profunda muy usada en edificios de altura, que actúa como un muro de

contención y brinda muchas ventajas por ahorro de costes y mayor desarrollo en superficies.
(Cimentaciones GBC, s.f)

Cuenca de los ríos

Una cuenca hidrográfica es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que sus aguas dan al mar a través de un único río o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. (Wikipedia, 2013)

Defensas ribereñas

Las defensas ribereñas son estructuras construidas para proteger de las crecidas de los ríos las áreas aledañas a estos cursos de agua.

La protección contra las inundaciones incluye, tanto los medios estructurales, como los no estructurales, que dan protección o reducen los riesgos de inundación. (wikiedia, 2011)

2.4 Hipótesis de investigación

2.4.1 Hipótesis general

- La construcción de la defensa ribereña del río Supe eliminará las inundaciones por efectos de desastres naturales en el año 2018.

2.4.2 Hipótesis específicas

- Se caracteriza con información retrospectiva la cuenca hidrográfica del río Supe en la sección de interés al año 2018.
- Se determina los parámetros de diseño necesarios para la construcción de la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018,
- Se construye con criterios técnicos la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018.
- La evaluación de la defensa ribereña del río Supe es muy favorable para el control de los efectos ante posibles desastres naturales en el año 2018.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación aplicada o práctica, pues “busca la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos que se adquieren; busca el conocer para hacer, para actuar, para construir y para modificar. (Zorrilla, 1993)

Dependiendo del objetivo de la investigación que se va a realizar, podemos determinar el tipo de investigación al que corresponde. Esta labor debe realizarse antes de formular el plan de investigación, con el fin de tener bien definido lo que se piensa hacer y qué tipo de información se debe obtener, ya que este documento constituye una secuencia estructurada de fases y operaciones que se articulan en cadena. (Carrasco, 2017, pág. 43)

Según la intervención del investigador: observacional

Según la planificación de las mediciones: retrospectivo y prospectivo

Según el número de mediciones de la variable de estudio: longitudinal

Según el número de variables analíticas: descriptivo

Tipo de Investigación: aplicada.

3.1.2 Nivel de investigación

Siendo la producción de los nuevos conocimientos y la resolución de problemas críticos, acciones estratégicas, que en esencia representan el propósito fundamental de la investigación científica, deben realizarse guardando un cierto orden progresivo y escalonado. (Carrasco, 2017, pág. 41)

La presente tesis utilizaría el nivel de investigación descriptiva porque consiste en especificar las propiedades, las características y los perfiles de las personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis; siendo útil para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación”. Sampieri (2010, p. 85).

Nivel de investigación: descriptivo

3.1.3 Diseño

La diversidad y complejidad de los hechos y fenómenos de la realidad (social y natural) han conducido a diseñar y elaborar numerosas y variadas estrategias, para analizar y responder a los problemas de investigación según su propia naturaleza y características. Así, por ejemplo, tenemos: los diseños experimentales y los diseños no experimentales, ambos con igual importancia y trascendencia en el plano científico. (Carrasco, 2017, pág. 59)

Diseño: No experimental longitudinal descriptivo.

3.1.4 Enfoque

La metodología del presente trabajo de investigación es cuantitativa en la recogida de datos de la variable de caracterización y cualitativa en el diseño de la defensa ribereña y encuestas a la población.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Es el conjunto de todos los elementos (unidades de análisis) que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación. (Carrasco Díaz, 2008, pág. 236)

Población: Longitud de su cauce principal del río Supe de 86,83 Km en el año 2018.

3.2.2 Muestra

La muestra es una parte o fragmento representativo de la población, cuyas características son las de ser objetiva y reflejo fiel de ella, de tal manera que los resultados

obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos los elementos que conforman dicha población. (Carrasco Díaz, 2008, pág. 237)

En base que el estudio se consideró la muestra equivalente a la población.

Muestra: Longitud de su cauce principal del río Supe de 86,83 Km en el año 2018.

3.3 Operacionalización de variables e indicadores

Tabla 2.

Operacionalización de variables.

Variables	Dimensión	Indicador	Escala
<u>Variable de caracterización</u>	1.1 Cuenca hidrográfica del río Supe en la sección de interés	• Parámetros geomorfológicos	Nominal
		• Antecedentes hidrológicos	Nominal
		• Información pluviométrica	Nominal
		• Hidrología estadística de las estaciones	Nominal
1. Estudios preliminares	1.2 Parámetros de diseño	• Periodo de retorno y vida útil de las estructuras de drenaje	Razón
		• Caudal de diseño	Razón
<u>Variable de interés</u>	2.1. Defensa riverena	• Socavación	Nominal
2. Construcción de defensa ribereña	2.2. Evaluación	• Obras hidráulicas	Nominal
		• Encuesta	Ordinal

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas a emplear

Las técnicas para la obtención de la información que se necesita para el desarrollo de esta investigación son:

- Observación.
- Análisis documental
- Encuestas

3.4.2 Descripción de los instrumentos

Para cada técnica los siguientes instrumentos:

a) Instrumentos de técnicas documentales:

- Manuales.
- Informe de instituciones privadas y gubernamentales.
- Leyes y normas.
- Reglamentos.

b) Instrumentos de técnicas de observación:

- Lista de cotejo
- Ficha de observación.
- GPS Navegador.
- Cámara Fotográfica Digital.
- Winchas cortas y de 60 metros
- Aparato de tamizado

c) Instrumentos de técnicas de encuesta:

- Cuestionario

3.5 Técnicas para el procesamiento de la información

Se utilizó la cartografía del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y la información pluviométrica que ha servido de base para la cuantificación de la escorrentía superficial es la correspondiente a precipitaciones máximas en 24 horas obtenida de las estaciones ubicadas en la cuenca del río Supe información proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Para las representaciones observadas se utilizó el software AutoCad y para el procesamiento de los datos encuestados se utilizó la estadística descriptiva haciendo uso del programa SPSS,



CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 Estudios preliminares.

4.1.1 Cuenca hidrográfica del río Supe en la sección de interés

La cuenca hidrográfica generada por el río Supe intercepta el eje de la vía de la Carretera Panamericana Norte provincia de Barranca, departamento de Lima en el Km. 183+428, este cruce se encuentra a una altitud promedio de 20 m.s.n.m. Esta unidad hidrográfica tiene un área de influencia de 1019,21 Km² y un perímetro de 242,60 km., asimismo la longitud de su cauce principal es de 86,83 Km, la altitud media es de 2 840 m.s.n.m. y según el criterio de Horton es de orden 3.

El Coeficiente de Gravelius (kc) está definido como la relación entre el perímetro y el perímetro de un círculo que contenga la misma área de la cuenca hidrográfica. La cuenca hidrográfica del río Suaray presenta un Kc de 2,13, el cual nos indica que es de clase II y que la forma de la cuenca es oval - oblonga.

a) Metodología empleada para los antecedentes hidrológicos

Con la finalidad de reunir los criterios adecuados, conocer las características hidrológicas, hidráulicas y de drenaje de la zona, se realizó el estudio en las siguientes etapas:

Etapas de recopilación de información:

Comprendió la recolección, evaluación y análisis de la documentación oficial existente como: estudios anteriores e información cartográfica y meteorológica.

Etapa de campo:

Consistió en un recorrido por la zona en estudio para la evaluación de la estructura existente desde el punto de vista hidráulico y de drenaje, tomando en consideración su comportamiento hidráulico estructural e identificación de las características geomorfológicas de la cuenca que drena.

Etapa de gabinete:

Consistió en el procesamiento, análisis, determinación de los parámetros hidrológicos e hidráulicos para el diseño y dimensionamiento de la obra de drenaje proyectada.

b) Metodología empleada para información cartográfica

La cartografía utilizada en este proyecto se refiere a las cartas nacionales obtenidas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1/100 000, habiéndose empleado las hojas correspondientes al departamento de Lima.

c) Metodología empleada para información pluviométrica

La información pluviométrica que ha servido de base para la cuantificación de la escorrentía superficial es la correspondiente a precipitaciones máximas en 24 horas obtenida de las estaciones ubicadas en la cuenca del río Supe, información proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI):

4.1.1.1 Parámetros geomorfológicos

En la Tabla 1, se indican los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Supe, en el que resalta su área de influencia, perímetro, longitud del curso principal, altitud media, coeficiente de compacidad, relación de confluencia y coeficiente orográfico.

Tabla 3.

Parámetros geomorfológicos de la cuenca del río supe en la sección de interés

Nº	Nombre	Progresiva	Área (km ²)	Perímetro (km)	Longitud del curso principal (km)	Longitud perpendicular al centroide (km)	Altitud media m.s.n.m.	Kc
1	PUENTE SUPE	183+428	1019,21	242,60	86,83	48,5	2840	2,13

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores

Tabla 4.

Estación pluviométrica en la zona de estudio

Estación	Tipo	Entidad ope.	Ubicación		Altitud M.s.n.m.	Distrito	Prov.	Dpto.	Periodo de registro	Estado
			Lat.	Long.						
Alcantarilla	CO	SENAMHI	11°3'	77°33'	120	Huaura	Huaura	Lima	1994-2013	F
Ambar	CO	SENAMHI	10°45'	77°17'	2385	Ambar	Huaura	Lima	1994 - 2013	F
Camay	CO	SENAMHI	10°54'	77°38'	59	Vegueta	Huaura	Lima	1994 - 2013	F

Fuente: GMI S.A. INGENIEROS CONSULTORES

CO=Climatología Ordinaria

F=Funcionando

4.1.1.2 Antecedentes hidrológicos

Se debe contar con un estudio hidrológico del río, con el fin de determinar los caudales de diseño, que definirán el dimensionamiento apropiado de las obras. El estudio hidrológico tiene por objeto obtener el mejor ajuste, con los datos existentes a esa fecha a través las funciones de distribución más aceptadas que permitan conocer el margen de error disponible de cada uno con el objeto último de brindar una herramienta a los tomadores de decisión. Los estudios hidrológicos analizan alturas del pelo de agua y del caudal de paso son elementos básicos para la determinación de las dimensiones y sitio de traza más óptimos para diseñar defensas costeras en áreas de riesgo hídrico.

4.1.1.3 Información pluviométrica

En la Tabla 2 se presenta las características de las estaciones Camay, Ambar y Alcantarilla, con registros históricos de 20 años.

En las Tablas 3 y 4 presenta la serie histórica de precipitaciones máximas en 24 horas proporcionadas por Senamhi para cada una de las estaciones Ambar y Alcantarilla.

Cabe indicar que la estación Camay tiene registros pluviométricos nulos, tal como se muestra, por tal motivo no se presenta las salidas del análisis de frecuencia de esta estación.

Tabla 5.

Serie histórica de precipitaciones máximas en 24 horas (mm) Estación alcantarilla

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1994	0,0	0,0	0,7	0,8	0,0	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
1995	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0
1996	3,6	0,2	0,1	0,0	0,0	0,5	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
1997	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,2	0,5	1,5
1998	1,6	0,8	1,8	0,2	0,3	1,5	0,3	0,3	0,4	0,4	0,0	0,0
1999	0,0	2,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
2000	0,2	0,1	0,2	0,0	0,3	0,1	0,4	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2
2001	0,2	0,5	0,0	0,5	0,0	1,1	0,4	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0
2002	0,0	5,2	2,0	0,3	0,0	0,3	0,3	0,5	0,2	0,4	0,8	0,0
2003	0,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,3	0,3	1,2	0,0	0,3	0,8
2004	0,0	0,0	0,5	0,0	0,4	0,3	1,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
2005	0,0	0,1	0,0	0,0	0,7	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,2	0,3
2006	1,4	0,6	1,3	0,0	0,0	0,6	0,6	0,2	0,2	1,1	0,1	0,0
2007	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,3	0,5	0,2	0,1	0,3	0,0
2008	0,0	0,0	0,8	0,0	0,3	0,2	0,0	0,3	0,2	0,0	0,0	0,4
2009	2,4	2,4	0,7	0,7	0,5	0,4	0,2	0,3	0,4	0,1	0,3	0,0
2010	0,1	0,2	0,0	0,0	0,3	0,3	0,7	0,2	0,3	0,5	0,0	0,0
2011	0,2	0,0	0,7	1,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0
2012	0,2	4,7	0,3	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,3	0,4	0,0	0,3
2013	1,4	0,1	2,3	0,0	0,0	0,7	0,5	0,2	0,2	0,1	S/d	S/d

Fuente: SENAMHI

Tabla 6.

Serie Histórica de Precipitaciones Máximas en 24 Horas (Mm) Estación Ambar

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1994	S/d	S/d	6,4	7,3	1,8	0,0	0,0	0,0	1,6	0,6	1,3	9,2
1995	4,0	7,5	9,3	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	1,9	0,8
1996	14,4	8,5	18,6	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,8	3,5
1997	3,6	8,5	23,1	3,6	2,4	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	8,8	15,6
1998	13,0	14,2	18,2	3,1	2,7	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	2,0
1999	6,9	23,8	10,6	9,4	3,8	0,0	0,0	0,0	1,1	1,7	3,5	4,4
2000	12,7	25,0	7,9	3,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,6	0,9	0,8	3,8
2001	16,6	13,8	8,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	5,6	S/d
2002	1,5	61,0	17,8	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	2,0	5,1	1,4
2003	3,4	7,6	9,4	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	1,3	9,3
2004	2,6	12,2	9,9	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	3,4	12,4
2005	11,3	6,7	12,5	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	8,3
2006	9,5	13,0	13,0	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	3,0	9,1
2007	8,5	10,1	12,1	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	9,2	0,9	2,6
2008	13,5	13,7	18,5	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	8,8	4,3
2009	14,1	25,4	7,9	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	3,2	6,3
2010	1,7	28,5	10,0	8,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	3,4	5,5
2011	7,4	7,9	6,5	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	3,1	6,7
2012	4,3	15,9	13,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	3,3	1,8	S/d
2013	4,6	13,9	S/d	S/d	0,1	S/d						

Fuente: SENAMHI

4.1.1.4 Hidrología estadística de las estaciones

Precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes periodos de retorno

En el presente estudio, se han efectuado los cálculos estadísticos (distribuciones probabilísticas anteriormente descritas) usando el software Hyfran, obteniéndose las precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes períodos de retorno,

Estación Alcantarilla

Utilizando las ecuaciones descritas en las bases teóricas, se tiene la Tabla 5.

Tabla 7.

Precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes períodos de retorno estación alcantarilla.

Tr años	Distribución probabilística							
	Normal	Log normal	Log normal 3p	Gamma	Gamma inversa	Log pearson tipo III	Gumbel	Gev
3	2,3	1,8	1,7	2,0	1,7	1,8	2,0	1,7
5	2,9	2,5	2,5	2,6	2,4	2,4	2,5	2,4
10	3,5	3,5	3,7	3,4	3,6	3,4	3,2	3,6
20	4,0	4,6	5,2	4,1	5,3	4,5	3,8	5,3
35	4,3	5,6	6,7	4,7	7,1	5,5	4,3	7,1
50	4,6	6,3	7,7	5,1	8,6	6,2	4,7	8,5
70	4,7	6,9	8,8	5,4	10,3	6,9	5,0	10,2
100	4,9	7,7	10,1	5,8	12,4	7,7	5,3	12,2
140	5,1	8,4	11,4	6,1	14,8	8,5	5,6	14,4
200	5,3	9,3	12,9	6,5	18,3	9,4	5,9	17,3
500	5,5	11,7	16,1	7,0	32,4	11,3	6,5	25,3
1000	6,0	13,7	21,4	8,0	55,9	14,4	7,4	38,6

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores

Estación Ambar

Utilizando las ecuaciones descritas en las bases teóricas, se tiene la Tabla 6.

Tabla 8.

Precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes períodos de retorno estación Ambar

Tr años	Distribución probabilística							
	Normal	Log normal	Log normal 3p	Gamma	Gamma inversa	Log pearson tipo III	Gumbel	Gev
3	-	20,3	19,0	21,4	19,5	19,3	20,4	18,8
5	-	24,8	24,2	25,7	23,9	23,9	24,4	23,6
10	-	30,8	32,0	31,1	30,3	31,0	29,5	31,2
20	-	36,8	41,0	36,1	37,3	39,2	34,3	40,7
35	-	41,7	49,3	39,9	43,5	46,7	38,2	50,1
50	-	44,9	55,0	42,2	47,8	52,0	40,6	57,1
70	-	47,9	60,8	44,4	52,1	57,4	42,9	64,5
100	-	51,3	67,4	46,7	56,9	63,6	45,3	73,5
140	-	54,4	74,0	48,8	61,7	69,9	47,6	82,9
200	-	57,9	81,4	51,0	67,2	77,1	50,0	94,3
500	-	64,1	96,3	54,6	83,0	92,4	54,1	121,9
1000	-	74,4	121,0	60,6	97,1	118,0	60,8	168,0

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores

Ajuste de las distribuciones en las estaciones de Alcantarilla y Amar

La Tabla 7 muestra las estaciones Alcantarilla y Amar, con sus distribuciones ajustadas.

Tabla 9.

Distribución probabilística elegida según el criterio de AIC-estación Alcantarilla y Ambar

Distribución probabilística	Alcantarilla	Ambar
Normal	72,46	-
Log normal	59,71	143,12
Log normal 3p	60,77	142,56
Gamma	61,37	146,36
Gamma inversa	59,88	141,51
Log Pearson tipo III	61,57	142,95
Gumbel	62,16	145,20
Gev	64,43	143,15

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores

Para la formulación del presente Estudio, se consideró la información pluviométrica de precipitaciones máximas en 24 horas registrada por SENAMHI en las estaciones “Alcantarilla, Ambar y Camay”. De acuerdo al análisis de frecuencia y al criterio de información Akaike, se ha elegido trabajar con los resultados de la Log Normal y Gamma Inversa para las estaciones Alcantarilla y Ambar respectivamente.

En la Tabla 8 se presenta la precipitación máxima en 24 horas de las estaciones Ambar, Camay y Alcantarilla en función de distintos períodos de retorno, así como la precipitaciones máximas corregidas utilizando el factor $R=1,13$ de estas mismas estaciones. Esta teoría fue desarrollado en USA por Hershfield D. M, (1961) para obtener la precipitación máxima probable a partir de las precipitaciones máximas diarias (24 horas), así mismo fue corroborada más adelante por Hargreaves (1988), al evaluar lluvias extremas de África y otras regiones, asumiendo que dicho coeficiente puede ser aplicado a todo el mundo. En la actualidad la Guía de Prácticas Hidrológicas (OMM, 2012) recomienda aplicar

el factor de conversión 1,13 a las series de precipitaciones máximas anuales de lluvia diarias para que se obtengan series de precipitaciones máximas anuales en 24 horas.

Tabla 10.

Precipitación máxima en 24 horas corregida en mm

Est,	Tr	Precipitación máxima en 24 horas	Precipitación máxima en 24 horas corregida
Alcantarilla	3	1,83	2,07
	5	2,49	2,81
	10	3,48	3,93
	20	4,59	5,19
	35	5,57	6,29
	50	6,25	7,06
	70	6,93	7,83
	100	7,69	8,69
	140	8,44	9,54
	200	9,29	10,50
Ambar	500	11,70	13,22
	1000	13,70	15,48
	3	19,50	22,04
	5	23,90	27,01
	10	30,30	34,24
	20	37,30	42,15
	35	43,50	49,16
	50	47,80	54,01
	70	52,10	58,87
	100	56,90	64,30
140	61,70	69,72	
200	67,20	75,94	
500	83,00	93,79	
1000	97,10	109,72	

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores

4.1.2 Parámetros de diseño

4.1.2.1 Período de retorno y vida útil de las estructuras de drenaje

El período de retorno es el tiempo promedio en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada, es igualado o superado una vez cada “T” años.

Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla de la estructura para una vida útil de “n” años, teniendo en cuenta la importancia de la obra y el riesgo admisible asumido.

De acuerdo al Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje la selección del periodo de retorno se realiza a través de un análisis de riesgo, recomendando utilizar como máximo, los siguientes valores de riesgo admisible en las obras de drenaje:

Tabla 11.

Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje.

Tipo de obra	Riesgo admisible (%)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

Fuente: Manual de Hidrología e Hidráulica en Carreteras-MTC

Tomando en cuenta que se trata de una estructura ubicada en la Panamericana Norte, en la provincia de Barranca, departamento de Lima, su colapso produciría la obstrucción del tránsito de la carretera lo que originaría pérdidas económicas en lo que respecta al traslado

de productos comercializados por la población, incomunicación entre los distritos, problemas sociales entre otros.

En tal sentido, debido a la importancia y categoría de la vía afectada se consideró una vida útil aceptable de 40 años así como un riesgo admisible de 25 % que se encuentra dentro del requerimiento mínimo establecido por el Manual.

Por tanto de acuerdo a los criterios anteriormente expuestos, a la aplicación de la fórmula y Tabla 10 mostrados a continuación:

$$R=1-(1-1/T)^n \quad (27)$$

Se concluye que para fines de cálculo del caudal de diseño del puente a proyectar en el presente Estudio, se establece adoptar como período de retorno los valores indicados en la siguiente tabla:

Tabla 12.

Periodos de retorno puente del puente Supe

Descripción	Riesgo admisible	Vida útil (años)	Periodo de retorno (años)
Puente	0,25	40	140

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores

Adicionalmente en el Manual de Diseño de Puentes, Título 1-2 Estudios de Hidrología e Hidráulica, elaborado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, se indica que se debe garantizar un estándar hidráulico mayor para el diseño de la cimentación del puente que el usualmente requerido para el dimensionamiento del área de flujo a ser confinada por éste. En ese sentido, Laursen (1999) recomienda verificar la profundidad de socavación para un período de retorno de 500 años.

Tabla 13.

Valores de periodo de retorno t (años)

Riesgo admisible	Vida útil de las obras (n años)												
	K	1	2	3	5	10	20	25	30	40	50	100	200
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	2985	3980	4975	9950	19900	49750
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	1485	1980	2475	4950	9900	24750
0,05	20	39	59	98	195	390	488	585	780	975	1950	3900	9748
0,1	10	19	29	48	95	190	238	285	380	475	950	1899	4746
0,2	5	9	14	23	45	90	113	135	180	225	449	897	2241
0,25	4	7	11	18	35	70	87	105	140	174	348	696	1739
0,3	3	6	9	15	29	57	71	85	113	141	281	561	1402
0,4	3	4	6	10	20	40	49	59	79	98	196	392	979
0,5	2	3	5	8	15	29	37	44	58	73	145	289	722
0,6	2	3	4	6	11	22	28	33	44	55	110	219	546
0,75	1	2	3	4	8	15	19	22	29	37	73	145	361
0,99	1	1	1	2	3	5	6	7	9	11	22	44	109

Fuente: Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje -MTC

4.1.2.2 Caudal de diseño

En función a la disponibilidad de información en campo y de acuerdo a lo establecido por el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje para cuencas mayores a 30 Km² se consideró aplicar el Método de Snyder para la estimación del caudal máximo considerando un periodo de retorno de 140 años.

La información cartográfica y metodología utilizada para la delimitación de las unidades hidrográficas que cruza transversalmente el eje de la vía es la siguiente:

Modelo digital de elevación (DEM)

Que presenta una resolución de 30 m de grilla (pixel).

Cartas nacionales del Instituto Geográfico Nacional a escala 1:100000

Las cartas Nacionales fueron elaboradas por el Instituto Geográfico Nacional, la hoja que se utilizó fue la 22h y 22i, las cuales fueron digitalizadas con curvas cada 100 m.

Unidad Hidrográfica-ANA

Se utilizaron las unidades Hidrográficas delimitadas por la Autoridad Nacional del Agua, en formato Shape para Gis. Disponible desde el año 2009.

Las características geométricas de las cuencas colectoras se han obtenido haciendo uso de las siguientes herramientas:

ARCGIS 9.3

Se utilizó para la edición y administración de datos, geoprociamiento, georeferenciación, análisis de gráficos, edición de mapas y elaboración de mapas. Estas tareas de SIG dieron gracias al conjunto de aplicaciones integradas: ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox con énfasis en la extensión SpatialAnalyst-Calculadora Raster.

ARCHYDROTOOLS

Extensión de ArcGis que permitió la delimitación automática de la cuenca.

a) Precipitación areal

En la Figura 1. Se presenta la variación espacial de la precipitación máxima en 24 horas para un tiempo de retornos de 140 años en el que se puede ver que los valores varían de 1,04 mm a 69,7 mm, así mismo se ven 9 regiones pluviométricas bien marcadas, se observa también que los valores crecen longitudinalmente y altitudinalmente. Recalcando que los valores estimados de precipitación máxima en 24 horas en la estación Camay para los tiempos de retorno 140 y 500 años será la unidad, debido a que esta estación presenta valores nulos en sus históricos.

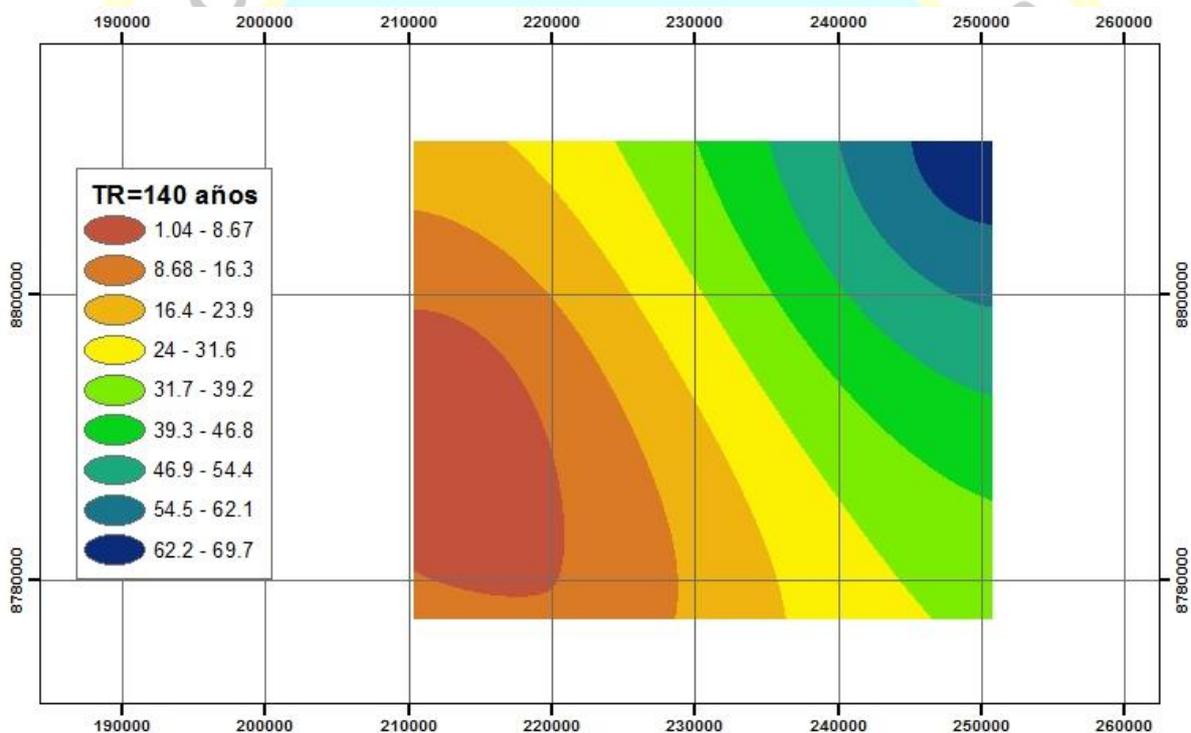


Figura 1. Precipitación máximas de 24 horas para TR=140 años.

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores.

En la Figura 2 presenta la variación espacial de la precipitación máximas en 24 horas para un tiempo de retornos de 500 años en el que se puede ver que los valores varían de 1,05 mm a 93,8 mm, así mismo se ven 9 regiones pluviométricas bien marcadas, se observa también que los valores crecen longitudinalmente y altitudinalmente.

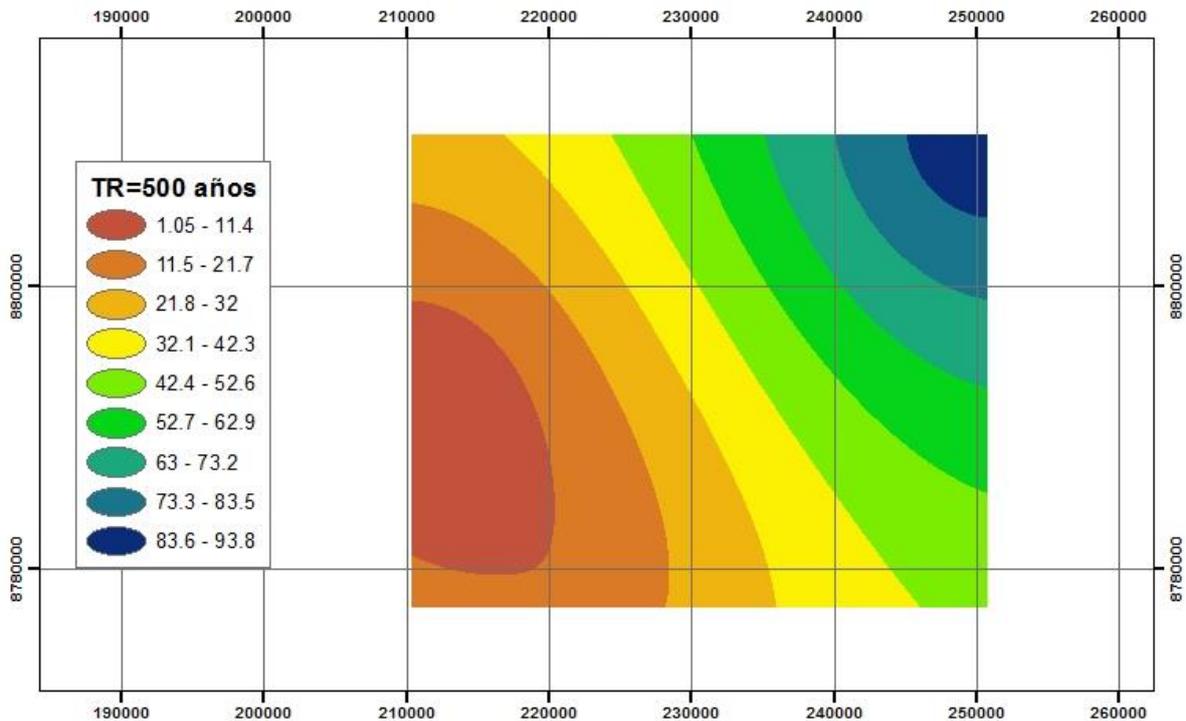


Figura 2. Precipitación máximas de 24 horas para $tr=500$ años

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores

La Tabla 13 presenta los resultados de Precipitaciones Máximas para Tiempos de Retorno de 140 y 500 años, a nivel areal, para la unidad hidrológica.

b) Tiempo de concentracion

Se ha empleado información disponible como características geométricas y geomorfológicas de la subcuenca, datos de precipitación y datos obtenidos de la estructura de drenaje existente que permitan representar adecuadamente las avenidas que se presentarán en la zona.

Utilizando el Método de Snyder, se ha obtenido los valores que se presentan a continuación en la Tabla 14.

c) Parámetros hidráulicos de la sección de interés

En la sección de interés tanto del puente en la primera calzada como el de la segunda calzada se determinaron niveles, tirantes y velocidades, con el objeto de obtener la luz y nivel inferior de la losa del puente. En la Tabla 15, 16, 17 y 18 se indican los parámetros hidráulicos del Puente proyectado.

Tabla 14.

Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno a nivel areal

N°	Nombre	Progresiva (km)	Precipitación (mm)	
			Tr = 140	Tr = 500
1	Puente Supe	183+440	24,67	37,37

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores

Tabla 15.

Caudal de diseño para Tr=140 y 500 años

N°	Nombre	Progresiva	Área km ²	Longitud del curso principal (km.)	Pendiente del curso principal (m/m)	Tiempo de concentración (min)	Caudal (m ³ /s)	
							Tr = 140 años	Tr = 500 años
1	Puente Supe	183+440	1019,21	86,83	0,052	385,06	162,80	246,60

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores

Tabla 16.

Parámetros hidráulicos aguas arriba del puente primera calzada

N°	Nombre	Progresiva (km.)	Luz (m)	Tirante máximo (m)	Cota cauce (m.s.n.m.)	Cota nivel máximo de agua (m.s.n.m.)	Cota nivel inferior viga (m.s.n.m.)	Velocidad total (m/s)
1	Puente Supe	183+428	40	1,87	16,857	18,727	22,0	3,17

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores

Tabla 17.

Parámetros hidráulicos aguas abajo del puente primera calzada

N°	Nombre	Progresiva (km.)	Luz (m)	Tirante máximo (m)	Cota cauce (m.s.n.m.)	Cota nivel máximo de agua (m.s.n.m.)	Cota nivel inferior viga (m.s.n.m.)	Velocidad total (m/s)
1	Puente Supe	183+428	40	1,98	16,857	18,837	22,0	3,04

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores

Tabla 18.

Parámetros hidráulicos aguas arriba del puente segunda calzada

N°	Nombre	Progresiva (km.)	Luz (m)	Tirante máximo (m)	Cota cauce (m.s.n.m.)	Cota nivel máximo de agua (m.s.n.m.)	Cota nivel inferior viga (m.s.n.m.)	Velocidad total (m/s)
2	Puente Supe	183+428	40	1,58	16,791	18,371	22,0	3,85

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores

Tabla 19.

Parámetros Hidráulicos Aguas Abajo Del Puente Segunda Calzada

N°	Nombre	Progresiva (km.)	Luz (m)	Tirante máximo (m)	Cota cauce (m,s,n,m,)	Cota nivel máximo de agua (m,s,n,m,)	Cota nivel inferior viga (m,s,n,m,)	Velocidad total (m/s)
2	Puente Supe	183+428	40	1,02	16,791	17,811	22,0	5,35

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores

Teniendo en cuenta que el actual puente Supe ubicado en la carretera Panamericana Norte ofrece una altura total de 1,90 m aproximadamente (en el punto más bajo) respecto del fondo del cauce, se concluye que la rasante de los puentes proyectados debe elevarse a fin de cumplir con el gálibo mínimo, en tal sentido los parámetros hidráulicos para los puentes propuestos son los siguientes:

- Caudal de diseño para $Tr = 140$ años = $162,80 \text{ m}^3/\text{s}$
- Luz mínima = 40 m
- Tirante máximo = 1,98 m
- Borde libre mínimo = 2,0 m

4.2 Construcción de defensa ribereña

4.2.1 Defensa riverena

4.2.1.1 Socavación

a) Características de la sección de interés

Como información básica de los materiales de fundación, se tiene el análisis granulométrico por tamizado, realizado en laboratorio de las muestras extraídas de cuatro calicatas de 3,0 m. de profundidad de donde se establece que el cauce está conformado por gravas cuyo diámetro medio se ha estimado en $D_m 31,75 \text{ mm}$.

Debido a la naturaleza del cauce del río en la sección de interés, al producirse la avenida de diseño, ésta ocasionará una socavación que modificará la sección transversal.

Considerando las características del material que conforma el lecho de la quebrada, clasificado como de tipo granular no cohesivo, se emplearon los métodos de Laursen y Lischtvan – Lebediev para socavación general por contracción y el método de Froehlich para la socavación local en estribos.

b) Socavación general por contracción

La socavación general es la socavación que ocurre por variaciones que se manifiestan de manera periódica en la cuenca y que constituye una respuesta a los cambios que se suscitan en la misma.

A continuación se muestra el cuadro de resultados donde podemos observar que la socavación en el canal es de 0,97 m. para el puente de la primera calzada (Tabla 19) y 1,40 m. para el puente de la segunda calzada (Tabla 20)

Tabla 20.

Socavación general por contracción puente primera calzada

HydraulicDesign Data				
ContractionScour				
		Left	Channel	Right
Input Data				
	Profundidad media (m):	0,67	2,50	0,12
	Tirante promedio (m):	0,83	2,36	0,65
	Flujo en el puente (m3/s):	0,35	246,07	0,18
	Top width (m):	0,56	28,29	0,44
	D50 (mm):	31,75	31,75	31,75
	K1 Coefficient:	0,590	0,590	0,590
Results				
	Prof. Socavación Ys (m):	0,01	0,97	0,00
	Ecuación:	Clear	Clear	Clear

Fuente: elaboración propia.

Tabla 21.

Socavación general por contracción puente segunda calzada

HydraulicDesign Data			
ContractionScour			
	Left	Channel	Right
Input Data			
Profundidad media (m):	0,84	2,37	0,65
Tirante promedio (m):	0,80	2,02	0,66
Flujo en el puente (m ³ /s):	0,41	245,96	0,24
Top width (m):	0,53	27,33	0,43
D50 (mm):	31,75	31,75	31,75
K1 Coefficient:	0,590	0,640	0,590
Results			
Prof, Socavación Ys (m):	0,00	1,40	0,00
Ecuación:	Clear	Clear	Clear

Fuente: elaboración propia.

Considerando las características del material que conforma el lecho del río y los indicios de socavación producida actualmente, se empleó el método de Laursen ejecutado a través del software Hec Ras, según el cual se obtuvo una profundidad de socavación en el canal igual a 0,97 m. para el puente de la primera calzada y 1,40 m. para el puente de la segunda calzada, por debajo de fondo de cauce para $Tr=500$ años.

c) Socavación local en estribos

Según esta metodología para el puente de la primera calzada se tiene una profundidad de socavación para el estribo izquierdo de 2,84 m. y para el estribo derecho de 1,95 m. A continuación se muestra el cuadro de resultados (Tabla 21).

Tabla 22.

Socavación local en estribos

HydraulicDesign Data		
AbutmentScour		
	Left	Right
Input Data		
Station at Toe (m):	9,12	87,02
Toe Sta at appr (m):	3,68	83,26
AbutmentLength (m):	6,78	38,50
Depth at Toe (m):	-0,94	-1,14
K1 ShapeCoef:	1,00 - Vertical abutment	
Degree of Skew (degrees):	90	90
K2 SkewCoef:	1	1
ProjectedLength L' (m):	7,15	38,50
Avg Depth Obstructed Ya (m):	0,67	0,12
Flow Obstructed Qe (m3/s):	1,62	1,93
AreaObstructedAe (m2):	1,87	4,58
Results		
Prof, Socavación Ys (m):	2,84	1,95
Qe/Ae = Ve:	0,87	0,42
Froude #:	0,34	0,39
Ecuación:	Froehlich	Froehlich

Fuente: elaboración propia.

Según esta metodología para el puente de la segunda calzada se tiene una profundidad de socavación para el estribo izquierdo de 2,65 m. y para el estribo derecho de 2,09 m. A continuación se muestra el cuadro de resultados (Tabla 22).

Tabla 23.

Socavación Local En Estribos

HydraulicDesign Data		
AbutmentScour		
	Left	Right
Input Data		
Station at Toe (m):	7,50	85,57
Toe Sta at appr (m):	7,50	85,57
AbutmentLength (m):	0,56	0,44
Depth at Toe (m):	-1,18	-1,18
K1 ShapeCoef:	1,00 - Vertical abutment	
Degree of Skew (degrees):	90	90
K2 SkewCoef:	1	1
ProjectedLength L' (m):	4,88	4,52
Avg Depth Obstructed Ya (m):	0,84	0,65
Flow Obstructed Qe (m3/s):	0,36	0,18
AreaObstructedAe (m2):	0,47	0,29
Results		
Prof. Socavación Ys (m):	2,65	2,09
Qe/Ae = Ve:	0,77	0,62
Froude #:	0,27	0,25
Ecuación:	Froehlich	Froehlich

Fuente: elaboración propia.

d) Socavación potencial total

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de los parámetros hidráulicos para el caso del puente de la primera calzada.

Tabla 24.

Parámetros hidráulicos del puente primera calzada

Puente	Tr	Longitud recomendada (m)	Tirante (m)	Socavación potencial estribo izquierdo (m)	Socavación potencial estribo derecho (m)
Supe	500	40	1,98	2,84	1,95

Fuente: elaboración propia

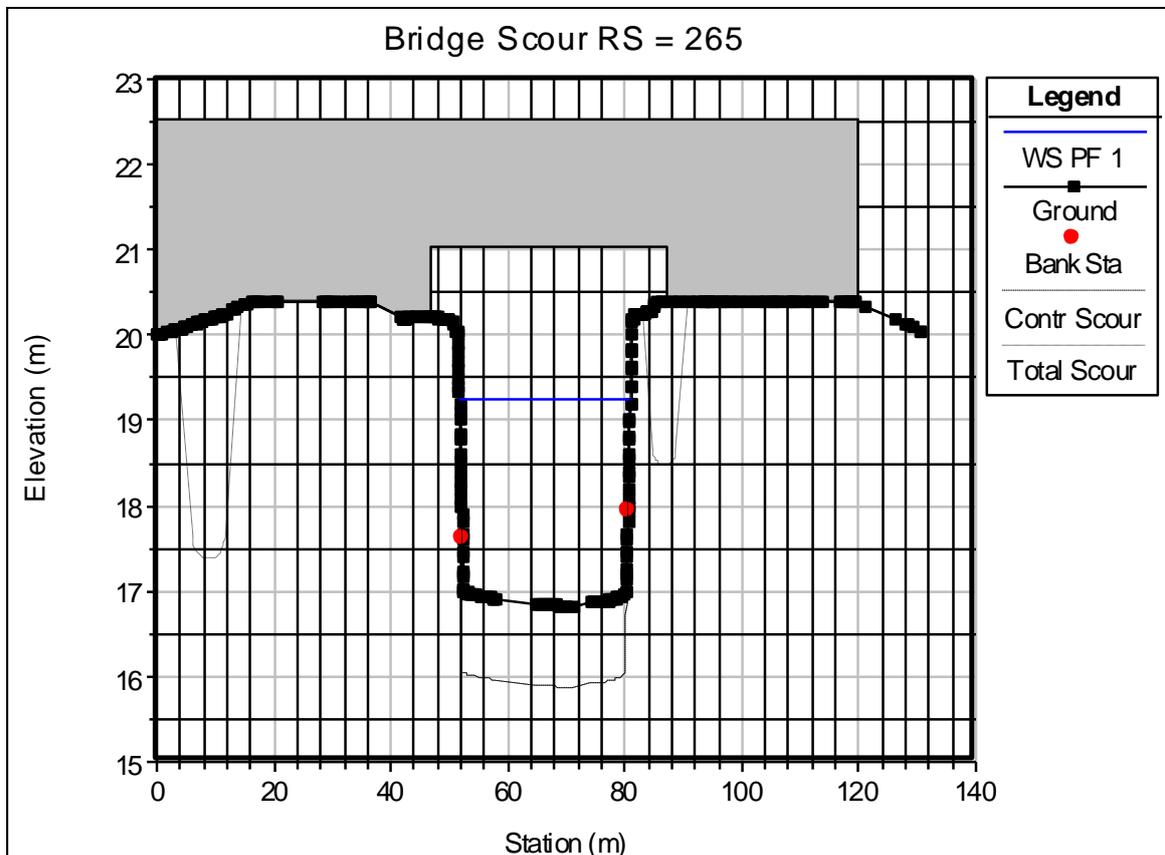


Figura 3. Socavación estribo izquierdo

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores

Asimismo en el siguiente cuadro se presenta el resumen de los parámetros hidráulicos para el caso del puente de la segunda calzada.

Tabla 25.

Parámetros hidráulicos del puente segunda calzada

Puente	Tr	Longitud recomendada (m)	Tirante (m)	Socavación potencial estribo izquierdo (m)	Socavación potencial estribo derecho (m)
Supe	500	40	1,60	2,65	2,09

Fuente: elaboración propia

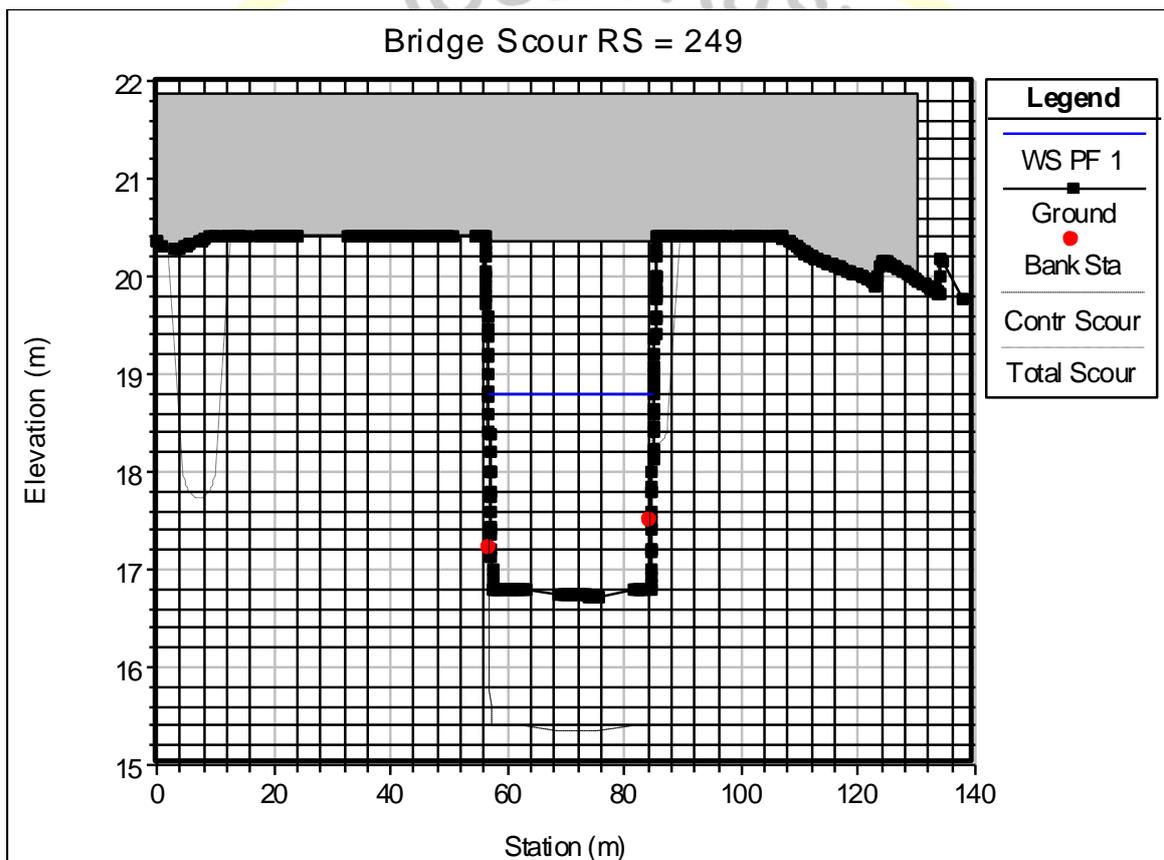


Figura 4. Socavación estribo derecho.

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores

Por otra parte, las obras además de ser eficientes, deben ser económicas, para lo cual se considera los siguientes factores:

- Disponibilidad y costo de materiales de construcción.
- Costo de construcción.
- Costo de mantenimiento.

- Durabilidad de las obras.
- Condiciones constructivas.
- Correspondencia con obras colindantes.

La forma y el material empleado en su construcción varía, fundamentalmente en función de:

- Los materiales disponibles localmente.
- El tipo de uso que se da a las áreas aledañas. Generalmente en áreas rurales se usan diques de tierra, mientras que en las áreas urbanas se utilizan diques de hormigón.

4.2.1.2 Obras hidráulicas

Luego de obtener el caudal de diseño mediante la metodología descrita en el Estudio Hidrológico, y de las sesiones transversales obtenidas de la topografía proporcionada, se procedió a utilizar el software de ingeniería HEC-RAS versión 4.1.0, US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.

En la zona de cruce con la Carretera Huacho – Pativilca el río Supe presenta una topografía plana de baja pendiente, ya que se encuentra cercano a su desembocadura con el mar, es por ello que presenta zonas inundables que son parte del valle. Las defensas ribereñas proyectadas aguas arriba y aguas abajo de los puentes proyectados permitirán el encauzamiento del río y la protección tanto del puente como de los rellenos de los accesos frente a las mencionadas zonas de inundación.

Asimismo debido a la ampliación de los puentes respecto a la estructura existente es preciso que la amplitud de la luz libre entre las defensas deba ampliarse también, ya que aguas abajo se produciría un represamiento y un remanso que elevaría los tirantes en la zona de los puentes. Para lograr lo señalado, será necesario efectuar los cortes en los taludes y limpieza de cauce de acuerdo a los esquemas del anexo.

Cabe reiterar que el encauzamiento a través de gaviones y la ampliación del área hidráulica evitará las zonas de inundación y posibles desbordes que puedan afectar las estructuras proyectadas y sus accesos.

En la Figura 5 y 6 se muestra las zonas inundables en las riberas del río Supe en el entorno de los puentes.

Las obras de defensa serán los muros de gaviones los cuales se ubicarán inmediatamente a la entrada y salida de los puentes propuestos, dispuestos de tal manera que los flujos del río mantengan continuidad entre puentes y no afecten los accesos, siguiendo la ubicación y geometría indicada en los planos del proyecto. Se prevé la proyección de gaviones debido a las bajas pendientes y a que las velocidades del río no superan los 5.0 m/s, además de la disponibilidad de material.

Las longitudes de las obras de defensa propuestas para proteger las riberas y los estribos de los puentes son:

Puente primera calzada

- **Margen derecha:**

50 m aguas arriba del puente de la primera calzada (encauzamiento del flujo del río)

20 m aguas abajo (para proteger el espacio entre puentes de primera y segunda calzada)

- **Margen izquierda:**

50 m aguas arriba del puente de la primera calzada (encauzamiento del flujo del río)

20 m aguas abajo (para proteger el espacio entre puentes de primera y segunda calzada)

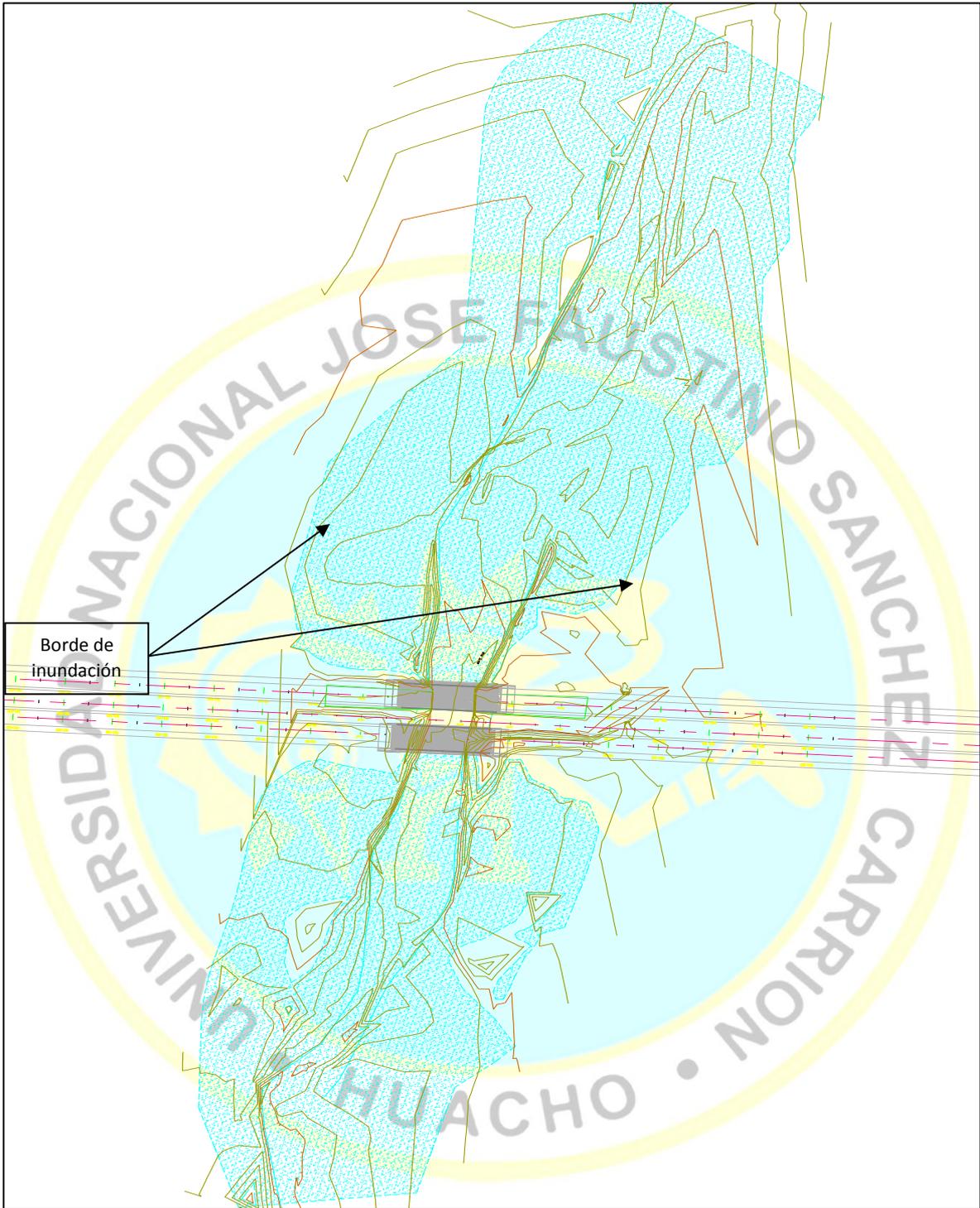


Figura 5. Zonas de inundación topografía río Supe.

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores

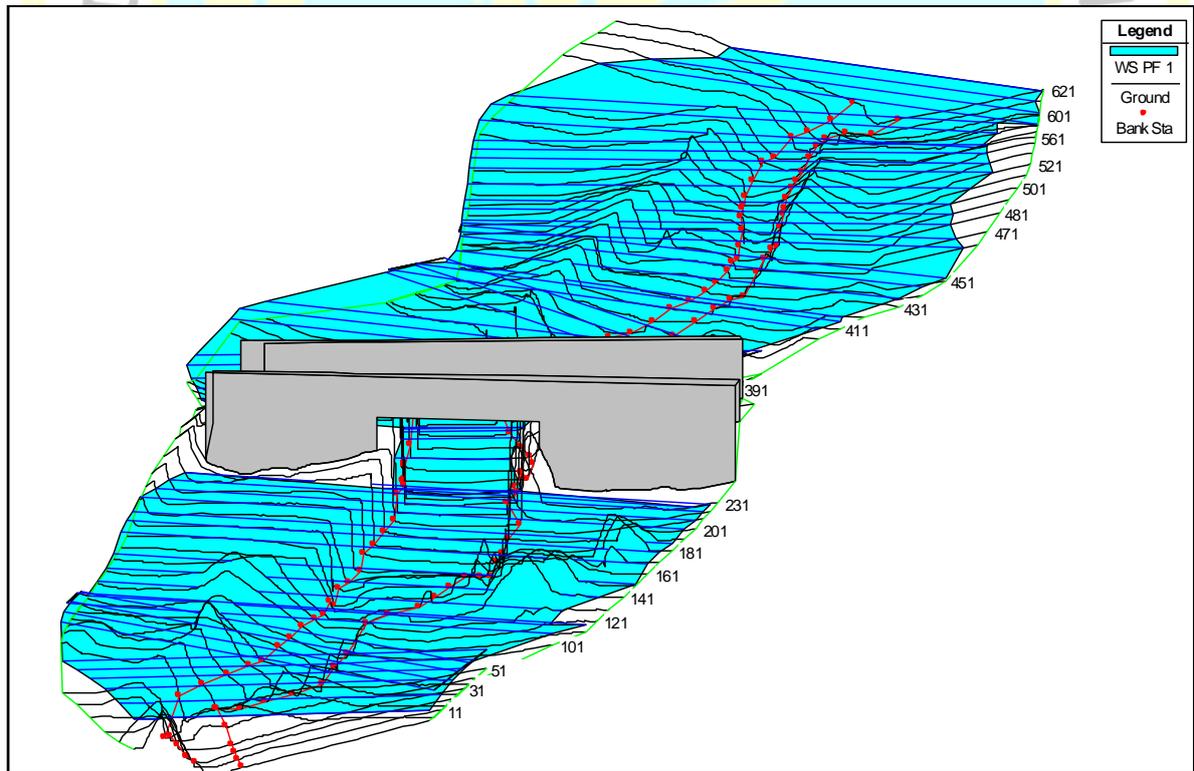
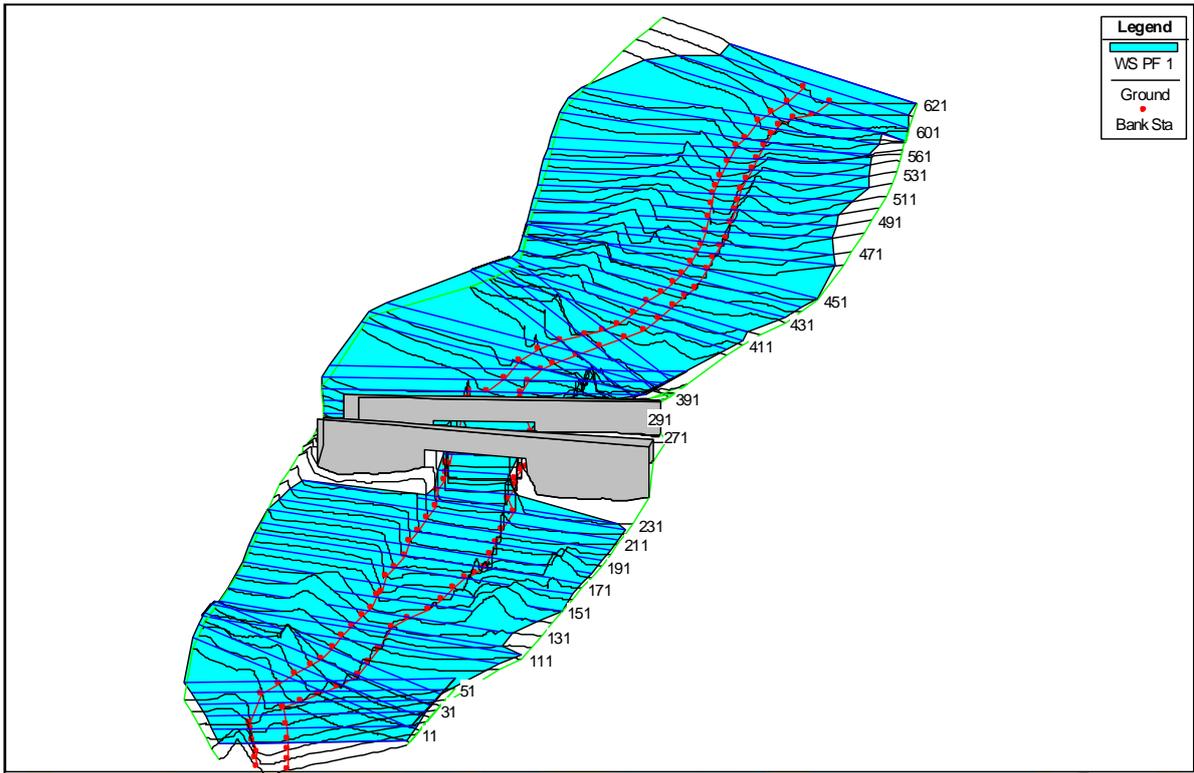


Figura 6. Zonas de inundación Hectras

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores

Puente segunda calzada

- **Margen Derecha:**

50 m aguas abajo del puente de la segunda calzada (encauzamiento del flujo del río)

- **Margen Izquierda:**

50 m aguas abajo del puente de la segunda calzada

Los gaviones propuestos deben cumplir las siguientes condiciones:

$$B \geq H/2$$

$$L > 1,5 \Delta z \text{ (}\Delta z = 1,40 \text{ m. socavación local)}$$

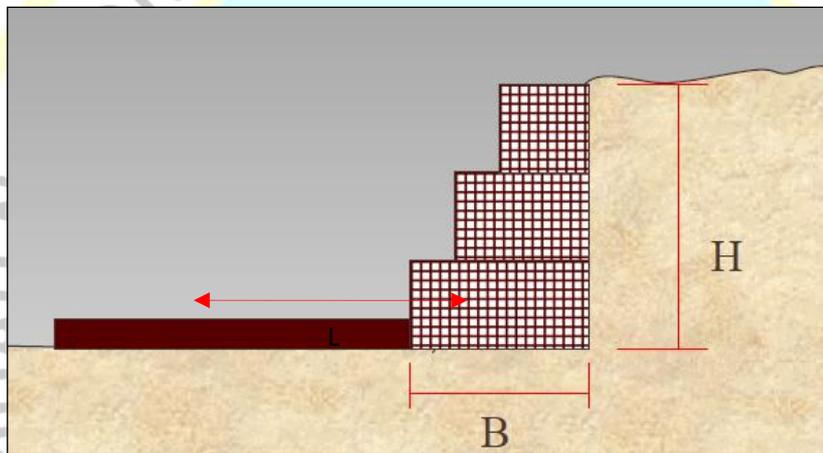


Figura 7. Dimensiones del gavión.

Fuente: GMI S.A. Ingenieros Consultores

Para puente Supe:

$$B = 2,5 \text{ m. } H = 3,5 \text{ m. y } L = 3,0 \text{ m.}$$

En los esquemas se presenta la sección transversal típica de la defensa ribereña.

4.2.2 Evaluación

4.2.2.1 Encuestas

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la encuesta.

Tabla 26.

¿Para Usted los desastres naturales por inundaciones ocasionan grandes perjuicios económicos?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
No sabe/no opina	1	4,00	4,00	4,00
De acuerdo	8	27,00	27,00	31,00
Completamente de acuerdo	20	69,00	69,00	100,0
Total	29	100,0		

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 26, que corresponde al ítem 1, se puede observar que del 100 % (29) de personas encuestadas, el 69,0 % refieren estar completamente de acuerdo, el 27,0 % está en de acuerdo y el 4,00 % restante no sabe/no opina.

Tabla 27.

¿Según Usted a través de la municipalidad reciben algún apoyo?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
No sabe/no opina	1	4,00	4,00	4,00
De acuerdo	8	27,00	27,00	31,00
Completamente de acuerdo	20	69,00	69,00	100,0
Total	29	100,0		

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 27, que corresponde al ítem 4, se puede observar que del 100 % (29) de personas encuestadas, el 69,0 % refieren estar completamente de acuerdo, el 27,0 % está en de acuerdo y el 1,0 % restante no sabe/no opina.

Tabla 28.

¿Está Usted de acuerdo en recibir apoyo para evitar desastres naturales por inundaciones?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
No sabe/no opina	1	4,00	4,00	4,00
De acuerdo	8	27,00	27,00	31,00
Completamente de acuerdo	20	69,00	69,00	100,0
Total	29	100,0		

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 28, que corresponde al ítem 4, se puede observar que del 100 % (29) de personas encuestadas, el 69,0 % refieren estar completamente de acuerdo, el 27,0 % está en de acuerdo y el 4,0 % restante no sabe/no opina.

Tabla 29.

¿Está Usted. de acuerdo con la instalación de defensas ribereñas?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
No sabe/no opina	1	4,00	4,00	4,00
De acuerdo	21	72,00	72,00	76,00
Completamente de acuerdo	7	24,00	24,00	100,0
Total	29	100,0		

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 29, que corresponde al ítem 5, se puede observar que del 100 % (29) de personas encuestadas, el 72,0 % refieren estar de acuerdo, el 24,0 % está en completamente de acuerdo y el 4,0 % restante no sabe/no opina.

Tabla 30.

¿Está Usted de acuerdo con el tipo de material utilizado en la construcción de defensa ribereña?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
No sabe/no opina	1	4,00	4,00	4,00
De acuerdo	10	34,00	34,00	38,00
Completamente de acuerdo	18	62,00	62,00	100,0
Total	29	100,0		

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 30, que corresponde al ítem 6, se puede observar que del 100 % (29) de personas encuestadas, el 62,0 % refieren estar completamente de acuerdo, el 34,0 % están de acuerdo y el 4,0 % restante no sabe/no opina.

Tabla 31.

¿Según Usted que la topografía del terreno es importante para considerar la defensa ribereña?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
No sabe/no opina	4	14,00	14,00	14,00
De acuerdo	15	52,00	52,00	66,00
Completamente de acuerdo	10	34,00	34,00	100,0
Total	29	100,0		

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 31, que corresponde al ítem 7, se puede observar que del 100 % (29) de personas encuestadas, el 52,0 % refieren estar de acuerdo, el 34,0 % está en completamente de acuerdo y el 14,0 % restante no sabe/no opina.

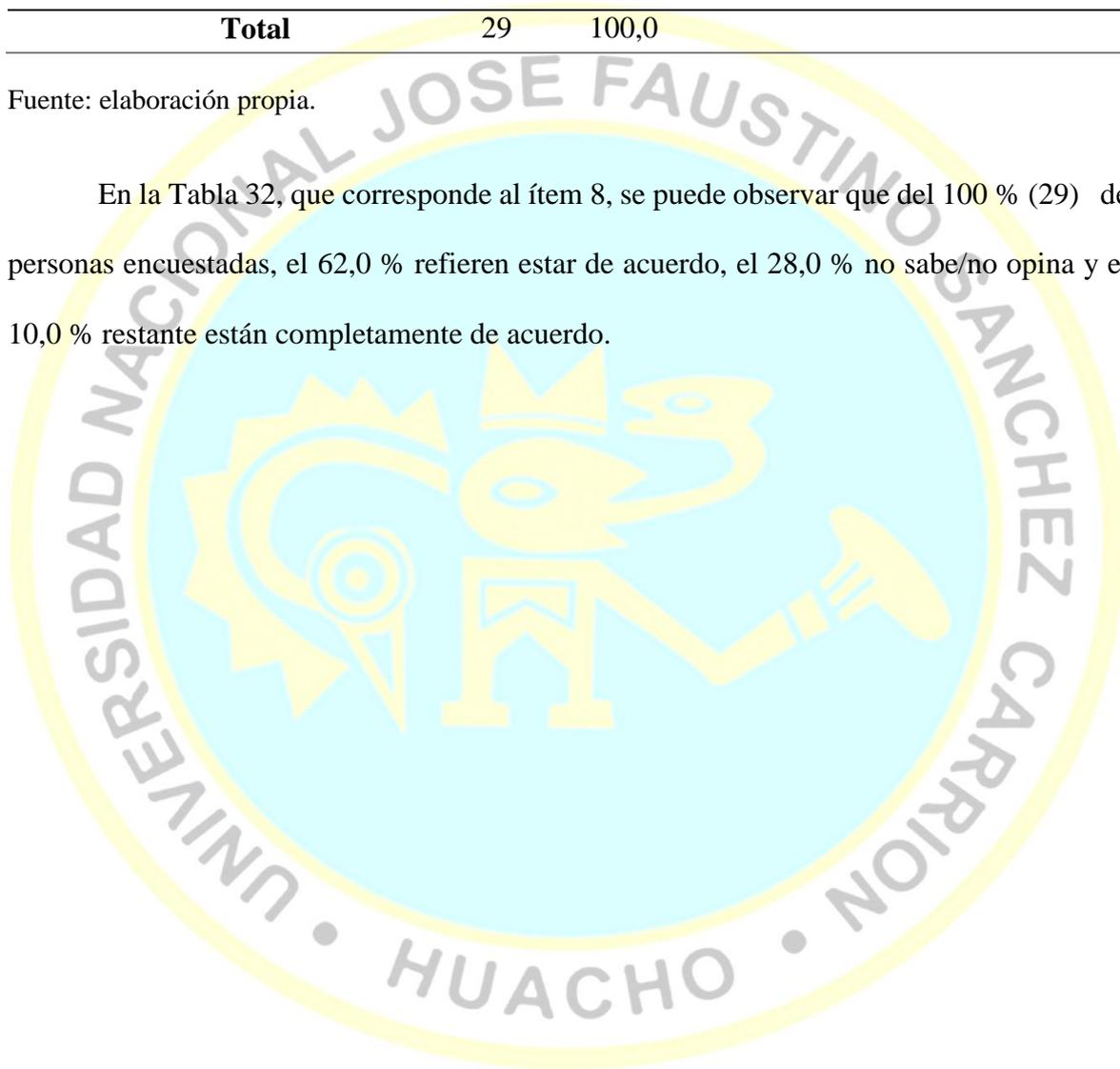
Tabla 32.

¿Según Usted las defensas ribereñas presentan durabilidad?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
No sabe/no opina	8	28,00	28,00	28,00
De acuerdo	18	62,00	62,00	90,00
Completamente de acuerdo	3	10,00	10,00	100,0
Total	29	100,0		

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 32, que corresponde al ítem 8, se puede observar que del 100 % (29) de personas encuestadas, el 62,0 % refieren estar de acuerdo, el 28,0 % no sabe/no opina y el 10,0 % restante están completamente de acuerdo.



CAPITULO V

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Discusión

Respecto a Galanton & Romero (2007) en su estudio *descripción de las defensas ribereñas*, se concluye de forma similar que en muchos casos las estructuras de defensas ribereñas son dimensionadas con una falla conceptual, más aun por la falta de disponibilidad de mano de obra semicalificada.

Respecto a Pardo (2014) en su estudio *influencia de la humedad inicial en la erosión hídrica de un talud*, se evidencia que la humedad inicial tiene una influencia directa en la erosión hídrica de taludes, el material erodado presenta una tendencia exponencial a medida que aumenta la humedad inicial por las características del terreno en el área de estudio.

Respecto a Alanya (2017) en su estudio *Sistema de prevención y control de erosión en la ribera del río San Fernando tramo Chayhuamayo - Shucusma, Huancayo – Junín*, se llega a concluir de igual manera que a concluir que el caudal máximo y la velocidad es un criterio en el diseño de defensas ribereñas para soportar inundaciones por efectos de desastres naturales como el fenómeno del niño.

Respecto a Evangelista (2017). En su estudio *Identificación de zonas inundables y propuesta de defensa ribereña del sector Salinas 89 en el río Chancay- 2017*, se llega a concluir asimismo que para determinar los parámetros hidrológicos dependerán de los datos que se tienen del lugar, en este caso datos recolectados por entidades gubernamentales.

Respecto a Aguilar (2016) en su estudio *Comparación Técnica entre el uso de Gaviones y Geoceldas como estructuras de Defensa Ribereña*, concluye asimismo la existencia de variables técnicas que permiten la comparación entre revestimientos, como la resistencia a la erosión y durabilidad, la rugosidad de la superficie y la estabilidad del sistema de protección.

Respecto a Flores (2015) en su estudio *Propuesta y análisis de diseños de defensas ribereñas en el río Ilave zona rural C.P. Santa Rosa de Huayllata - Ilave*, concluye de igual manera en que es necesario la construcción de una defensa ribereña por el alto riesgo de inundaciones que existe en la zona, las pérdidas que estas producen como son económicas por sus actividades de ganadería y agricultura, la de transporte por la obstrucción de caminos y trochas carrozables, en salud por las enfermedades y epidemias que estas producen y como consecuencia el atraso y desarrollo a la localidad de afectación.

Respecto a Alvaro & Henríquez (2014) en su estudio *Diseño Hidráulico y Estructural de Defensa Ribereña del Río Chicama tramo Puente Punta Moreno – Pampas De Jaguey Aplicando el Programa River*, concluye asimismo que los depósitos donde han de ser emplazadas las obras de contención diseñadas, vienen a ser en su totalidad depósitos aluviales estables y buena potencia.

Respecto a Ruiz & Colqui (2014) en su estudio “Diseño de Defensas Ribereñas en el Río Marañon Tramo Chagual-Vijus en el distrito de Pataz, Departamento La Libertad” concluye asimismo que el muro de gavión es uno del más apropiado al ser construida con materiales flexibles, que cumplen con las exigencias establecidas, y puede adecuarse a deformaciones que puedan producirse una vez puesta en funcionamiento.

5.2 Conclusiones

- Se contó con información de la ciudad de Supe, donde sufrió durante su historia varios eventos naturales, entre sismos e inundaciones. El fenómeno del Niño, los constantes sismos, la cercanía al mar y el suelo arenoso, generan un ambiente de riesgo permanente.
- Se determina los parámetros de diseño necesarios para la construcción de la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018,
- Se construyó la defensa ribereña con criterios técnicos considerando la calidad de los materiales utilizados en su construcción, siendo de regular a deficiente calidad. Asimismo no existe un adecuado control de calidad sobre los materiales. Asimismo la calidad de la mano de obra es de regular a mala. Esto es generado por la falta de capacitación y reducida inversión de los propietarios en mano de obra capacitada. Se observa la poca supervisión durante el proceso constructivo, inclusive en los proyectos asesorados y donde la supervisión es escasa. Los problemas constructivos encontrados en su mayoría son inexistencia de juntas sísmicas, los malos encofrados y los aceros de refuerzo expuestos. Encontrándose concreto con restos de basura y muchos refuerzos corroídos, a pesar de los intentos artesanales de protección. Los problemas estructurales encontrados en la mayoría de las defensas ribereñas, poseen tabiques sin arriostre, siendo un problema importante al interior de la construcción.
- La defensa ribereña del río Supe construida es muy favorable para el control de los efectos ante posibles desastres naturales según la opinión del personal involucrado y pobladores de la zona.

5.3 Recomendaciones

- Se recomienda investigar a profundidad el problema de las defensas ribereñas y sus causas en la ciudad de Supe, las cuales presentan muchas variables y factores no cuantificables. Esta investigación es un estudio preliminar para aproximarse al estado actual de dichas construcciones.
- Se ve necesario un reforzamiento masivo de estas construcciones existentes para reducir la vulnerabilidad sísmica. Para este cometido se debe proponer soluciones económicas, de fácil implementación y que pueda ser acogidas por los propietarios actuales. Estos programas deberían ser complementados con incentivos del estado. Ya que una de las causas de la informalidad es los bajos recursos económicos de los propietarios.
- Se recomienda hacer un estudio de los procedimientos y políticas que incentivan la autoconstrucción asistida promovida por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú.
- Se recomienda que las municipalidades distritales y provinciales incluyan dentro de su plan de desarrollo metropolitano (plan de desarrollo urbano), la reducción de la vulnerabilidad de sus viviendas. Apoyando con supervisión y capacitación de la autoconstrucción de sus ciudadanos.
- No se debe permitir las invasiones en lugares como: riveras del río, riveras de cerros, en zonas arqueológicas, en zonas donde hay antecedentes de inundaciones, porque son zonas muy peligrosas con gran vulnerabilidad con mucha probabilidad de un peligro.
- Las autoridades distritales, provinciales y/o regionales deben planificar el crecimiento de las ciudades de manera ordenada con una buena planificación, un buen planeamiento urbano, con profesionales capacitados.

- La municipalidad distrital debe manejar un grupo de profesionales especialistas y enviarlos a campo para supervisar todas las construcciones informales, y darles solución para mejorar el proceso constructivo.



CAPITULO VI

FUENTES DE INFORMACIÓN

6.1 Fuentes documentales

Aguilar, D. (2016). *Comparación Técnica Entre el Uso de Gaviones y Geoceldas Como Estructuras De Defensa Ribereña*. Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Perú. Recuperado el 15 de enero de 2019, de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6935>

Alanya, E. (2017). *Sistema de prevención y control de erosión en la ribera del río San Fernando tramo Chayhuamayo - Shucusma, Huancayo - Junín*. Tesis de grado, Universidad Peruana los Andes, Huancayo. Recuperado el 17 de febrero de 2019, de <http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/299/Alanya%20Barzola%20Edison%20Enrique.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Alvaro, L., & Henríquez, L. (2014). *Diseño Hidráulico y Estructural de Defensa Ribereña del Río Chicama tramo Puente Punta Moreno – Pampas De Jaguey Aplicando el Programa River*. Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo. Recuperado el 05 de febrero de 2019, de http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/683/1/ALVARO_MARCELO_DISEÑO_HIDRAULICO_PROGRAMA%20RIVER.pdf

- Alvaro, L., & Henriquez, L. (2014). *Diseño Hidraulico y estructural de Defensa riverena del Rio Chicama Tramo Puente Punta Moreno- Pampas de Jaguey Aplicando el programa River*. Trujillo. Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Evangelista, O. (2017). *Identificación de zonas inundables y propuesta de defensa ribereña del sector Salinas km 89 en el río Chancay - 2017*. Tesis de grado, Universidad César Vallejo, Lima. Recuperado el 15 de febrero de 2019, de repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV
- Flores, O. (2015). *Propuesta y análisis de diseño de defensas ribereñas en el río Ilave zona rural C.P. Santa Rosa de Huayllata-Ilave*. Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Recuperado el 18 de Enero de 2019, de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2245/Flores_Apaza_Orestes_Omar.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Galanton, E., & Romero, L. (2007). *Descripción de las Defensas Riverenas*. Tesis de grado, Universidad de Oriente. Departamento de Ingenieria Civil, Barcelona. Recuperado el 16 de febrero de 2019, de <https://es.scribd.com/document/99263129/Tesis-Defensa-Riverena>
- GAMA, G. (18 de Julio de 2008). *Grupo GAMA*. Recuperado el 13 de Febrero de 2019, de Grupo GAMA: <http://www.floodup.ub.edu/inundaciones/>
- Pardo, V. (2014). *Influencia de la humeada incial en la erosión hídrica de un talud*. Tesis de grado, Universidad del Bio-Bio, Concepción. Colombia. Recuperado el 12 de febrero de 2019, de http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/392/1/Pardo_Barrera_Victor_Jose.pdf

Ruiz, R., & Colqui, D. (2014). *Diseño de Defensas Ribereñas en el Rio Marañon Tramo Chagual-Vijus en el distrito de Pataz Departamento La Libertad*". Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego. UPAO.

6.2 Fuentes bibliográficas

Bianchio Ingeniero. (s.f). Gaviones. *Sistema de corrección fluvial muros de contencion y urabnismo*. España. Recuperado el 15 de febrero de 2019, de <https://docplayer.es/15075357-Gaviones-sistemas-de-correccion-fluvial-muros-de-contencion-urbanismo.html>

Carrasco Díaz, S. (2008). *Metodología de la Investigación Científica - Pautas metodológicas para diseñar y elaborara el proyecto de investigación* (2 ed.). Lima, Perú: San Marcos E.I.R.L.

Carrasco, S. (2017). *Metodología de la Investigación Científica* (13 ed.). Lima, Perú: San Marcos E.I.R.L.

Cimentaciones GBC. (s.f). *Muros pantalla*. Recuperado el 15 de febrero de 2019, de <https://www.gerdau.com: https://www.gerdau.com/gerdaucorsa/es/gerdau-mediacenter/Documents/muros-pantalla.pdf>

Zorrilla, S. (1993). *Introducción a la metodología de la investigación*. México: Oceano.

6.3 Fuentes hemerográficas

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma OS.010*. Recuperado el 16 de Marzo de 2018, de <http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

INAM. (7 de Junio de 2017). *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias*. Lima, Perú.

Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento. (2006). *Norma OS. 060 Drenaje pluvial urbano*. LIMA, Perú.

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2016). Guía de orientación para elaboración d expedientes técnicos de proyectos de saneamiento. Perú.

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2018). *Norma E.030 Diseño sismorresistente*. Recuperado el 20 de noviembre de 2018, de R.M. N° 355-2018-VIVIENDA: <file:///C:/Users/user/Downloads/RM-355-2018-VIVIENDA.pdf>

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2018). *Normas legales - El Peruano*. Recuperado el 27 de agosto de 2018, de R.M. N° 192-2018-VIVIENDA: <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/aprueban-la-norma-tecnica-de-diseno-opciones-tecnologicas-resolucion-ministerial-no-192-2018-vivienda-1648790-5>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2018) *Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ambito Rural*

6.4 Fuentes electrónicas

OMM. (2011). *Estimation of mainun Floods*. Ginebra: Technical Note.

wikiedia. (2011). Defensa ribereña. México. Recuperado el 12 de febrero de 2019, de https://es.wikipedia.org/wiki/Defensa_ribere%C3%B1a

Wikipedia. (2013). *Cuenca hidrográfica*. Recuperado el 15 de febrero de 2019, de <https://es.wikipedia.org>:

https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cuenca_hidrogr%C3%A1fica&offset=&limit=500&action=history

Wikipedia. (20 de Enero de 2015). *Río*. Recuperado el 27 de Junio de 2019, de Wikipedia.

La enciclopedia libre: <https://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo>

Wikipedia. (2019). *Cuenca (accidente geográfico)*. Recuperado el 02 de abril de 2019, de

[https://es.m.wikipedia.org/wiki/Cuenca_\(accidente_geogr%C3%A1fico\)](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Cuenca_(accidente_geogr%C3%A1fico))





ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Construcción de defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales.

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicador	Escala	Métodos y técnicas
<p>Problema general</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo será la construcción de la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018? 	<p>Objetivo general</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar la construcción de la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018. 	<p>Hipótesis general</p> <ul style="list-style-type: none"> La construcción de la defensa ribereña del río Supe eliminará las inundaciones por efectos de desastres naturales en el año 2018. 	<p>Variable de caracterización</p>	<p>1.3 Cuenca hidrográfica del río Supe en la sección de interés</p>	<ul style="list-style-type: none"> Parámetros geomorfológicos Antecedentes hidrológicos Información pluviométrica Hidrología estadística de las estaciones 	<p>Nomina</p> <p>Nominal</p> <p>Nominal</p> <p>Nominal</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN Descriptivo longitudinal Aplicativa</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA • Población Longitud de su cauce principal del río Supe de 86,83 Km en el año 2018. Muestra. Longitud de su cauce principal del río Supe de 86,83 Km en el año 2018.</p> <p>TÉCNICAS Documental Observación Encuesta</p> <p>INSTRUMENTOS Documental: Manuales, Informe de instituciones privadas y gubernamentales, Leyes y normas y Reglamentos. Observación: Lista de cotejo, Ficha de observación, GPS Navegador, Cámara Fotográfica Digital, Winchas cortas y de 60 metros y Aparato de tamizado Encuesta: Cuestionario</p>
<p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Qué característica presenta la cuenca hidrográfica del río Supe en la sección de interés al año 2018? ¿Cuáles son los parámetros de diseño necesarios para la construcción de la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018? ¿Qué características presenta la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018? ¿Cómo está evaluado la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018? 	<p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Caracterizar la cuenca hidrográfica del río Supe en la sección de interés al año 2018. Determinar los parámetros de diseño necesarios para la construcción de la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018. Realizar la construcción de la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018. Realizar la evaluación de la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018. 	<p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> Se caracteriza con información retrospectiva la cuenca hidrográfica del río Supe en la sección de interés al año 2018. Se determina los parámetros de diseño necesarios para la construcción de la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018. Se construye con criterios técnicos la defensa ribereña del río Supe ante posibles desastres naturales en el año 2018. La evaluación de la defensa ribereña del río Supe es muy favorable para el control de los efectos ante posibles desastres naturales en el año 2018. 	<p>1 Estudios preliminares</p>	<p>1.4 Parámetros de diseño</p>	<ul style="list-style-type: none"> Periodo de retorno y vida útil de las estructuras de drenaje Caudal de diseño 	<p>Razón</p> <p>Razón</p>	
			<p>Variable de interés</p> <p>3. Construcción de defensa ribereña</p>	<p>3.1. Defensa riverieña</p> <p>3.2. Evaluación</p>	<ul style="list-style-type: none"> Socavación Obras hidráulicas Encuesta 	<p>Nominal</p> <p>Nominal</p> <p>Ordinal</p>	

Fuente: Elaboración propia.

CONSTRUCCIÓN DE DEFENSA RIBEREÑA DEL RIO SUPE ANTE POSIBLES DESASTRES NATURALES

I. PRESENTACIÓN

Estimado (a) señor (a), el presente cuestionario es parte de una investigación que tiene por finalidad obtener información, acerca de la evaluación de la

DEFENSA RIBEREÑA Y DESASTRES NATURALES

II. INSTRUCCIONES

- Este cuestionario es anónimo. Por favor responda con sinceridad.
- Escriba a qué área pertenece, lea detenidamente cada ítem. Responda el ítem y ponga una escala valorativa que se muestra en el cuadro.
- Gracias por su colaboración.

Escala valorativa

No sabe/no opina	Completamente de acuerdo	Completamente de acuerdo
1	2	3

Preguntas	1	2	3
01: ¿para usted los desastres naturales por inundaciones ocasionan grandes perjuicios económicos?			
02: ¿según usted a través de la municipalidad reciben algún apoyo?			
03: ¿está usted de acuerdo en recibir apoyo para evitar desastres naturales por inundaciones?			
04 :¿está usted. De acuerdo con la instalación de defensas ribereñas?			
05: ¿está usted de acuerdo con el tipo de material utilizado en la construcción de defensa ribereña?			
06: ¿según usted que la topografía del terreno es importante para considerar la defensa ribereña?			
07: ¿según usted las defensas ribereñas presentan durabilidad?			

Fuente: elaboración propia.

Anexo 3: Modelo de ficha de juicios de expertos



**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**
COEFICIENTE DE VALIDEZ

(DEFICIENTE= E), (REGULAR= D), (BUENO=C), (MUY BUENO= B), (EXCELENTE= A)

$$\text{COEFICIENTE DE VALIDEZ} = \frac{\text{Promedio A} + \text{Promedio B} + \text{Promedio C} + \text{Promedio D} + \text{Promedio E}}{100}$$

CLASIFICACIÓN GLOBAL

CATEGORÍA	INTERVALO
DESAPROBADO	(0.00 – 0.60)
OBSERVADO	(0.61 – 0.71)
APROBADO	(0.71 – 1.00)

Opinión de aplicabilidad

Firma del experto



**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
COEFICIENTE DE VALIDEZ**

DATOS GENERALES

Apellidos y Nombre del experto: _____

Grado Académico: _____ Cargo en la Institución donde labora: _____

Nombre del instrumento de evaluación: _____

Autor del instrumento: _____

ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente (00 a 20)				Regular (21 a 40)				Buena (41 a 60)				Muy buena (61 a 80)				Excelente (91 a 100)			
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado																				
OBJETIVIDAD	Esta expresados en conductas observadas																				
ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología																				
ORGANIZACIÓN	Existe organización lógica																				
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad																				
INTERNACIONALIDAD	Adecuado para valor aspectos de las estrategias																				
CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos-científicos																				
COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y dimensiones																				
METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico																				
PERTINENCIA	El instrumento es adecuado para el propósito de la investigación																				
PROMEDIOS DE VALORACIÓN POR NIVELES																					

Anexo 4: Validación de instrumentos

La selección de los instrumentos se realizó durante la operacionalización de variables; en ese momento se identificaron las dos variables; luego, se desagregaron en dimensiones, después estos en indicadores; posteriormente, se determinaron la cantidad de los ítems y finalmente se elaboraron los instrumentos, de acuerdo los indicadores. La selección de los instrumentos se hizo en razón a la intención de la investigación y de la validez y confiabilidad que tenga.

El primer instrumento que se seleccionó corresponde a la variable: Defensa ribereña y el segundo instrumento: Desastres naturales.

La validación de los instrumentos se realizó con los docentes expertos en investigación de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Se elaboró los instrumentos de investigación, los cuales contiene 07 ítems. La validación de los instrumentos de recolección de datos se realizó a través de los siguientes procedimientos: Validez de contenido y confiabilidad interna.

Sabino, Carlos (1992, pág. 154), con respecto a la Validez, sostiene: “Para que una escala pueda considerarse como capaz de aportar información objetiva debe reunir los siguientes requisitos básicos: validez y confiabilidad”.

De lo expuesto en el párrafo anterior, se define la validación de los instrumentos como la determinación de la capacidad de las encuestas para medir las cualidades para lo cual fueron construidos.

A los referidos expertos se les entregó la matriz de consistencia, los instrumentos y la ficha de validación donde se determinaron: Sobre la base del procedimiento de validación descrita, los expertos consideraron que son pertinentes la existencia de una estrecha relación entre los criterios y objetivos del estudio y los ítems constitutivos de los dos instrumentos de recopilación de la información.

La cuantificación de las calificaciones de los expertos se presenta a continuación en la siguiente tabla:

Nivel de validez de las encuestas, según el juicio de expertos

Expertos	Puntaje	%
Experto 1	75	85
Experto 2	78	88
Experto 3	72	82
Promedio de valoración	75	85

Fuente: Instrumentos de opinión de expertos

Los valores resultantes, después de tabular la calificación emitida por los expertos, están considerados a un nivel de validez muy bueno.

Los resultados pueden ser comprendidos mediante el siguiente cuadro que presentamos en la tabla:

Valores de los niveles de validez

Valores	Niveles de validez
91 – 100	Excelente
81 – 90	Muy bueno
71 – 80	Bueno
61 – 70	Regular
51 – 60	Deficiente

Fuente: Herrera (1998)

Dada la validez de los instrumentos por juicio de expertos, donde el instrumento probado obtuvo un valor de 85 % podemos deducir que el instrumento tiene muy buena validez.

Anexo 5: Confiabilidad de los instrumentos

Inicialmente se trabajo piloto con 9 encuestados, elegidos al azar, y se aplicó la prueba estadística de KuderRichardson 20, por instrumento con respuestas de tipo dicotómico.

La fórmula de KuderRichardson que se aplicó es:

$$P_{KR20} = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{M(k-M)}{k\sigma^2} \right)$$

Dicho procedimiento se realizó bajo la siguiente secuencia:

- Se determinó una muestra piloto de 9 personas.
- Se aplicó el cuestionario validado por juicio de expertos.
- Los resultados obtenidos mediante para análisis de confiabilidad es el siguiente:

Valores de los niveles de validez

Instrumento	Kuderricharson 20	N° de elementos
Defensa ribereña	0,85	07

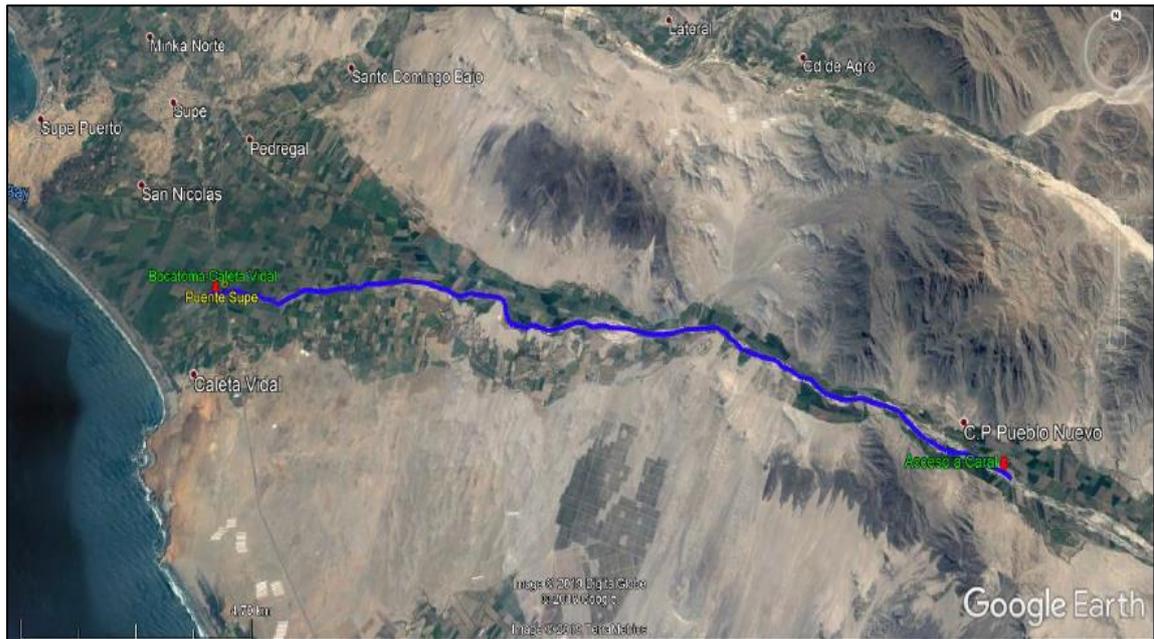
En consecuencia, el instrumento de investigación es plenamente aceptable y aplicable, según la tabla de valoración siguiente:

Niveles de confiabilidad

VALORES	NIVEL DE CONFIABILIDAD
0,53 A MENOS	Confiabilidad nula
0,54 A 0,59	Confiabilidad baja
0,60 A 0,65	Confiable
0,66 A 0,71	Muy confiable
0,72 A 0,99	Excelente confiabilidad
1,0	Confiabilidad perfecta

Dado que la aplicación del instrumento a una muestra piloto es significativa, podemos afirmar que el instrumento es Excelente Confiable y, por lo tanto, aplicable a diferentes proyectos y los resultados que se obtengan también serán similares.

Anexo 6: Ubicación del río Supe



Fuente: elaboración propia.

Anexo 7: posibles desastres naturales



Fotografía 01: Trabajos de limpieza y descolmatación del río Supe, para encauzamiento del río en el periodo de lluvias 2017.



Fotografía 02: Trabajos de protección con enrocado al Puente Supe y Carretera Panamericana Norte debido al desborde del río Supe.

Fuente: elaboración propia.



Fotografía 03: Primeros trabajos de acopio de conglomerado con material del río descolmatado.



Fotografía 04: Iniciando los trabajos de protección del Puente Supe y Carretera Panamericana Norte, por crecida de río y desborde del mismo que amenazaba con dañar la infraestructura vial y dañó la bocatoma que abastece al centro poblado de Caleta Vidal – Supe.

Fuente: elaboración propia.



Fotografía 05: Daños ocasionados en el C.P. Caleta Vidal por colapso de la bocatoma de su canal de regadío en el río Supe.



Fotografía 06: Vías principales de C.P. Caleta Vidal se vieron inundadas dañando viviendas, vías de acceso y redes de alcantarillado.

Fuente: elaboración propia.



Fotografía 07 y 08: Desborde del río Supe a la altura del C.P. Sausal Bajo el cual se vio afectada por el incremento de lluvias en el periodo 2017.

Fuente: elaboración propia.



Fotografía 09: Vista aguas arriba del río, en Acceso a Centro Arqueológico Caral, cuenta con protección enrocado el cual falló en periodo de lluvias 2017



Fotografía 10: Vista aguas abajo del río, en Acceso a Centro Arqueológico Caral, cuenta con protección enrocado el cual falló en periodo de lluvias 2017

Fuente: elaboración propia.



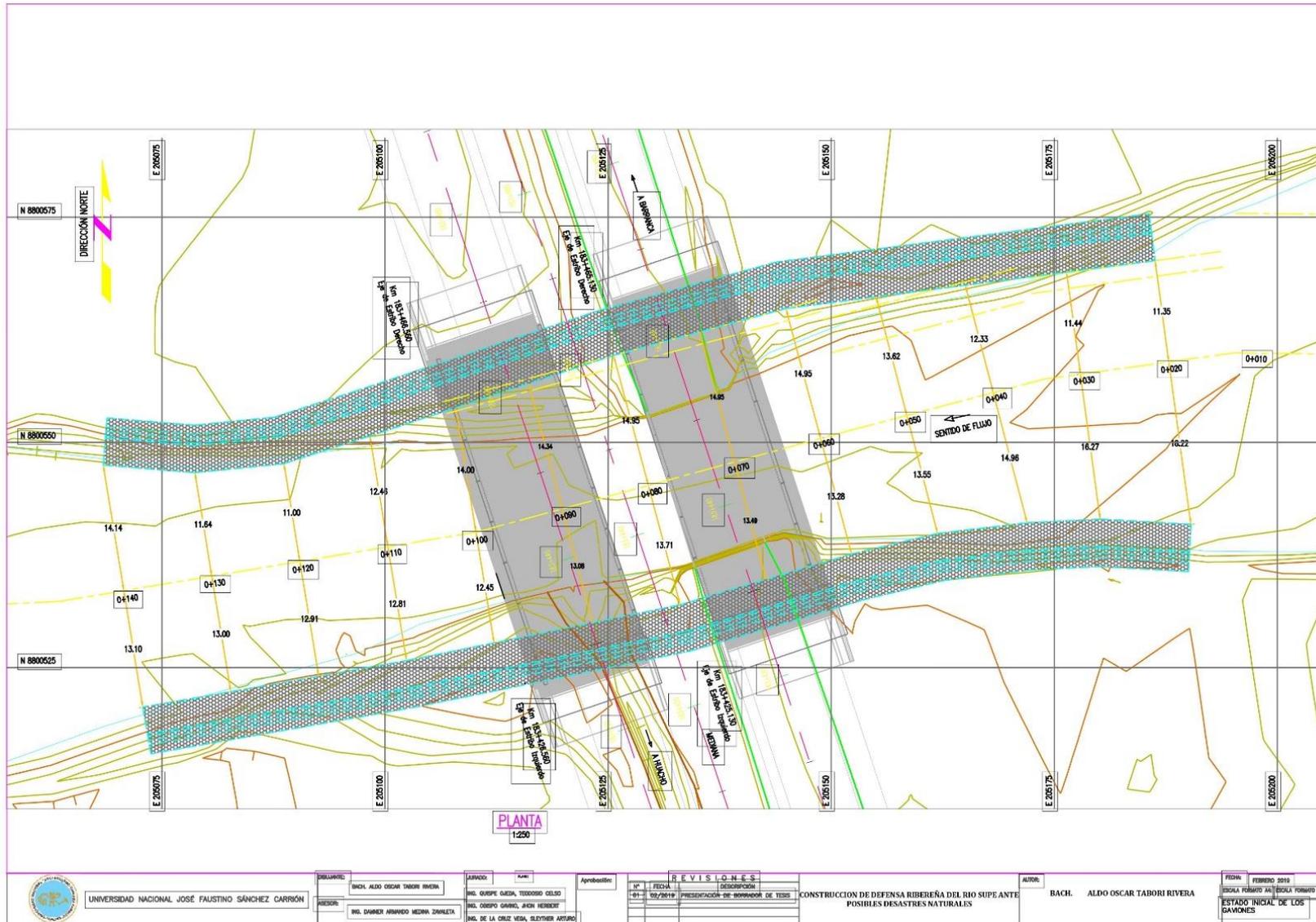
Fotografía 11: Vista aguas arriba del río, en Puente Supe el cual cuenta con una protección corta de gaviones.



Fotografía 12: Vista aguas arriba del río, en Puente Supe en donde se ve la zona afectada en el periodo de lluvias del 2017 que sigue siendo vulnerable a otra crecida del río.

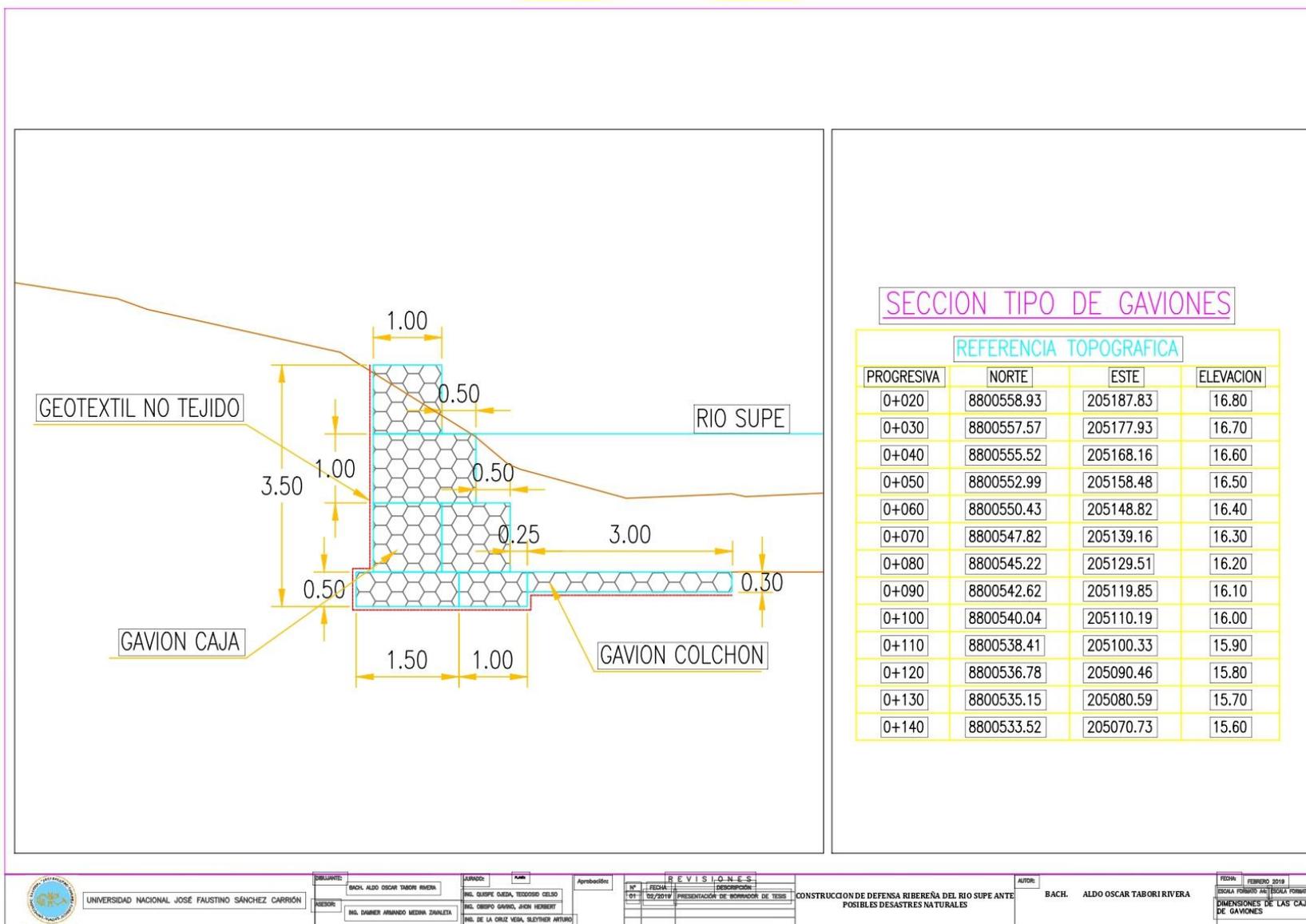
Fuente: elaboración propia.

Anexo 8: Estado inicial de los gaviones



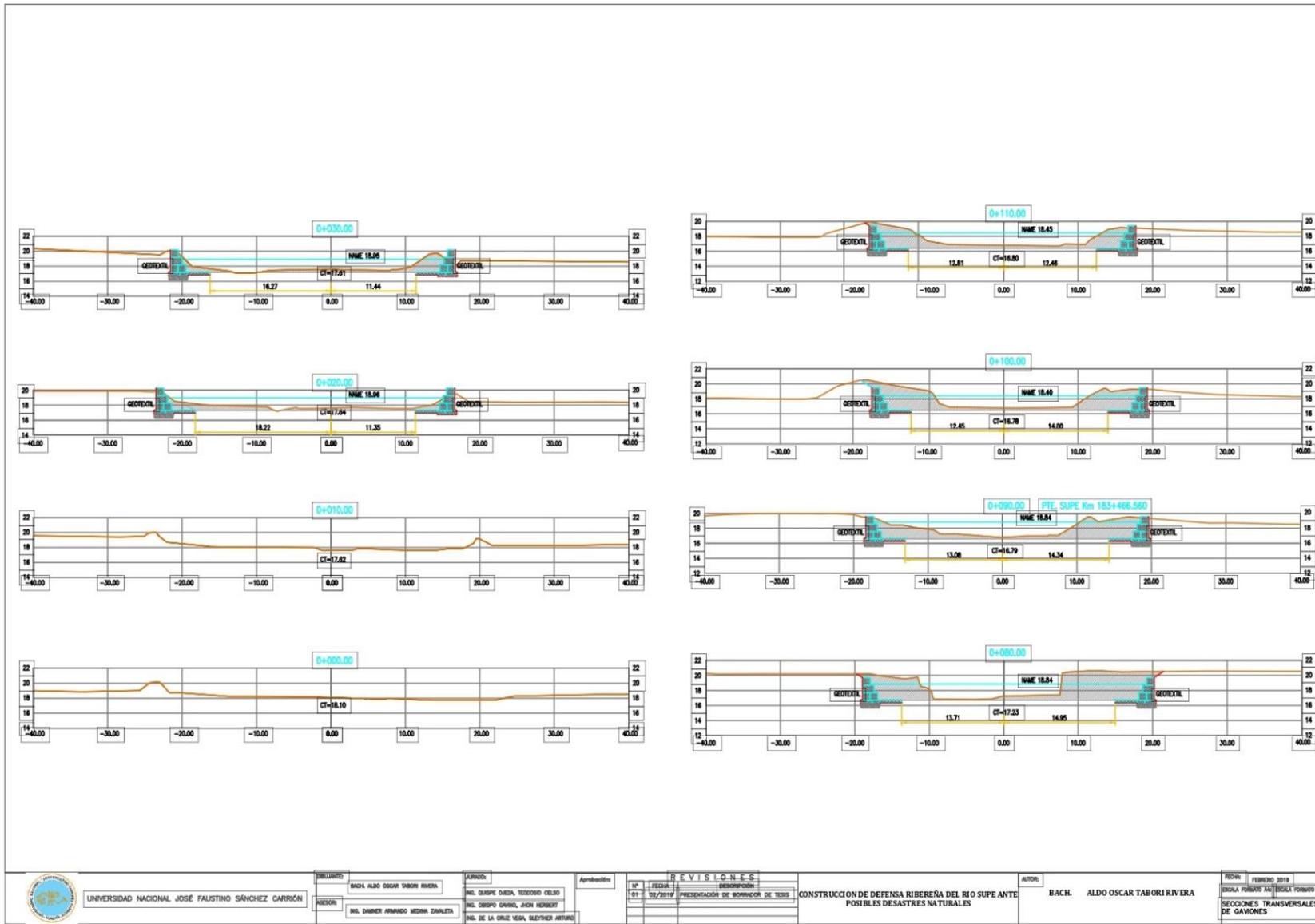
Fuente: elaboración propia.

Anexo 9: Dimensiones de las cajas de gaviones



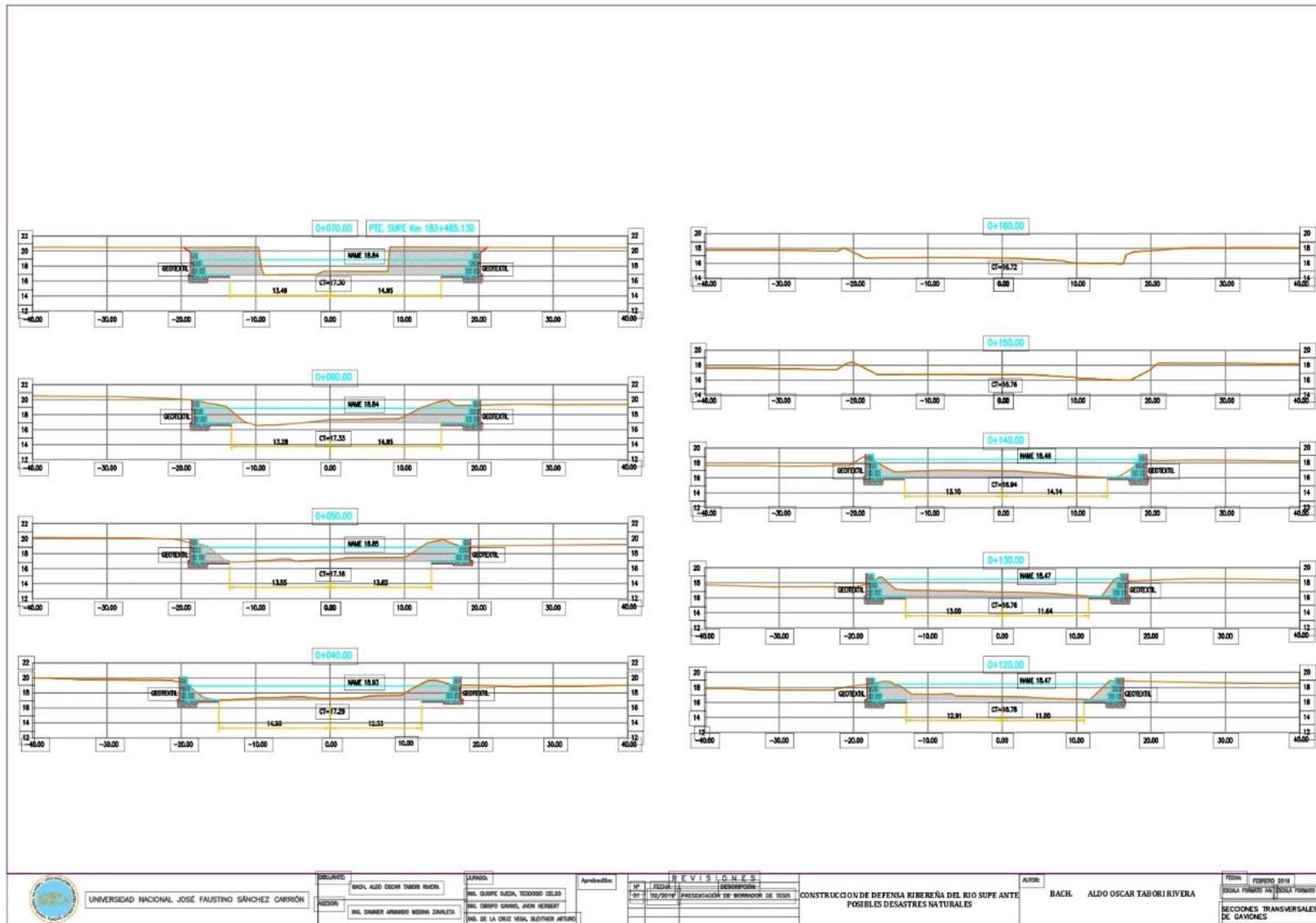
Fuente: elaboración propia.

Anexo 10: Secciones transversales de gaviones.



Fuente: elaboración propia.

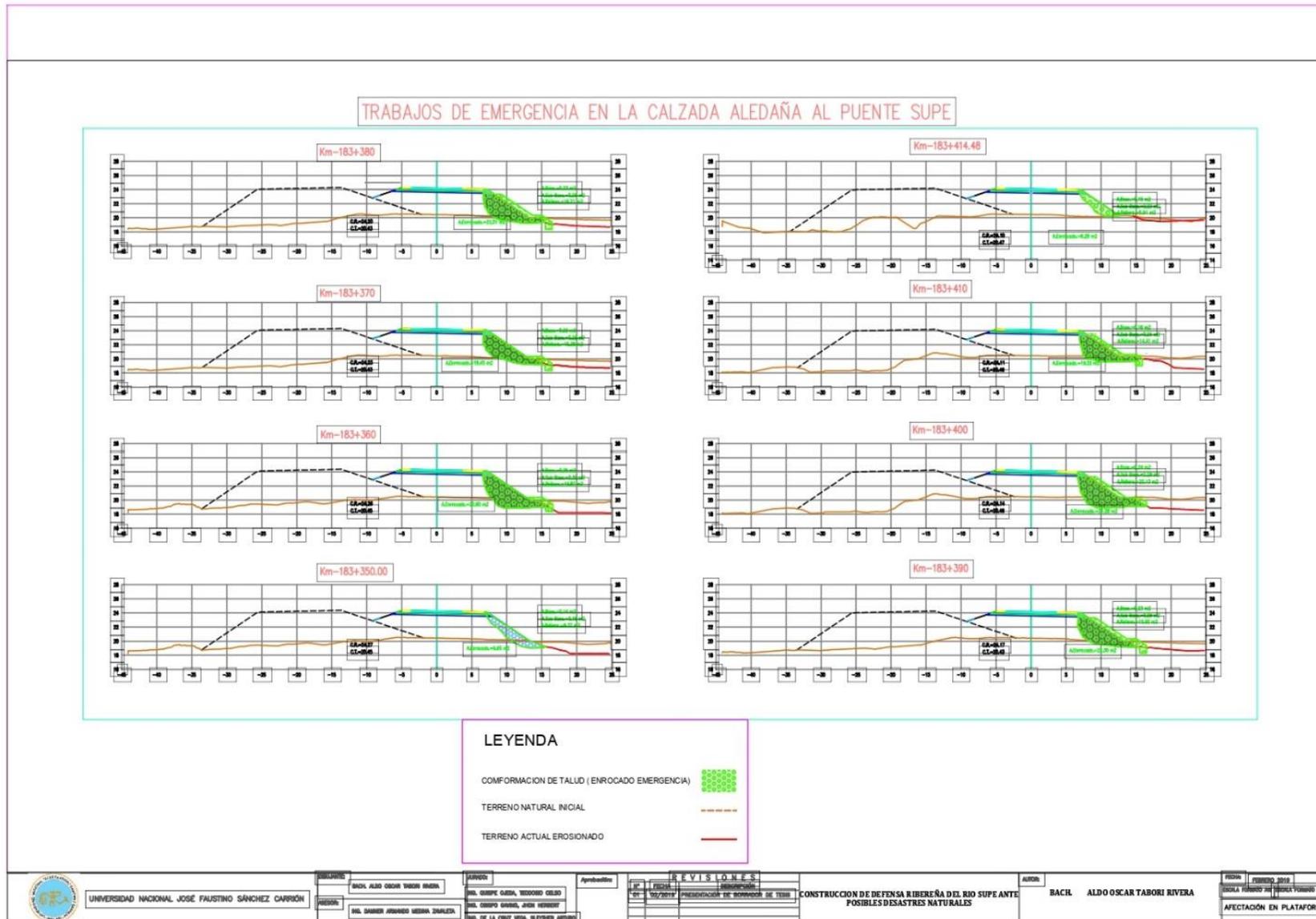
Anexo 11: Secciones transversales de gaviones



 UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRÓN	DISEÑADO: BACH. ALDO OSCAR TABORI RIVERA	APROBADO: ING. DANIEL ARMANDO MEDINA ZAVALLTA	APROBADO: ING. DANIEL ARMANDO MEDINA ZAVALLTA	APROBADO: ING. DANIEL ARMANDO MEDINA ZAVALLTA	REVISIONES N° FECHA DESCRIPCIÓN 01 05/2019 PRESENTACIÓN DE BORRADOR DE TEXTO	ALUMNO: BACH. ALDO OSCAR TABORI RIVERA	FECHA: FEBRERO 2019 ESCALA: 1:1000 TÍTULO: SECCIONES TRANSVERSALES DE GAVIONES
	CONSTRUCCIÓN DE DEFENSA RIBEREÑA DEL RÍO SIPE ANTE POSIBLES DESASTRES NATURALES						

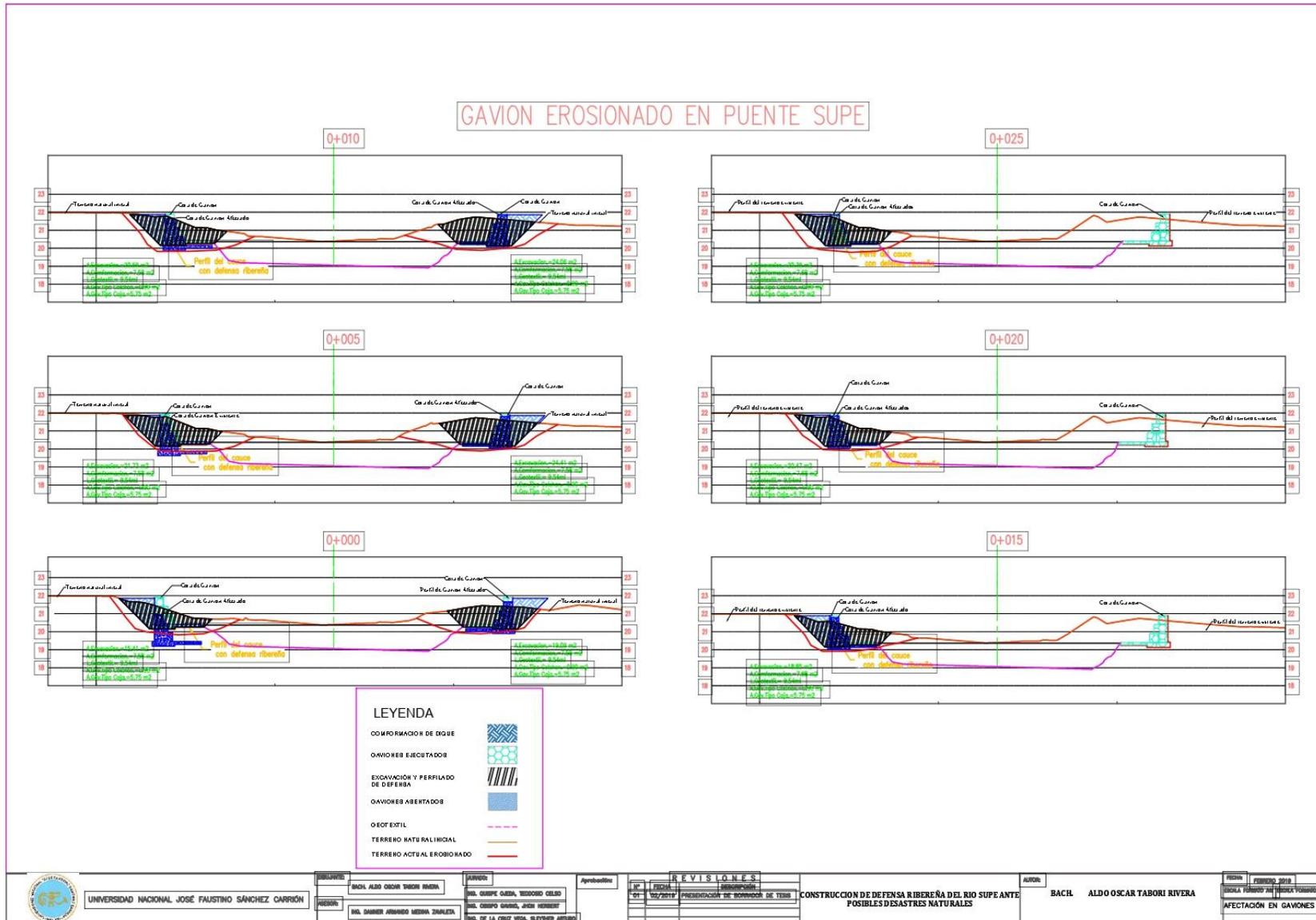
Fuente: elaboración propia.

Anexo 13: Afectación en plataforma



Fuente: elaboración propia.

Anexo 14: Afectación en gaviones



Fuente: elaboración propia.