



# FACULTAD DE INGENIERIA

Carrera de Ingeniería Civil

“NIVEL DE RIESGO POR INUNDACION EN LA ZONA DE HUACARIZ SECTOR- 24 MEDIANTE DISEÑO DE GAVIONES TIPO CAJA EN LA QUEBRADA LOS CHILCOS CAJAMARCA 2021”

Tesis para optar el título profesional de:  
Ingeniero Civil

**Autor:**

Denys Ivan Vasquez Tongo

**Asesor:**

Ing. Erlyn Giordany Salazar Huamán

Cajamarca – Perú

2021

## DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A mis padres Bernardo y Ayde quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mi hermana, y novia por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A mi abuela que desde el cielo le ilumina día a día cuando mi madre no se hacía presente, tú eras quien llevaba a cabo las labores que a ella le correspondían. Puedo decir plenamente que eres además de mi abuela, mi segunda madre, y los valores y los aportes que has realizado para mi vida son simplemente invaluables.

Para el desarrollo de mi tesis tuve que lidiar con toda clase de obstáculos, y muchos de ellos los superé gracias a tus enseñanzas.

Y a toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas trazadas.

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Mi profundo agradecimiento a los vecinos de la quebrada los chilcos por que tuvieron a bien aceptar realizar todo el proceso investigativo.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad privan del norte y a toda la Facultad de Ing. civil, a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Erlyn Giordany Salazar Huamán, principal colaborador durante todo este proceso quien tuvo a bien asesorarme y brindarme su conocimiento, enseñanza y colaboración que me permitió el desarrollo de este trabajo

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO II. MÈTODO.....</b>	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>124</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>146</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>147</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>148</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>149</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>153</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Área de la cuenca .....	31
Tabla 2	Forma de la cuenca.....	31
Tabla 3	Clase de Forma de valores de la forma .....	31
Tabla 4	Rangos aproximados de la densidad de drenaje .....	31
Tabla 5	Rangos aproximados de la pendiente media del cauce principal .....	32
Tabla 6	Rangos aproximados de la pendiente de la cuenca.....	32
Tabla 7	Metodología de comparación .....	37
Tabla 8	Ponderación de parámetros .....	39
Tabla 9	Matriz de normalización.....	39
Tabla 10	Ponderación de factores condicionante .....	40
Tabla 11	Altura del cauce: según las alturas obtenidas en el levantamiento topográfico tenemos una altura promedio de 1.5 a 2m. Altura de cauce .....	40
Tabla 12	Ancho del cauce Descriptores .....	40
Tabla 13	Resultados del ancho del cauce .....	40
Tabla 14	Pendiente del río.....	41
Tabla 15	Geomorfología .....	41
Tabla 16	Cobertura vegetal .....	41
Tabla 17	Resultados de la cobertura vegetal .....	42
Tabla 18	Precipitaciones .....	42
Tabla 19	Resultados de precipitaciones -Estación Weberbauer.....	42
Tabla 20	Intensidad media en una hora (mm/h).....	44
Tabla 21	Grupo etario.....	44
Tabla 22	Resultados de las encuestas –grupo etario.....	44
Tabla 23	Servicios educativos expuestos .....	45
Tabla 24	Servicios de salud terciarios .....	45
Tabla 25	Material de construcción .....	46
Tabla 26	Resultados material de construcción de viviendas .....	46
Tabla 27	Estado de la conservación de la edificación .....	46
Tabla 28	Resultados- estado de conservación .....	47
Tabla 29	Configuración de elevación de edificaciones .....	47
Tabla 30	Resultados- configuración de edificaciones .....	47
Tabla 31	Incumplimiento de procedimientos constructivos.....	47
Tabla 32	Resultados-incumplimiento de procedimiento .....	48
Tabla 33	Capacitación en temas de gestión de riesgos.....	48
Tabla 34	Resultados-Capacitación en temas de gestión de riesgos .....	48
Tabla 35	Conocimiento sobre ocurrencia pasada.....	49
Tabla 36	Resultados-incumplimiento de procedimiento .....	49
Tabla 37	Actitud frente al riesgo .....	49
Tabla 38	Campaña de difusión.....	50
Tabla 39	Localización de edificación.....	50
Tabla 40	Resultados de localización de edificación .....	51
Tabla 41	Servicios básicos de agua potable y saneamiento .....	51
Tabla 42	Material de construcción .....	51
Tabla 43	Resultados de material de construcción.....	51
Tabla 44	Estado de conservación de la edificación .....	52
Tabla 45	Resultados de conservación de viviendas.....	52
Tabla 46	Antigüedad de la construcción de la edificación .....	52
Tabla 47	Resultados de la antigüedad de construcción .....	53
Tabla 48	Incumplimiento de procedimientos de construcción .....	53
Tabla 49	Resultados del incumplimiento de procedimientos .....	53
Tabla 50	Configuración de elevaciones .....	53

Tabla 51	Resultados de configuración de elevaciones .....	54
Tabla 52	Población económicamente activa desocupada.....	54
Tabla 53	Resultados de la población económicamente activa.....	55
Tabla 54	Ingreso familiar promedio .....	55
Tabla 55	Resultados de ingreso familiar promedio .....	55
Tabla 56	Organización y capacitación institucional.....	56
Tabla 57	Resultados de la capacitación de temas en gestión de riesgos.....	56
Tabla 58	Valores recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje.....	57
Tabla 59	Coefficientes de duración lluvias entre 48 horas y una hora .....	63
Tabla 60	Clasificación de clases antecedentes de humedad (ame) para el método de abstracciones de lluvia del SCS .....	68
Tabla 61	Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad 11, la= 0.2s) .....	68
Tabla 62	Factor de corrección por contracción del cauce u .....	75
Tabla 63	Valores de x para suelos cohesivos y no cohesivos.....	76
Tabla 64	Valores del coeficiente $\beta$ .....	78
Tabla 65	Coeficiente de corrección $K\Theta$ .....	80
Tabla 66	Coeficiente de corrección $KQ$ .....	80
Tabla 67	Coeficiente de corrección $Km$ .....	80
Tabla 68	Nivel de Intensidad para Inundaciones Fluviales .....	81
Tabla 69	Rango de Intensidad para Inundaciones Fluviales .....	81
Tabla 70	Periodos de retorno según categorías .....	82
Tabla 71	Rangos de frecuencia de inundaciones fluviales .....	82
Tabla 72	Matriz de peligro de inundación fluvial .....	83
Tabla 73	Niveles de Peligrosidad ante inundaciones fluviales.....	83
Tabla 74	Tipos de Vulnerabilidad ante Inundaciones fluviales.....	84
Tabla 75	Localización de Viviendas .....	85
Tabla 76	Materiales de construcción utilizadas en viviendas.....	86
Tabla 77	Características geológicas, calidad y tipo de suelo.....	86
Tabla 78	Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos .....	87
Tabla 79	Niveles de Vulnerabilidad .....	88
Tabla 80	Grado de Vulnerabilidad Física.....	89
Tabla 81	Niveles de Vulnerabilidad .....	89
Tabla 82	Vulnerabilidad total.....	90
Tabla 83	Cuadro De Matriz De Riesgos De Inundaciones Fluviales .....	92
Tabla 84	Resistencia de mayas vs. Calibres.....	94
Tabla 85	Normas Técnicas Internacionales ASTM A 975-97 .....	96
Tabla 86	Peso específico por diferentes tipos de rocas .....	104
Tabla 87	Resistencia en función del tipo suelo .....	107
Tabla 88	Resistencia para arenas y arcillas en función del SPT.....	108
Tabla 89	Gaviones.....	112
Tabla 90	Tipo de Gaviones .....	113
Tabla 91	Tipo de Gaviones. ....	114
Tabla 92	Características Técnicas de malla triple torsión .....	115
Tabla 93	Valores típicos del peso específico de suelo. ....	121
Tabla 94	Valores típicos del ángulo de fricción interno de suelos no cohesivos. ....	122
Tabla 95	Valor de susceptibilidad-factores condicionantes .....	124
Tabla 96	Valor de Susceptibilidad –Factores desencadenantes .....	124
Tabla 97	Valor total de susceptibilidad.....	125
Tabla 98	Leyenda de peligrosidad-inundación según la leyenda el peligro causado por inundación es alto ya que el valor total de peligro es 0.156.....	125
Tabla 99	Matriz de exposición social.....	126
Tabla 100	Matriz de fragilidad social.....	126

Tabla 101	Matriz de resiliencia social.....	126
Tabla 102	Matriz de vulnerabilidad social .....	127
Tabla 103	Matriz de exposición económica.....	127
Tabla 104	Matriz de la fragilidad económica.....	127
Tabla 105	Matriz de la resiliencia .....	127
Tabla 106	Matriz de la vulnerabilidad económica .....	128
Tabla 107	Matriz vulnerabilidad global .....	128
Tabla 108	Leyenda de la vulnerabilidad social .....	128
Tabla 109	Matriz de riesgo.....	129
Tabla 110	Leyenda del riesgo .....	129
Tabla 111	Valor de susceptibilidad factores condicionantes.....	129
Tabla 112	Valor de Susceptibilidad Factores desencadenantes .....	130
Tabla 113	Valor total de susceptibilidad .....	130
Tabla 114	Leyenda de peligrosidad inundación .....	131
Tabla 115	Valor de la exposición social.....	131
Tabla 116	Valor de la fragilidad social .....	131
Tabla 117	Valor de la resiliencia social.....	132
Tabla 118	Valor de la vulnerabilidad social .....	132
Tabla 119	Ubicación del valor en la leyenda de vulnerabilidad.....	132
Tabla 120	Ubicación del valor en la leyenda de vulnerabilidad.....	132
Tabla 121	Valor de la fragilidad económica .....	133
Tabla 122	Valor de la resiliencia.....	133
Tabla 123	Valor de la vulnerabilidad económica .....	133
Tabla 124	Valor de la vulnerabilidad total .....	133
Tabla 125	Cálculo de riesgo.....	134
Tabla 126	Leyenda del riesgo .....	134
Tabla 127	Intensidades máximas estación A. Weberbauer - Cajamarca 1970 – 2021 .....	135
Tabla 128	Tabla. Intensidades máximas de precipitación mediante modelo Gumbel – estación pluviométrica A. Weberbauer (altitud 2673 msnm), cuenca quebrada los chilcos .....	137
Tabla 129:	Ecuación de Intensidad Cuenca.....	137
Tabla 130	Intensidades máximas (mm/h) cuenca.....	138
Tabla 131	Intensidades de cuenca. ....	139
Tabla 132	Caudales máximos.....	139
Tabla 133	Áreas inundables totales para $Tr = 140$ años. ....	140
Tabla 134	Áreas de máxima peligrosidad para $Tr = 140$ años. ....	141
Tabla 135:	Áreas inundables totales para $Tr = 500$ años. ....	141
Tabla 141	Rangos definidos para cada nivel de intensidad para inundaciones. ....	143
Tabla 142	Determinación del nivel de peligrosidad.....	143
Tabla 143	vulnerabilidad física .....	144
Tabla 144	Vulnerabilidad Total.....	144
Tabla 145	Nivel de riesgo .....	145
Tabla 146	Rangos definidos para cada nivel de intensidad para inundaciones .....	145
Tabla 147	Operacionalización de variables.....	232

## ÍNDICE DE FIGURAS

figura 1:estabilidad del terreno con gaviones tipo caja.....	13
figura 2:causas de inundaciones .....	19
figura 3 intensidades vs duración .....	62
figura 4:características y detalle de gavión en forma de caja .....	114
figura 5: características y detalle de gavión en forma de caja. ....	115
figura 6:características técnicas de malla triple torsión.....	116
figura 7: detalle de piedras de relleno.....	117
figura 8: ejemplo de muro de contención .....	119
figura 9: ejemplo de muro de contención .....	119
figura 10: tipos de gaviones.....	119
figura 11: tipo de gaviones y aplicaciones.....	120
figura 12: plano de aplicación del empuje activo tipo de gaviones.....	120
figura 13 curva idf – cuenca. ....	138
figura 14 inicio de levantamiento topográfico.....	152
figura 15. bm-1 levantamiento topografico .....	205
figura 16. medicion de tirante.....	205
figura 17. levantamiento topografico .....	206
figura 18. levantamiento topografico .....	206
figura 19. levantamiento topografico .....	207
figura 20. zona de estudio quebrada los chilcos .....	207
figura 21. zona de estudio quebrada los chilcos .....	208
figura 22. realizando encuestas .....	208



## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Fórmula para determinar factores condicionantes y desencadenantes .....	34
Ecuación 2:Fórmula para el cálculo de susceptibilidad .....	34
Ecuación 3: fórmula para el cálculo de riesgo .....	35
Ecuación 4: fórmula para el cálculo del valor de la vulnerabilidad .....	36
Ecuación 5: Fórmula para el cálculo de vulnerabilidades .....	36
Ecuación 6 : fórmula de la vulnerabilidad global. ....	36
Ecuación 1 Periodo de retorno .....	57
Ecuación 2 Distribución Normal .....	58
Ecuación 3 Distribución Log Normal 2 Parámetros .....	59
Ecuación 4 media de los datos de la muestra transformada .....	59
Ecuación 5 desviación estándar .....	59
Ecuación 6 coeficiente de oblicuidad .....	59
Ecuación 7 coeficiente de oblicuidad .....	59
Ecuación 8 Distribución Log Normal (VILLON, 2002) .....	60
Ecuación 9 Distribución Log Gumbel .....	60
Ecuación 10 función acumulada reducida log Gumbel .....	60
Ecuación 11 distribución de probabilidades .....	61
Ecuación 12 distribución de probabilidades .....	61
Ecuación 13 intensidad promedio .....	61
Ecuación 14 de intensidad .....	63
Ecuación 15 de intensidad .....	64
Ecuación 16. Propuesta por Bell .....	64
Ecuación 17 Tiempo de Concentración. ....	65
Ecuación 18 Método SCS .....	66
Ecuación 19 precipitación escorrentía .....	67
Ecuación 20 precipitación escorrentía .....	67
Ecuación 21 Precipitación escorrentía .....	67
Ecuación 22. Parámetro CN.....	67
Ecuación 23. Condiciones antecedentes .....	68
Ecuación 24. Condiciones antecedentes .....	68
Ecuación 25. Tiempo de recesión .....	69
Ecuación 26. Tiempo de ocurrencias del pico .....	70
Ecuación 27. Hidrograma unitario.....	71
Ecuación 28. Caudal de diseño.....	71
Ecuación 29. Velocidad erosiva .....	73
Ecuación 30. Velocidad erosiva .....	73
Ecuación 31.Profundidad de socavación .....	74
Ecuación 32.Profundidad de socavación .....	74
Ecuación 33.Peso específico .....	76
Ecuación 34.Altura de socavación.....	76
Ecuación 35.Profundidad del agua .....	79
Ecuación 36. probabilidad o frecuencia de ocurrencia .....	80
Ecuación 37 Vulnerabilidad Fisica .....	88
Ecuación 38. Vulnerabilidad Total.....	90
Ecuación 39 Calculo del riesgo .....	91
Ecuación 40 Empuje activo .....	99
Ecuación 41 Empuje activo .....	99
Ecuación 42 Empuje activo .....	100
Ecuación 43 Altura de aplicación .....	101
Ecuación 44. Verificacion de seguridad .....	104
Ecuación 45.Verificacion de seguridad .....	104
Ecuación 46.Peso propio .....	104
Ecuación 47. Empuje vertical .....	105

Ecuación 48. Empuje horizontal.....	105
Ecuación 49. Momento volcador .....	105
Ecuación 50. Momento resistente .....	106
Ecuación 51. Distancia entre fulcro.....	106
Ecuación 52. Distancia entre el fulcro.....	106
Ecuación 53. Coeficiente de vuelco .....	106
Ecuación 54. Verificación de tensines.....	106
Ecuación 55. Excentricidad resultante. ....	106
Ecuación 56. Excentricidad .....	109
Ecuación 57. Tracción .....	109
Ecuación 58. Tracción .....	109
Ecuación 59. Tensión máxima de excentricidad .....	109
Ecuación 60. Tensión máxima .....	109
Ecuación 61. Tensión máxima .....	110
Ecuación 62. Tensión Tangencial .....	110
Ecuación 63. Tensión máxima .....	110

## RESUMEN

El presente estudio tiene como finalidad determinar el nivel de riesgo por inundación en la zona de Huacariz sector 24 mediante el diseño de gaviones tipo caja en la quebrada los Chilcos Cajamarca 2021. La recolección de datos se realizó entre los meses octubre y diciembre del 2021, Para el cual se utilizó la metodología utilizada por el manual del CENEPRED. Mediante encuestas realizadas, fichas técnicas e información recauda de SENAMHI, ANA para el procesamiento de los datos se realizó en el programa HEC RAS. Para determinar el peligro de inundación, se evaluó en función al estudio hidrológico de la quebrada los Chilcos, el resultado en la zona de estudio presento un peligro de inundación alta, así como también, se calculó el valor de la vulnerabilidad a la que se encuentra expuesta la población de dicho lugar, obteniendo como resultado una vulnerabilidad muy alta, y finalmente obtener el nivel de riesgo por inundación alto con un valor de 0.55 ubicado dentro del rango de  $0.384 < R < 1.676$ , cumpliéndose así la hipótesis planteada en dicho estudio, llegando a la conclusión que se planteara mediante la construcción de gaviones tipo caja para mitigar el riesgo de inundación y proteger la zona ante máximas avenidas.

**Palabras clave:** Gaviones tipo caja, máximas avenidas, riesgo de inundación, vulnerabilidad, socavación

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### **Realidad problemática**

Nuestro país, se encuentra ubicado en el borde oriental del Cinturón de Fuego del Océano Pacífico, y debido a sus características geográficas, hidrometeorológicas, geológicas, entre otras (factores condicionantes), lo exponen a la ocurrencia de fenómenos de origen natural, como sismos, tsunamis, erupciones volcánicas, movimientos en masas, descenso de temperatura (heladas y friajes) y erosión de suelos (factores desencadenantes); cada uno de estos con sus propias características como magnitud, intensidad, distribución espacial, periodo de retorno, etc. (CENEPRED 2. , 2014)

Los niveles de riesgos no solo dependen de los fenómenos de origen natural, sino de los niveles de vulnerabilidad de los centros urbanos y/o rurales, por ejemplo su localización en riberas de los ríos, desembocadura de quebradas activas, rellenos sanitarios, cercanía a fallas geológicas, etc. (exposición), así como el tipo de infraestructura de material precario o noble utilizado como vivienda (fragilidad), y la capacidad de la población para organizarse, asimilar y/o recuperarse ante el impacto de un fenómeno de origen natural (CENEPRED 2. , 2014)

La zonificación de los riesgos servirá como un instrumento de gestión territorial por parte de los Gobiernos Regionales y Locales para la elaboración e implementación del Plan de Acondicionamiento Territorial, Plan de Desarrollo Urbano, Ordenamiento territorial, etc. que ayudarán a un desarrollo sostenible. (CENEPRED 2. , 2014)

Es una interrupción severa del funcionamiento de una comunidad causada por un peligro, de origen natural o inducido por la actividad del hombre, ocasionando pérdidas de vidas humanas, considerables pérdidas de bienes materiales, daños a los medios de producción, al ambiente y a los bienes culturales. La comunidad afectada no puede dar una respuesta adecuada con sus propios medios a los efectos del desastre, siendo necesaria la

ayuda externa ya sea a nivel nacional y/o internacional. (INDECI, Manual básico para la estimación del riesgo / Perú. Instituto Nacional de Defensa Civil., 2006)

Si bien las zonas urbanas ocupan hoy día tan sólo el 2 por ciento de la superficie de la tierra, sus efectos en la alteración del medio son importantísimos a escala local, regional y global. Ante este panorama, la descripción y análisis de esos cambios y sus consecuencias son claves para proponer estrategias de desarrollo territorial orientadas a mantener y proteger el territorio, los distintos ecosistemas que sobre él se desarrollan, así como para preservar la calidad de vida de la población que sobre él habita. (Sendra, 2009)

Ante todo, lo mencionado nos hace reflexionar ante la importancia que debemos tener en la quebrada los chilcos en la zona de Huacariz sector 24 donde se evidencia aguas arriba y aguas abajo de la zona estudio, existe presencia de sedimentación, socavación, esto indica que ante una máxima avenida va a generar una inundación, ya sea en los márgenes izquierdo y derecho a la vez podría llegar hasta las viviendas y generar un colapso a estas.

Indicar que la presente investigación nos va a permitir conocer el nivel de riesgo, en los márgenes izquierdo y derecho, el grado de vulnerabilidad con la única finalidad de plantear la propuesta del diseño de los gaviones tipo caja y así mitigar el riesgo.



Figura 1: Estabilidad del terreno con Gaviones tipo Caja

**Fuente:** Tomado de Método de Análisis de Estabilidad de Taludes.

### **A nivel Internacional**

Construcción de un muro de gaviones de 960 m<sup>3</sup>, para optar el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción – Costa Rica; cuyo propósito fue estabilizar taludes inestables próximos al proyecto de la urbanización La Estefanía, ubicada en El Carmen de Guadalupe. Su metodología empleada comenzó con un estudio bibliográfico concerniente a las estructuras de gaviones y simultáneamente se participó activamente en la construcción de dos muros de esta naturaleza en la Empresa Gaviones Bekaertp, para dotar de experiencia en la ejecución de futuras obras de construcción de muros de gaviones. Se obtuvieron como resultados que los factores de seguridad contra el volcamiento están entre 3.58 y 8.45 y que la utilidad estimada del proyecto es en un 50%. Las conclusiones a que se llegó fue que es importante contar previamente con un estudio de suelos, las mallas constituyen el 75 % del valor general del proyecto, la facilidad constructiva y economía son peculiaridades de los muros de gaviones, es fundamental. (PIÑAR, 2008)

Determinar la eficiencia y a la adaptabilidad de los gaviones ante los fenómenos naturales; su objetivo es demostrar cuan útil son los gaviones para poder ser empleados como estructuras de defensa. Para se realizó estudios básicos de ingeniería con la finalidad de cumplir estrictamente con los parámetros establecidos en las normas y se concluye que los gaviones son más flexible y susceptibles a adaptarse ante cualquier cambio y posteriormente se realizó una aplicación práctica acorde con el tema, ejecutándose en la cuenca baja del río Neverí, obteniendo la conclusión de 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. (Romero, 2007)

La dinámica que se genera en un río conlleva muchos procesos, entre los cuales se tiene el desprendimiento, transporte y deposición de los sedimentos que conforman su perímetro mojado. Tales procesos, traen consigo efectos colaterales entre los cuales se encuentra las erosiones de las márgenes de los cauces; y, debido a los constantes daños que resultan como consecuencia de este fenómeno, se definen metodologías para su óptimo análisis y así brindar soluciones más acertadas y funcionales. Asimismo, se plantea el análisis en particular, de un caso ocurrido a 29 inmediaciones del Municipio Centro del estado de Tabasco, específicamente en la margen izquierda del río Carrizal, en un cambio de dirección de  $89^\circ$ , aproximadamente a la altura de la Ranchería González, y frente a la población Buena Vista Río Nuevo. Interesa el estudio, porque a pesar de tenerse 3 espigones de protección, se continúan las afectaciones. (COUTIÑO, 2015)

### **A nivel nacional**

Estudio de evaluación de riesgo de inundación, basado en modelaciones, utilizando software ArcGIS, Hec-Ras y fundamenta que el riesgo de inundación, está en función del peligro, exposición y vulnerabilidad. Se refiere a exposición solo en la pregunta de que, si las personas o los bienes se encuentran físicamente en el camino de las aguas de inundación o no, lo cual concluye su estudio de riesgo de inundación del río Vilcanota. (Choquehuanca, 2012)

“Evaluación de riesgo y análisis de la vulnerabilidad ante amenazas de inundación en el centro poblado Huancaquito Bajo, Distrito de Virú, Provincia de Virú, 2018”. Su objetivo fue evaluar y analizar la vulnerabilidad del sector, utilizando como mecanismo el levantamiento topográfico, estudio de suelo y el estudio hidrológico de la estación hidrométrica Huacapongo. Dichos estudios permitieron el modelamiento y el análisis hidráulico lo cual permitió el modelamiento y análisis hidráulico evaluando los caudales de

máximas avenidas en diferentes periodos de retorno. Se utilizó como metodología para la evaluación el riesgo la del Centro Nacional de Estimación y Reducción de Riesgo Desastre (CENEPRED), para determinar los niveles de peligrosidad y vulnerabilidad. Como resultados se obtuvo que los caudales extraordinarios para el periodo de retorno de 11, 73, 174, 225 y 475 años es de 128,02; 308,99; 428,58; 469,26 y 602,83 m<sup>3</sup>/s. Se lograron identificar la peligrosidad como nivel alto, y un 74,11% de evaluación de riesgo considerando un estrato alto. (Espire, 2019)

#### **A nivel local:**

Determinar zonas de inundación mediante modelamiento hidráulico del río Chonta, en el caserío Tartar Chico, Distrito de Baños del Inca, Provincia y Departamento de Cajamarca, considerando la estimación del riesgo de inundación en función del peligro y el análisis del grado de vulnerabilidad. Su metodología se realizó el modelamiento hidrológico, donde se transfiere información de intensidades máximas de precipitación de la estación meteorológica Augusto Weberbauer a la cuenca del río Chonta en estudio, con la finalidad de convertir estas intensidades en caudales máximos. Llego a la conclusión donde se obtiene los parámetros para que se determinen las zonas expuestas a la inundación. (Diaz, 2019)

“Evaluación del riesgo por inundación en la Quebrada Romero, Distrito de Cajamarca, periodo 2011 – 2016”, cuyo objetivo estuvo centrado en establecer el nivel de riesgo por inundación en la quebrada Romero. Se utilizó para su elaboración el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales (02 versión - 2014) del CENEPRED, para determinar el nivel de peligrosidad de la quebrada, y de vulnerabilidad de las familias aledañas, para luego en función del análisis realizar las propuestas que ayuden a minimizar el riesgo del sector. Se utilizado como técnicas, la observación, la obtención de datos meteorológicos, la generación de mapas, la selección de



viviendas al azar y la entrevista. Se llegó a la conclusión que el nivel tanto de peligrosidad como de vulnerabilidad es alto, por lo que se ha obtenido que el nivel de riesgo en la quebrada Romero es alto. (Mendoza, 2017)

### **Bases teóricas**

#### **Cuenca hidrográfica.**

La cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua.

Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido, el tamaño y forma de una cuenca viene determinada por las condiciones geológicas del terreno (VILLON, 2002)

#### **Análisis hidrológico de una cuenca.**

La Hidrología está ligado a los fenómenos naturales, para lo cual se hace uso a los métodos estadísticos, mediante la información que nos brinda el SENAMHI en cuanto a las precipitaciones diarias 24 horas máximas, temperaturas, evaporación entre otros (ICG, 2011)

#### **Evaluación de la Información Hidrológica.**

Dado que el país tiene limitaciones en la disponibilidad de datos ya sea hidrométrico como pluviométricos y la mayor parte de las cuencas hidrográficas no se encuentran instrumentadas, generalmente se utilizan métodos indirectos para la estimación del caudal. (ICG, 2011)

La representatividad, calidad, extensión y consistencia de los datos es primordial para el inicio del estudio hidrológico, por ello, se recomienda contar con un mínimo de 25 años de registro que permitan a partir de esta información histórica la predicción de eventos futuros con el objetivo que los resultados sean confiables (ICG, 2011)

#### **Precipitación.**

Las precipitaciones son una parte fundamental del ciclo hidrológico. Se definen como la caída del agua en estado líquido (lluvia) o sólido (nieve y granizo) hacia la superficie terrestre. Dichas precipitaciones son generadas por las nubes, y una vez que alcanzan un punto de saturación, cae a la tierra en forma de gotas, nieve o pedazos de hielo. (Ortiz, Hidrología de superficie, 2016)

### **Inundaciones.**

Como aspecto teórico se maneja el término de inundación que consiste en una elevación progresiva y anormal en un momento determinado del agua puede ser por razones naturales, como un arroyo, una quebrada o río. Ocasionando daños a las zonas urbanas, agricultura o ganadería, originadas bien sea por lluvia o fenómenos naturales. En otras palabras, consiste en la exposición de la población, igualmente que sus elementos o pertenencias ante a amenazadas ante la amenaza de inundación (UNISDR, 2009)

### **Inundaciones en el Perú.**

Las inundaciones en el Perú tienen mayor intensidad en los meses de noviembre a abril debido a la temporada de lluvia en la Región Andina, ocasionando daños a las infraestructuras, pérdidas de vidas humanas, colapsos de las viviendas, alcantarillado, pozos, captaciones de agua o daños de cultivos entre otros, que son comunes en las costas peruanas, afectados principalmente por el fenómeno El Niño y la Niña tienen una gran influencia en el país porque los caudales de los ríos que bajan de la región andina a la costa aumentando varias veces su magnitud desbordándose y ocasionando daños a las ciudades. (Hori, Lacambra, Suárez y Justiniano, 2015)

### **Causas de las inundaciones.**

Las causas de las inundaciones pueden ser muy diversas pero el daño es directamente proporcional a sus causas. Dependiendo de la magnitud de las inundaciones son el daño que se pudiera generar ocasionando consecuencias graves dentro de las causas se destacan las siguientes:

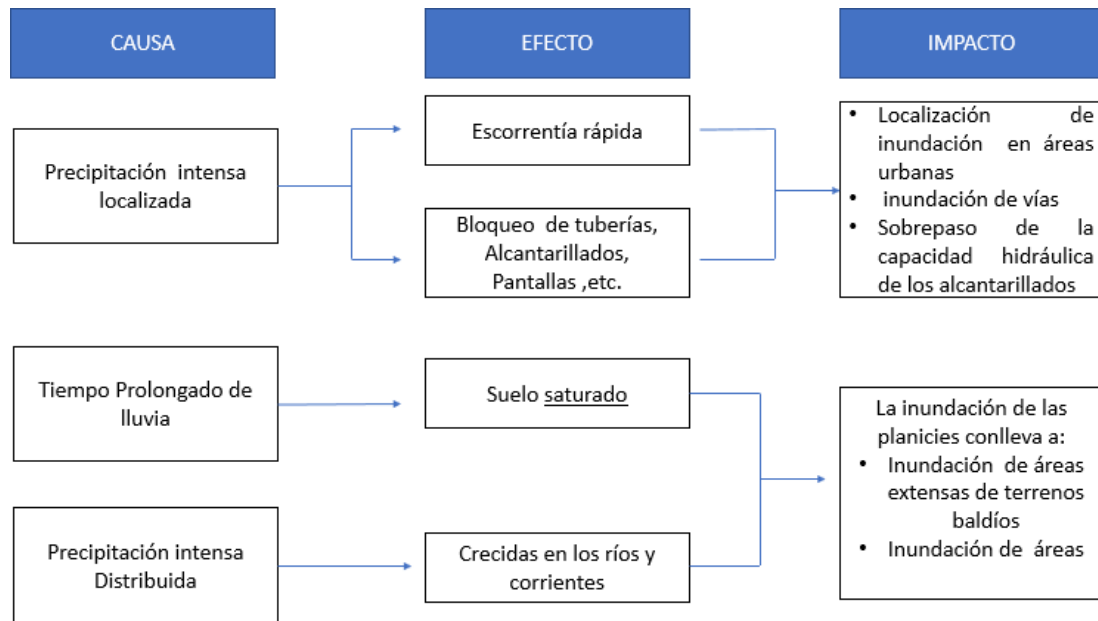


Figura 2:Causas de Inundaciones

Fuente: Tomado de (Baron, 2012)

### **Erosión.**

La erosión o socavación del pie de las laderas, escarpes y acantilados, por erosión fluvial, litoral u otra causa, da lugar a la pérdida de resistencia en esta zona y a la modificación del estado tensional, lo que unido a la falta de apoyo del material supra yacente puede provocar la inestabilidad y la generación de deslizamientos o desprendimientos. Un efecto secundario de los deslizamientos en laderas fluviales es el corte del río por la masa deslizada, que puede provocar inundaciones y avenidas, aspecto mencionado anteriormente. (Gonzáles de Vallejo, 2002)

### **Peligro.**

El peligro, es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad del hombre, potencialmente dañino, de una magnitud dada, en una zona o localidad conocida, que puede afectar un área poblada, infraestructura física y/o el medio ambiente (INDECI, Manual básico para la estimación del riesgo / Perú. Instituto Nacional de Defensa Civil., 2006)

### **Riesgo.**

Estimación o evaluación matemática de probables pérdidas de vida, de daños a los bienes materiales, a la propiedad y la economía, para un periodo específico y área conocidos, de un evento específico de emergencia. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad (INDECI, Manual básico para la estimación del riesgo / Perú. Instituto Nacional de Defensa Civil., 2006)

### **Gaviones.**

Los gaviones son cajas en forma de paralelepípedo hecho con malla de alambre de acero de alta resistencia y galvanizado de cocada cuadrada eléctricamente soldadas en todos sus cruces (Campaña Toro, 2003)

### **Aguas superficiales Ríos.**

Los ríos se caracterizan por su longitud, área drenada y su volumen de escurrimiento medio anual. Los ríos en el Perú alcanzan sus máximos caudales en las temporadas de lluvia ocasionando en desbordes en sus cuencas por múltiples factores. La cuenca hidrológica como unidad del territorio, se diferencia de otras unidades, tiene una gran diferencia a que está delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas - aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación, esta posición le permite una mayor afluencia del agua en dicha unidad en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto que esta puede ir hasta llegar al mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar (Comunicación., 2016)

### **Cuenca hidrológica.**

La cuenca de drenaje de una corriente es el espacio de terreno donde todas las aguas caídas por su precipitación se articulan para formar un sólo curso de agua. Cada curso de agua posee una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido. Una cuenca se puede clasificar teniendo en cuenta a su tamaño, en:

**Cuenca grande:** Es aquella en la que preponderan las características fisiográficas de la misma (pendiente, elevación, área, cauce). Se considera grande a una cuenca cuando el área es mayor de 250 km<sup>2</sup>.

**Cuenca pequeña:** Es aquella que corresponde a las lluvias de fuerte intensidad y de pequeña duración, en tal sentido las características físicas (vegetación, tipo de suelo) son más significativas que las del cauce. Se considera pequeña a una cuenca cuando el área varíe desde unas pocas hectáreas hasta 250 km<sup>2</sup>. (Villon, 2011)

### **Pendiente.**

Se refiere al declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal, de una vertiente, es un concepto que permite medir el grado de inclinación del terreno. En otras palabras, consiste en la relación entre el espacio recorrido verticalmente y el espacio recorrido horizontalmente. La misma se determina a partir de la diferencia de Cotas de un Terreno y la distancia longitudinal entre los puntos, (Garagoa, 2018)

### **Pendiente de la Cuenca.**

Consiste en un parámetro e indicador fundamental del estudio de toda la cuenca, cuya relación con la infiltración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo, y la contribución del agua subterránea a la escorrentía es proporcional. Su importancia radica en que esta controla el tiempo de escurrimiento y concentración de la lluvia en los canales de drenaje, y tiene una relación directa con la magnitud de las crecidas. (Torrero, 2014)

### **Cálculo de la Escorrentía**

Para el cálculo de la Escorrentía Superficial a partir de un fuerte aguacero utilizando los siguientes métodos los mismos se detallan a continuación:

a). Estimación de la Escorrentía a partir de los datos de aforos: Se basa en la hipótesis de que en la época estival el caudal de un río procede exclusivamente de la descarga que los acuíferos han realizado al mismo, ya que el período estival es un período de escasez o ausencia de lluvias, por lo que las únicas aportaciones que recibe el río

proceden del flujo subterráneo, ya que dicho flujo es continuo, siempre y cuando no existan zonas de deshielo próximas, las cuales se pueden encontrar aún .en proceso de deshielo (Alicaresp., 2019)

b). Estimación de la Escorrentía a partir de la determinación del coeficiente de escorrentía; El coeficiente de escorrentía expresa la relación existente entre la Escorrentía Superficial o precipitación neta y la precipitación total. Una vez conocido este coeficiente, la Escorrentía se calcula multiplicando dicho valor por la precipitación total. El coeficiente de escorrentía no es fijo, sino que varía con el tiempo y el espacio en una misma cuenca. Generalmente se adoptan valores medios del coeficiente. El coeficiente medio durante un intervalo de tiempo se define como el cociente entre la lluvia neta y la lluvia total caída durante dicho intervalo de tiempo (Alicaresp., 2019)

#### **Coeficiente de escorrentía**

El coeficiente de escorrentía es la relación que existe entre la precipitación que circula superficialmente y la precipitación total, entendiendo que la parte superficial es menor que la precipitación total al descontar la evaporación, evapotranspiración, almacenamiento, etc., (Scholz, 1980)

#### **Vulnerabilidad:**

la vulnerabilidad, es el grado de debilidad o exposición de un elemento o de varios elementos frente a la ocurrencia de un peligro natural o antrópico de una magnitud dada. Es la facilidad como un elemento (infraestructura, actividades productivas, vivienda, grado de organización, sistemas de alerta y desarrollo político institucional, entre otros), pueda sufrir daños humanos y materiales. (Indeci, 2006)

#### **Indicadores de vulnerabilidad**

los indicadores de vulnerabilidad son parámetro general donde se consideran los aspectos sociales, económicos y ambientales los mismos se detallan a continuación:

#### **Vulnerabilidad Social:**

- Exposición: Se compone por los grupos etarios, servicios educativos expuestos y servicios de salud terciarios.

- Fragilidad: Se refiere a la calidad de los materiales de construcciones que se utilizan en la edificación. En otras palabras, es el estado de conservación de la edificación, que la coloca en un estado de fragilidad debido a múltiples razones como por ejemplo el incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a la norma vigente.

- Resiliencia: Hace referencia a la capacitación en temas de gestión del riesgo, conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres, existencia de normatividad política y legal, actitud frente al riesgo y campañas de difusión.

#### **Vulnerabilidad Económica:**

- Exposición: Localización de la edificación, servicio básico de agua potable y saneamiento, servicio de las empresas eléctricas expuestas, área agrícola y servicio de telecomunicaciones.

- Fragilidad: Material de construcción de la edificación, estado de conservación de la edificación, antigüedad de construcción de la edificación configuración de elevación e incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a la norma vigente.

- Resiliencia: Población económicamente activa desocupada, ingreso familiar promedio mensual (soles), organización y capacitación institucional y capacitación en temas de gestión del riesgo. (MACCAFERRI, 2021)

#### **Vulnerabilidad Ambiental:**

- Exposición: Deforestación, especies de flora y fauna por área geográfica, pérdida de suelo y pérdida de agua.

- Fragilidad: Características geológicas del suelo y explotación de recursos naturales.

- Resiliencia: Conocimiento y cumplimiento de normatividad ambiental, conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus recursos naturales y capacitación en temas de conservación ambiental. (MACCAFERRI, 2021)

### **Justificación**

Debido a la ocurrencia cada año del fenómeno del niño e incluso por fenómenos de otra naturaleza se pretende aplicar métodos netos de Ingeniería Civil para plantear el diseño de gaviones tipo caja considerando las características principales de la Quebrada los chilcos , con la finalidad principal de tener un diseño que pueda ser útil y se pueda aplicar para así brindar seguridad a las construcciones, zonas poblacionales y agrícolas que se encuentren en las zonas vulnerables existentes. Los resultados a obtener en este estudio de investigación, permitirá a las instituciones pertinentes adoptar las medidas preventivas necesarias para evitar o minimizar los daños y preparar a la población para afrontar la emergencia. Además, presente investigación, aplicara una metodología que permita cuantificar el nivel de riesgo existente en la zona frente a inundaciones, para así dar a conocer la situación actual en la zona y proponer propuestas de solución al problema.

En los últimos años en la zona de Cajamarca se ha venido creciendo poblacionalmente, lo que nos conlleva a la necesidad de construir más viviendas, pero al no contar con la respectiva asesoría de profesionales, o que nos hayan impartido conocimientos básicos de los peligros que enfrentaría la población del sector 24 de la zona de Huacariz , urb 2010, urb los eucaliptos donde han construido nuevas viviendas ubicándose en la ribera de la quebrada los chilcos exponiéndose a un peligro muy alto.

Los resultados a obtener en este estudio de investigación, permitirá a instituciones adoptar las respectivas medidas preventivas necesarias para mitigar daños y preparar a la población a afrontar una emergencia, La presente investigación aplicará una metodología que nos permitirá cuantificar los niveles de riesgo existente en la zona de estudio ante



inundaciones en sus máximas avenidas de la quebrada, y a la vez dar propuestas de solución a dicho problema.

#### Limitaciones

Las limitaciones que se presentaron durante el desarrollo de la presente investigación se centran en la dificultad.

- La recolección de información debido a la coyuntura mundial de la COVID 19 donde obstaculiza los procesos en SENAMHI, y otras entidades públicas.
- El no tener acceso a nuestra casa superior de estudios y realizar los ensayos que amerita esta investigación.
- A la vez el corto tiempo que optamos por realizar esta investigación.

No obstante, se logró cumplir con la recolección de datos de manera virtual, y donde no se logró realizar los ensayos en laboratorio se optó tomando datos de trabajos realizado en la zona de estudio, y se logró con todas las medidas requeridas donde logramos buscar la vía más ideal para poder suministrar la información necesaria y propicia.

## CAPÍTULO II. MÉTODO

### **Formulación del problema**

¿Cuál es el nivel de riesgo por en la zona de Huacariz sector- 24 mediante diseño de gaviones tipo caja en la quebrada los chilcos-Cajamarca 202?

### **Objetivo general.**

- Determinar el nivel de riesgo por inundación en la zona de Huacariz sector- 24 mediante diseño de gaviones tipo caja en la quebrada los chilcos-Cajamarca 2021

### **Objetivos específicos.**

- Determinar el grado de vulnerabilidad en la zona de Huacariz sector- 24 en el año 2021
- Determinar la susceptibilidad por inundación en la zona de Huacariz sector- 24
- Diseño de gaviones tipo caja en la quebrada los chilcos

### **Hipótesis**

Nivel de riesgo por inundación en la zona de Huacariz sector- 24 mediante diseño de gaviones tipo caja en la quebrada los chilcos-Cajamarca 2021 es muy alto.

### **Tipo y Diseño de investigación**

#### **Tipo de Investigación.**

El tipo de investigación no experimental – aplicada, cuantitativa.

Las investigaciones no experimentales no establecen, ni pueden probar relaciones causales directas entre dos variables o entre dos elementos. (M, 2012)

la investigación aplicada se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. Se centra en el estudio y análisis de la realidad mediante diversos procedimientos basados en la medición. Permite un mayor nivel de control e inferencia que otros tipos de investigación, siendo posible realizar experimentos y obtener explicaciones contrastadas a partir de hipótesis. (Cordero, 2008)

#### **Diseño de investigación.**

El diseño de investigación es una investigación no experimental transversal aplicada, cualitativa

### Clasificación de diseños de investigación

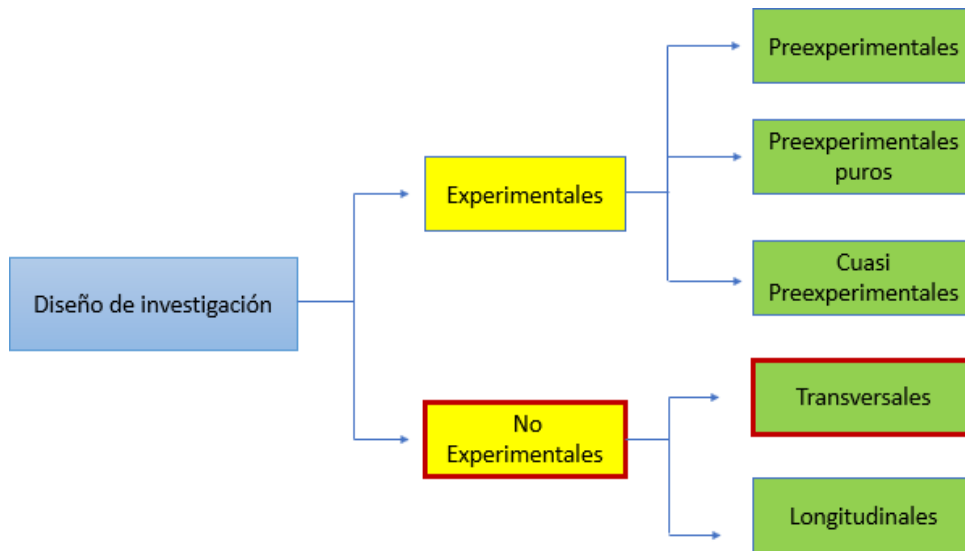


Figura 5. Diseños de investigación

Fuente: Peña, F. (2016) “Resumen del libro (Metodología de la investigación 5ta Edición) Hernández.

obtenido de: <https://www.slideshare.net/FerminPeaGaxiola/eleccin-de-un-diseo-de-investigacion>.

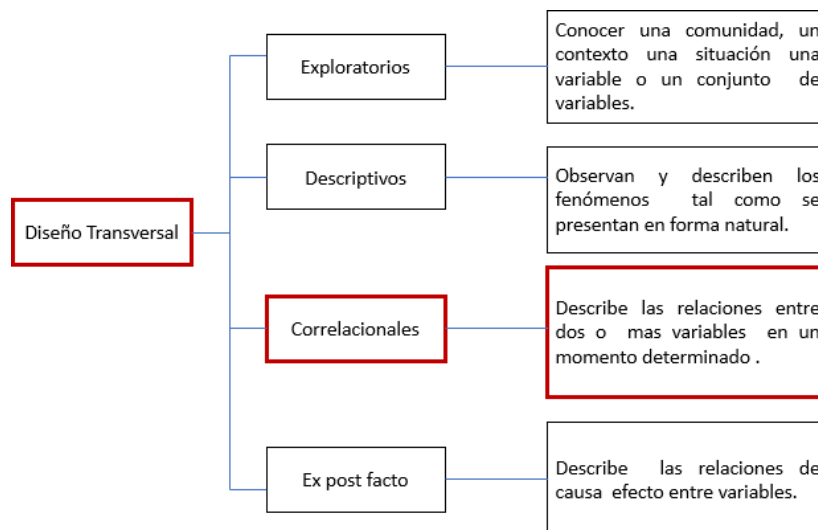


Figura 6. Tipos de diseños transversales.

Fuente: “Metodología de la investigación científica para ingenieros”; obtenido de:

<https://es.slideshare.net/manborja/metodologia-de-inv-cientifica-para-ing-civil>

El diseño transversal es apropiado cuando a investigación se centra en analizar cuál es el nivel de una o diversas variables en un momento dado. También es adecuado para analizar la relación entre un conjunto de variables en un punto de tiempo. Además, puede abarcar varios grupos o subgrupos de personas, objetos o indicadores. (Hernandez, 2014)

### **Población y muestra.**

#### **Población:**

Sector 24 de la ciudad de Cajamarca

#### **Muestra:**

La muestra para la investigación es no probabilística, se aplicará el muestreo por conveniencia, siendo la muestra el, la quebrada los chilcos con un área de cuenca 16.451Km<sup>2</sup> , perímetro de cuenca 20.19 Km, factor de forma 0.23

### **Operacionalización de la Variable**

#### **ANEXO. 7**

#### **- Técnicas e instrumentos de investigación.**

##### **Técnicas de investigación**

De acuerdo a nuestros objetivos planteados, el siguiente paso es recopilar datos adecuados sobre las particularidades, conocimientos o variables”.

En este caso las técnicas que emplearemos serán la recopilación de datos en campo y gabinete los cuales servirán para conseguir la información propicia para afrontar las aclaraciones de investigación. Entonces considero como origen primario la observación directa – estructurada, la cual determine la percepción más idónea para definir la problemática que presenta mi zona de estudio y plantear la solución más eficiente. (Hernandez, 2014)

##### **Instrumentos de investigación**

“cualquier trámite, terminal o conformación, que se maneja para alcanzar, inspeccionar o acumular información”. (Hernandez, 2014)

Se precisó que el instrumento usado en esta investigación radica en la ficha de recopilación de datos cuantitativos y cualitativos. Así mismo para proceder con la investigación se deberá tener datos de precipitaciones que son fundamentales para el planteamiento del problema, determinando caudales máximos y de diseño para posteriormente se utilizara los softwares de ingeniería apropiados como herramienta que permita determinar el mejor diseño de defensa ribereña.

### **Procesamiento y análisis de la información.**

El siguiente proyecto muestra el método de análisis de datos el cual fue determinado como estadístico inferencial y prospectivo. Porque requiere superar el nivel de validez presentado por la investigación, ya que no se permite que nuestra confiabilidad sea vulnerada por los límites de estudio establecidos.

En primer lugar, se aplica el instrumento en este caso; nuestra (ficha de recolección de datos) el cual mediante la pericia de investigación continua en un tiempo establecido se irá a visualizar la situación en la que se encuentra nuestra zona de estudio, delimitando el tema en nuestra variable independiente como dependiente, determinando: el estado en el cual se encuentra nuestra zona, en cuanto se verá afectada por futuras inundaciones, las principales causas, si hubo presencia de estructuras para proteger áreas aledañas, entre otros; lo cual nos dará facilita una idea objetiva de la situación en la que se está planteando el proyecto, el cual quedará evidenciado en las tomas fotográficas que darán fe y serán evidencias del trabajo que se realizara.

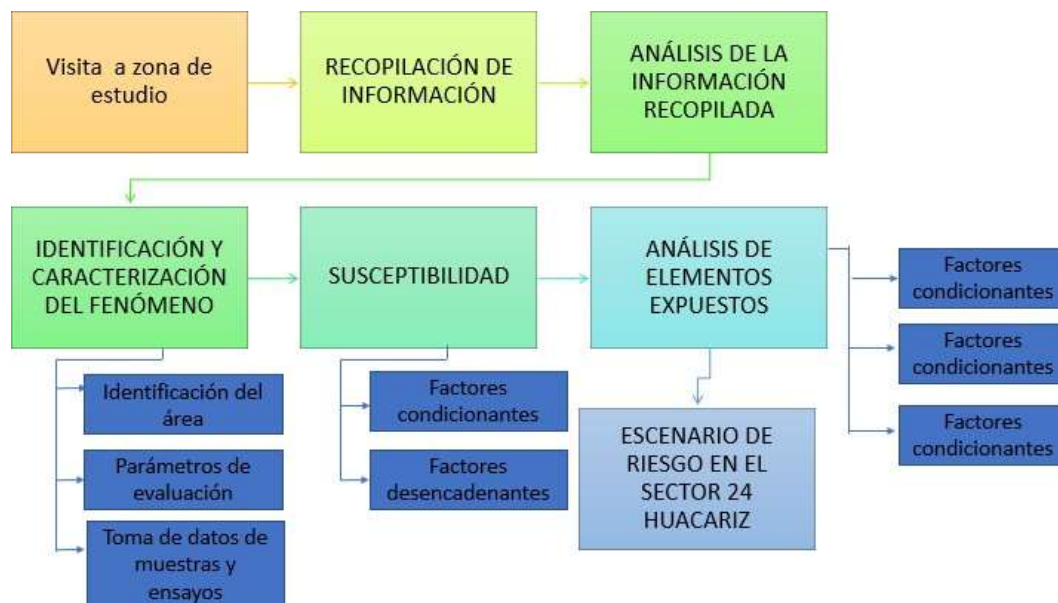
En segundo lugar, se procede a sacar muestras del terreno ubicando zonas puntuales del margen de la quebrada los chilcos, esto con el fin de establecer a qué tipo de suelo pertenece dicho terreno, saber las características del material, conocer las capacidades que admite el suelo, entre otros fines.

En tercer lugar, teniendo los datos proporcionados por SENAMHI y ubicada nuestra estación hidrológica y meteorológica, se evaluarán las precipitaciones, intensidades máximas; todo ello respecto a nuestra zona de estudio, para ingresar a una base de datos propia la cual nos permitirá obtener valores decisivos para poder modelar nuestras estructuras en el software River el cual determinara cuales son las más adecuadas para determinada zona a lo largo del área urbana de la provincia.

Finalmente, se establecerá una relación entre los efectos alcanzados en la investigación y el soporte del software que nos será de vital importancia para poder definir el control de inundaciones y las estructuras de contención a implementar.

### Procedimiento para recolección de datos.

Para desarrollar la elaboración del presente estudio se siguió los siguientes pasos:



### Procedimiento para el análisis de la información.

El procedimiento para el análisis de la información es el siguiente:

- Una vez recogida la información se procedió a organizarla. Siguiendo la siguiente manera:
- Para establecer los parámetros de la sub cuenca se consideró lo siguientes datos obtenidos:

### Área de la cuenca:

Tabla 1

*Área de la cuenca*

<b>Tamaño de la Cuenca</b>	<b>Descripción</b>
<25	Muy Pequeña
25 – 250	Pequeña
250 – 500	Intermedia – Pequeña
500 – 2500	Intermedia – Grande
2500 – 5000	Grande
>5000	Muy Grande

Fuente: Tomado de Ibáñez, Moreno, & Gisbet, (2016)

Tabla 2

*Forma de la cuenca*

<b>Clase de Forma</b>	<b>Índice de Compacidad (Cc)</b>	<b>Formas de la cuenca</b>
Clase I	1.0 - 1.25	Redonda Oval Redonda
Clase II	1.26 - 1.50	De Oval Redonda A Oval Oblonga
Clase III	1.51 - 1.75	De Oval Oblonga A <u>Rectangular Oblonga</u>

Fuente: Tomado de Ibáñez, Moreno, & Gisbet, (2016)

Tabla 3

*Clase de Forma de valores de la forma*

<b>Rangos de “F”</b>	<b>Clases de Forma</b>
0.01 – 0.18	Muy poco achatada
0.18 – 0.36	Ligeramente achatada
0.36 – 0.54	Moderadamente achatada

Fuente: Tomado de Ibáñez, Moreno, & Gisbet, (2016)

### Sistema de Drenaje

Tabla 4

*Rangos aproximados de la densidad de drenaje*

<b>Densidad de drenaje (valores aproximados)</b>	<b>Clases</b>
0.01 a 0.18	Baja
1.9 a 3.6	Moderada
3.7 a 5.6	Alta

Fuente: Tomado de Ibáñez, Moreno, & Gisbet, (2016)

Tabla 5

*Rangos aproximados de la pendiente media del cauce principal*

<b>Densidad de drenaje (valores aproximados)</b>	<b>Clases</b>
1 a 5	Suave
6 a 11	Moderada
12 a 17	Fuete

Fuente: Tomado de Ibáñez, Moreno, & Gisbet, (2016)

Tabla 6

*Rangos aproximados de la pendiente de la cuenca*

<b>Pendiente media (%)</b>	<b>Terrenos</b>
0 a 2	Llano
2 a 5	Suave
5 a 10	Accidentado medio
10 15	Accidentado
15 a 25	Fuertemente accidentado
25 a 50	Escarpado
> 50	Muy Escarpado

Fuente: Tomado de Ibáñez, Moreno, & Gisbet, (2016)

**Para recolectar de información:**

**Información climatológica:**

- Registro de precipitación promedio multianual.

**Información histórica:**



- Registro de datos Hidrológicos (SENAMHI)
- Registro de puntos críticos (ANA)
- Emergencias registradas(INDECI)
- Metodología de CENEPRED

#### **Información de cartografía base:**

- Topografía, hidrografía, infraestructura.

#### **Información de cartografía base:**

- Unidades hidrográficas superficies, población, vivienda, etc.

#### **Información social:**

Se realizó la visita a la zona de Huacariz sector 24 , específicamente agua abajo del puente ubicado en la Av. San Martín en la quebrada los chilcos, en donde se realizó un recorrido de toda el área de estudio seguidamente procedió a recopilar la información mediante encuestas como se muestra en el Anexo 6; así como también, se realizó el levantamiento topográfico (Anexo 7) en la quebrada los chilcos , a lo largo de un kilómetro, aguas abajo del puente Av. San Martín

#### **Identificación y caracterización del fenómeno.**

##### **Probable área de influencia**

- Aguas abajo del puente Av. San Martín, Cajamarca

##### **Parámetros de evaluación**

- Los parámetros de evaluación son nivel de riesgo ,grado de vulnerabilidad, y finalmente la susceptibilidad, desplegando de ellos diferentes parámetros como se muestra en el siguiente estudio.

## Metodología para el análisis de la susceptibilidad

### Indicadores de amenazas:

Para este análisis se tomó en cuenta los factores que afecta de manera directa al fenómeno por inundación, dichos factores se encuentran en el Manual del CENEPRED y son los siguientes:

- Factores condicionantes
- Factores desencadenantes

Para determinar las amenazas se debe calcular la susceptibilidad en función a los factores condicionantes y desencadenantes para lo cual se utiliza la siguiente fórmula:

Ecuación 1: Fórmula para determinar factores condicionantes y desencadenantes

$$\text{Fact} - \text{Cond} = P_i * D_i$$

$$\text{Fact} - \text{Desenc} = P_i * D_i$$

Donde:

$P_i$ : parámetros de evaluación correspondiente a cada factor

$D_i$ : valores de descripción (CENEPRED)

Para la Susceptibilidad se utiliza la siguiente fórmula:

Ecuación 2:Fórmula para el cálculo de susceptibilidad

$$\text{Susceptibilidad} = (\text{Fact. Cond} * \text{PP}) + (\text{Fact. Desenc} * \text{PP})$$

Donde:

Fact.Cond : Factor condicionante

Fact.Desenc : Factor desencadenante

PP : Peso ponderado (recomienda el CENEPRED 0.50 para cada ítem)

## Metodología para estimar el peligro

La amenaza se calcula con la siguiente fórmula

Ecuación 3: fórmula para el cálculo de riesgo

$$\text{fenómeno. inundación} = P_i * D_i$$

$$\text{Peligro} = (\text{Fenomeno.} * PP) + (\text{Suscep} * PP)$$

Donde:

Fenómeno inundación : Caracterización del fenómeno

Suscep : Susceptibilidad

PP : Peso ponderado 0.50

### Metodología para determinar la vulnerabilidad

Para determinar la vulnerabilidad se empleó la metodología brindada en el manual del CENEPRED e INDECI. Teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

#### Vulnerabilidad Social:

**Exposición:** Grupo etario, servicios educativos expuesto y servicios de salud.

**Fragilidad:** Material de construcción de la edificación, estado de conservación de la edificación, configuración de elevación e incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a la norma vigente.

**Resiliencia:** Capacitación en temas de gestión del riesgo, conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres, existencia de normatividad política y legal, actitud frente al riesgo y campañas de difusión.

#### Vulnerabilidad económica:

**Exposición:** Localización de la edificación, servicio básico de agua potable y saneamiento, servicio de las empresas eléctricas expuestas, área agrícola y servicio de telecomunicaciones.

**Fragilidad:** Material de construcción de la edificación, estado de conservación de la edificación, antigüedad de construcción de la edificación, configuración de elevación e incumplimiento constructivos de la norma vigente.

**Resiliencia:** Población económica activa desocupada, ingreso familiar promedio mensual, organización y capacitación institucional, así como también la capacitación en temas de gestión de riesgos.

Pasos para determinar la vulnerabilidad Global: Los cálculos de vulnerabilidad se determinan utilizando las fórmulas en función al CENEPRED, donde se determina los pesos ponderados según la importancia que tenga cada parámetro evaluado.

- Primero: se calcula el Valor de exposición, el valor de fragilidad y el valor de resiliencia

Ecuación 4: fórmula para el cálculo del valor de la vulnerabilidad

$$\text{Valor exposición} = P_i * D_i$$

$$\text{Valor fragilidad} = P_i * D_i$$

$$\text{Valor resiliencia} = P_i * D_i$$

Donde:

P<sub>i</sub>: Parámetros de evaluación correspondiente a cada factor

D<sub>i</sub>: Valores de descripción en función al CENEPRED

- Segundo: se calcula la vulnerabilidad teniendo en cuenta el valor obtenido anteriormente, del modo siguiente:

Ecuación 5: Fórmula para el cálculo de vulnerabilidades

$$\text{Vuln social} = (\text{Valor Exp} * PP_{\text{exp}}) * (\text{Valor frag} * PP_{\text{frag}}) * (\text{Valor resil} * PP_{\text{resil}})$$

$$\text{Vuln económica} = (\text{Valor Exp} * PP_{\text{exp}}) * (\text{Valor frag} * PP_{\text{frag}}) * (\text{Valor resil} * PP_{\text{resil}})$$

Donde:

Valor Exp, frag, resil : Valor obtenido anteriormente

PP : peso ponderado = 0.33 recomienda según CENEPRED

- Tercero: cálculo de la vulnerabilidad global utilizando la siguiente fórmula

Ecuación 6 : fórmula de la vulnerabilidad global.

$$\text{Vuln global} = (\text{Vuln social} * \text{PPv. s}) * (\text{Vuln económica} * \text{PPv. e})$$

Donde:

Vulnerabilidad social, económica, : vulnerabilidad obtenida anteriormente

PP v.s, v.e, v.a : peso ponderado = 0.33 recomienda según CENEPRED

### Metodología para determinar el proceso de análisis jerárquico:

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

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

Tabla 7  
*Metodología de comparación*

ESCALA	ESCALA	EXPLICACIÓN
NUMÉRICA	VERBAL	
9	Absolutamente muchísimo importante que...	o más o preferido Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante	o Al comparar un elemento

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

Fuente: Cenepred

**Ponderación de los parámetros descriptores:** se realizan los siguientes pasos

Paso 1: Se identifican los descriptores del parámetro. Los descriptores se ordenan en forma descendente del más desfavorable al menos desfavorable. En función del número de descriptores tendremos el número de filas y columnas de la matriz de ponderación (matriz cuadrada).

Tabla 8  
*Ponderación de parámetros*

	ALTUR A DE CAUCE	ANCHO DE CAUCE	PENDIENT E	GEOMORFOLO GIA	COBERTUR A VEGETAL
ALTURA DE CAUCE	1	3	4	6	6
ANCHO DE CAUCE	1/3	1	3	4	6
PENDIEN TE	1/4	1/3	1	4	2
GEOMOR FOLOGIA	1/6	1/4	1/4	1	1/2
COBERTU RA VEGETAL	1/6	1/6	1/2	2	1
TOTAL	1.920	4.75	8.75	17	15.5

Fuente: Cenepred

**Paso 2:** Se elabora la matriz multiplicando la inversa de las sumas totales por cada elemento de su columna correspondiente. Debe cumplir que la suma de cada columna debe ser igual a la unidad.

Tabla 9  
*Matriz de normalización*

	MATRIZ DE NORMALIZACION				PONDERACION
0.521	0.632	0.457	0.353	0.387	0.47
0.172	0.211	0.343	0.235	0.387	0.27
0.13	0.069	0.114	0.235	0.129	0.14
0.089	0.053	0.029	0.059	0.032	0.05
0.089	0.036	0.057	0.118	0.065	0.07

Fuente: Cenepred

Paso 3: La susceptibilidad se obtiene al sumar los valores de los factores condicionantes, desencadenantes y se multiplica por el peso de cada uno de los factores.

## Procedimiento

### Análisis de la susceptibilidad.

#### Factores condicionantes:

➤ **Ponderación de factores condicionantes**

Tabla 10

*Ponderación de factores condicionante*

Parámetro	MATRIZ NORMALIZACIÓN	DE	Vector priorización
Descriptores	PN1	ALTURA DE CAUCE	0.47
	PN2	ANCHO DE CAUCE	0.27
	PN3	PENDIENTE	0.136
	PN4	GEOMORFOLOGÍA	0.052
COBERTURA VEGETAL			0.072

Fuente: CENEPRED

Altura del cauce: según las alturas obtenidas en el levantamiento topográfico tenemos una

altura promedio de 1.5 a 2m. Tabla 11

Altura de cauce

Parámetro	ALTURA DEL CAUCE	
Descriptor	PN1	Menor de 2m
	PN2	De 2 a 3 m
	PN3	De 3 a 4m
	PN4	Mayor a 4m

Fuente: CENEPRED

**Ancho del cauce**

Tabla 12

*Ancho del cauce Descriptores*

Parámetro	ANCHO DEL CAUCE	
Descriptores	PN1	Menor de 2m
	PN2	De 2 a 3 m
	PN3	De 3 a 4m
	PN4	Mayor a 4m

Fuente: CENEPRED

Tabla 13

*Resultados del ancho del cauce*

ANCHO DE CAUCE
----------------



Seccion1	3.96
Seccion2	9.67
Seccion3	5.54
Seccion4	4.87
Seccion5	3.72
Seccion6	3.22
Seccion7	3.54
Seccion8	4.15
Seccion9	3.04
Seccion10	2.89
Seccion11	5.15
<b>Promedio</b>	<b>4.52</b>

Fuente: Propia

### ➤ Pendiente

Tabla 14  
*Pendiente del río*

Parámetro	PENDIENTE		0.136
	PN1	Menor a 5%	0.474
Desc riptor es	PN2	De 5 - 10%	0.326
	PN3	De 10 – 20%	0.136
	PN4	Mayor a 20%	0.064

Fuente: CENEPRED

### Geomorfología

Tabla 15  
*Geomorfología*

Parámetro	GEOMORFOLOGÍA		0.052
	PN1	Laderas empinadas	0.085
Desc riptor es	PN2	Laderas de montaña	0.121
	PN3	Laderas aluviales	0.281
	PN4	Terrazas	0.513

Fuente: CENEPRED

### Cobertura vegetal

Tabla 16  
*Cobertura vegetal*

Parámetro	COBERTURA VEGETAL		0.072
Desc riptor es	PN1	Cultivos	0.063
	PN2	Bosques Mixtos	0.136
	PN3	Centros poblados	0.309
	PN4	Sin vegetación ni viviendas	0.492

Fuente: CENEPRED

Tabla 17  
*Resultados de la cobertura vegetal*

Cobertura	Área Km2	Porcentaje
<b>Cultivos</b>	8.347	50.47%
<b>Bosques</b>	4.480	27.09%
<b>Área Urbana</b>	0.637	3.85%
<b>Pajonal andino</b>	3.075	18.59%
<b>Total</b>	16.54	100%

Fuente : Propia

**Factores desencadenantes:**

- Precipitaciones

Tabla 18  
*Precipitaciones*

Parámetro	PRECIPITACIONES		
Desc riptor es	PN1	Mayor a 50 mm/hr	0.586
	PN2	De 40 a 50 mm/hr	0.218
	PN3	De 30 a 40 mm/hr	0.124
	PN4	Menor a 30 mm/hr	0.072

Fuente: CENEPRED

Tabla 19  
*Resultados de precipitaciones -Estación Weberbauer*

ESTACIÓN		AUGUSTO WEBERBAUER												
PARÁMETRO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)													
LATITUD	7°10'2.98" S							DEPARTAMENTO	CAJAMARCA					
LONGITUD	78°29'35.14" W							PROVINCIA	CAJAMARCA					
ALTITUD	2673	m.s.n.m.						DISTRITO	CAJAMARCA					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PPmax	
1970	20.50	8.80	18.90	8.20	11.00	8.20	1.70	2.50	7.60	22.00	15.30	10.10	22.00	

<b>1971</b>	9.40	17.90	21.70	23.30	3.40	4.00	6.60	3.30	8.20	12.80	7.30	10.60	<b>23.30</b>
<b>1972</b>	9.10	19.20	15.20	22.10	4.30	1.30	1.80	11.50	S/D.	9.90	18.80	10.60	<b>22.10</b>
<b>1973</b>	12.40	12.70	11.30	13.90	9.50	8.20	3.30	5.20	28.60	9.00	14.60	13.70	<b>28.60</b>
<b>1974</b>	10.40	16.20	15.00	18.20	3.70	6.40	2.60	8.90	13.10	21.40	8.10	16.70	<b>21.40</b>
<b>1975</b>	20.40	30.70	37.90	30.00	10.90	2.50	3.90	5.60	10.20	15.50	20.80	0.30	<b>37.90</b>
<b>1976</b>	28.40	16.10	16.40	15.20	23.10	11.40	0.10	2.80	3.90	13.20	24.00	9.90	<b>28.40</b>
<b>1977</b>	37.40	19.40	29.20	16.00	11.60	2.40	7.30	0.10	6.20	11.50	12.10	11.60	<b>37.40</b>
<b>1978</b>	3.90	7.40	8.70	9.60	18.00	3.80	1.90	3.80	8.00	6.40	12.00	10.80	<b>18.00</b>
<b>1979</b>	20.60	17.00	24.00	5.80	4.00	1.80	4.90	8.10	11.80	13.80	6.90	19.70	<b>24.00</b>
<b>1980</b>	10.40	9.90	15.60	7.40	3.00	10.70	1.40	3.60	2.20	28.80	16.90	22.10	<b>28.80</b>
<b>1981</b>	21.00	18.80	25.90	10.10	4.90	4.00	4.70	6.60	8.00	14.70	9.70	28.20	<b>28.20</b>
<b>1982</b>	25.80	41.10	17.00	30.50	13.20	3.60	1.10	6.40	9.70	14.90	18.50	23.00	<b>41.10</b>
<b>1983</b>	16.30	28.40	28.10	18.30	8.30	4.70	6.50	1.20	9.70	18.20	6.80	32.50	<b>32.50</b>
<b>1984</b>	7.30	18.40	25.80	10.00	16.30	9.00	10.80	12.60	16.60	16.10	25.90	17.60	<b>25.90</b>
<b>1985</b>	7.70	6.40	6.60	12.40	14.70	0.40	3.40	6.10	7.40	16.20	5.80	8.10	<b>16.20</b>
<b>1986</b>	11.80	11.90	27.30	16.70	9.00	0.40	0.70	5.10	1.10	11.60	14.40	7.00	<b>27.30</b>
<b>1987</b>	13.90	20.60	9.70	15.40	2.30	1.50	4.00	9.00	8.00	8.60	22.80	18.20	<b>22.80</b>
<b>1988</b>	21.40	18.30	8.30	16.00	2.40	3.60	0.00	0.40	6.30	10.30	17.50	10.70	<b>21.40</b>
<b>1989</b>	12.00	25.70	16.50	14.20	15.40	3.60	1.60	2.90	19.20	27.20	17.40	1.20	<b>27.20</b>
<b>1990</b>	18.00	20.50	9.20	12.20	8.60	4.80	0.80	6.20	13.20	13.70	17.30	25.40	<b>25.40</b>
<b>1991</b>	8.60	29.10	22.30	13.90	5.80	0.50	0.30	0.30	3.90	9.70	10.50	26.10	<b>29.10</b>
<b>1992</b>	10.70	7.30	12.70	9.70	7.60	12.80	3.30	3.30	10.00	15.60	8.60	10.00	<b>15.60</b>
<b>1993</b>	8.70	14.60	26.50	10.20	9.50	1.50	3.30	1.90	20.10	24.40	18.60	15.60	<b>26.50</b>
<b>1994</b>	18.00	13.00	34.10	16.70	5.60	2.20	0.00	0.20	2.50	7.20	22.00	32.20	<b>34.10</b>
<b>1995</b>	11.50	20.10	15.30	26.50	5.20	1.30	8.10	6.10	4.70	16.20	19.50	15.20	<b>26.50</b>
<b>1996</b>	12.90	24.10	15.00	13.70	6.20	0.40	0.40	3.50	6.40	12.80	35.50	10.50	<b>35.50</b>
<b>1997</b>	14.10	21.00	8.40	8.30	7.50	9.90	0.20	0.00	9.90	13.20	21.30	19.90	<b>21.30</b>
<b>1998</b>	13.10	25.20	32.20	14.60	5.20	4.10	1.30	3.50	4.60	17.70	13.50	10.50	<b>32.20</b>
<b>1999</b>	24.40	44.50	13.40	9.70	12.10	7.00	13.70	1.00	12.70	13.80	23.70	13.20	<b>44.50</b>
<b>2000</b>	9.60	21.10	28.80	15.10	11.40	5.40	1.80	5.30	10.90	3.10	13.60	30.00	<b>30.00</b>
<b>2001</b>	27.80	16.70	23.90	15.90	17.10	0.90	6.90	0.00	5.40	10.20	20.40	18.20	<b>27.80</b>
<b>2002</b>	8.20	9.90	19.90	18.70	12.90	5.20	3.00	3.40	3.40	20.20	21.00	12.00	<b>21.00</b>
<b>2003</b>	19.80	12.80	27.70	12.50	7.30	10.50	1.60	6.10	6.70	10.40	17.20	17.40	<b>27.70</b>
<b>2004</b>	9.80	21.50	8.30	9.10	11.50	0.90	5.30	10.20	6.00	8.70	29.00	22.30	<b>29.00</b>
<b>2005</b>	20.80	10.50	16.50	10.80	3.60	3.50	0.40	3.50	14.30	12.50	13.50	12.30	<b>20.80</b>
<b>2006</b>	17.20	16.90	18.40	12.20	3.00	5.00	1.10	5.40	9.70	5.00	14.30	12.30	<b>18.40</b>
<b>2007</b>	13.90	7.60	22.10	12.30	6.30	1.40	3.00	3.30	10.20	18.00	17.10	18.60	<b>22.10</b>
<b>2008</b>	24.10	15.80	22.80	26.80	4.90	7.30	1.50	4.80	10.60	11.20	20.20	0.80	<b>26.80</b>
<b>2009</b>	23.80	12.50	25.50	24.10	16.00	7.00	5.30	0.90	5.00	13.10	22.20	12.00	<b>25.50</b>
<b>2010</b>	12.70	30.40	20.60	31.80	14.20	2.50	2.20	1.30	8.70	16.00	16.10	22.10	<b>31.80</b>
<b>2011</b>	16.80	20.80	23.60	21.80	7.70	0.40	5.10	0.00	11.70	12.80	5.20	18.80	<b>23.60</b>
<b>2012</b>	18.00	27.70	28.30	14.50	9.30	0.50	0.00	1.90	12.80	20.50	27.50	23.20	<b>28.30</b>
<b>2013</b>	13.80	13.80	43.80	18.30	10.20	4.50	2.50	4.30	1.90	23.20	6.10	9.30	<b>43.80</b>
<b>2014</b>	25.20	10.90	28.90	22.00	6.00	2.40	2.00	1.70	6.60	16.20	11.60	19.60	<b>28.90</b>
<b>2015</b>	25.20	18.10	30.20	12.90	15.80	2.30	3.10	0.10	24.90	4.00	22.10	8.70	<b>30.20</b>
<b>2016</b>	14.00	21.50	19.80	13.20	2.60	0.60	1.40	1.00	19.20	14.30	3.50	9.10	<b>21.50</b>
<b>2017</b>	16.00	16.30	17.00	14.60	6.70	7.40	2.30	8.20	8.00	17.10	25.00	51.80	<b>51.80</b>
<b>2018</b>	16.80	34.60	18.50	12.20	7.20	5.20	0.40	0.00	11.20	13.70	14.00	16.20	<b>34.60</b>
<b>2019</b>	14.60	14.80	25.50	12.90	8.50	4.90	4.40	0.00	3.00	19.00	15.70	20.20	<b>25.50</b>
<b>2020</b>	11.40	6.50	11.90	S/D.	S/D.	S/D.	10.90	0.40	5.10	14.60	17.20	14.40	<b>17.20</b>
<b>2021</b>	15.50	24.90	29.10	31.50	9.80	2.70	1.60	4.70	5.70	20.60	23.20	11.90	<b>31.50</b>

<b>PROMEDIO</b>	<b>16.1</b>	<b>18.7</b>	<b>20.8</b>	<b>15.9</b>	<b>8.9</b>	<b>4.2</b>	<b>3.2</b>	<b>3.8</b>	<b>9.3</b>	<b>14.4</b>	<b>16.6</b>	<b>16.2</b>	<b>27.8</b>
<b>DESV. EST.</b>	<b>6.6</b>	<b>8.3</b>	<b>8.2</b>	<b>6.5</b>	<b>4.8</b>	<b>3.3</b>	<b>3.0</b>	<b>3.2</b>	<b>5.7</b>	<b>5.5</b>	<b>6.7</b>	<b>8.9</b>	<b>7.4</b>
<b>MÁXIMO</b>	<b>37.4</b>	<b>44.5</b>	<b>43.8</b>	<b>31.8</b>	<b>23.1</b>	<b>12.8</b>	<b>13.7</b>	<b>12.6</b>	<b>28.6</b>	<b>28.8</b>	<b>35.5</b>	<b>51.8</b>	<b>51.8</b>
<b>MÍNIMO</b>	<b>3.9</b>	<b>6.4</b>	<b>6.6</b>	<b>5.8</b>	<b>2.3</b>	<b>0.4</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>1.1</b>	<b>3.1</b>	<b>3.5</b>	<b>0.3</b>	<b>15.6</b>
<b>N° Datos</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>51</b>	<b>51</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>52</b>

Fuente: Propia

### Intensidad media de la cuenca.

Tabla 20

*Intensidad media en una hora (mm/h)*

Parámetro	INTENSIDAD MEDIA		0.633
	PN1	Torrenciales: mayor a 60	0.503
Desc riptor es	PN2	Muy fuertes: Mayor a 30 y menor o igual a 60	0.26
	PN3	Fuertes: Mayor a 15 y menor a o igual a 30	0.134
	PN4	Moderadas: Mayor a 2 y menor o igual a 15	0.068

Fuente: CENEPRED

### Análisis de la vulnerabilidad

#### Vulnerabilidad social.

#### Exposición social:

Tabla 21

*Grupo etario*

Parámetro	GRUPO ETARIO		0.074
	ES1	De 0 a 5 años y mayores de 65 años	0.503
Desc riptor es	ES2	De 5 a 2 años y de 60 a 65 años	0.26
	ES3	De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	0.134
	ES4	De 15 a 30 años	0.068
	ES5	De 30 a 50 años	0.035

Fuente: CENEPRED

Tabla 22

*Resultados de las encuestas –grupo etario*

GRUPO ETARIO	TOTAL POBLACIÓN
0 a 1 años	7
Mayor a 1 y menor o igual a 5 años	5
Mayor a 5 y menor o igual a 18 años	12

Mayor a 18 y menor o igual a 50 años	10
Mayor a 50 y menor o igual a 60 años	6
Mayor a 60 años	1
<b>TOTAL</b>	<b>41</b>

Fuente: Propia

Tabla 23  
*Servicios educativos expuestos*

Parámetro	SERVICIO EDUCATIVO EXPUESTO	0.106
	ES1 >75% del servicio educativo expuesto	0.503
Descri ptores	ES2 $\leq 75\%$ y $>50\%$ del servicio educativo exp.	0.26
	ES3 $\leq 50\%$ y $>25\%$ del servicio educativo exp.	0.134
	ES4 $\leq 25\%$ y $>10\%$ del servicio educativo exp.	0.068
	ES5 $\leq 10\%$ del servicio educativo exp.	0.035

Fuente: CENEPRED

### Resultados de los Servicio educativo expuestos

No existen servicios educativos Expuestos ya que el colegio más cercano es el colegio Santa Beatriz, que por su distancia al lugar del fenómeno no se encuentra en una zona vulnerable.

### Servicios de salud expuestos.

Tabla 24  
*Servicios de salud terciarios*

Parámetro	Servicios de salud terciarios	0.633
D es cr ip to re s	ES1 >60% del servicio de salud expuesto	0.503
	ES2 $\leq 60\%$ y $>35\%$ del servicio de salud exp.	0.26
	ES3 $\leq 35\%$ y $>20\%$ del servicio de salud exp.	0.134
	ES4 $\leq 20\%$ y $>10\%$ del servicio de salud exp.	0.068
	ES5 $\leq 10\%$ del servicio de salud exp.	0.035

Fuente: CENEPRED

### Servicios de salud

Tampoco existen servicio de Salud expuestos a este fenómeno.

### Fragilidad social

Tabla 25

*Material de construcción*

Parámetro	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	0.473
	Estera	0.503
De	Madera	0.26
scr	Quincha	0.134
ipt	Adobe o tapial	0.068
ore	Ladrillo o bloques de cemento	0.035
s		

Fuente: CENEPRED

Tabla 26

*Resultados material de construcción de viviendas*

Material	Cantidad	Porcentaje %
Ladrillo	10	71.43
Madera	0	0
Adobe	4	28.57
TOTAL	21	100

Fuente: Propia

Tabla 27

*Estado de la conservación de la edificación*

Parámetro	ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	0.283
	Muy malo	0.503
De	Malo	0.26
scri	Regular	0.134
pto	Bueno	0.068
res	Muy bueno	0.035

Fuente: CENEPRED

Tabla 28  
*Resultados- estado de conservación*

Conservación de vivienda.	CANTIDAD	porcentaje %
Muy bueno	1	6.67
Buena	6	40
Regular	4	26.67
Malo	2	13.13
Muy malo	2	13.13
TOTAL	15	100

Fuente :Propia

Tabla 29  
*Configuración de elevación de edificaciones*

Parámetro	CONFIGURACIÓN DE ELEVACION DE EDIFICACIONES	0.283
	5 Pisos	0.503
De	4 Pisos	0.26
scr	3 Pisos	0.134
ipt	2 Pisos	0.068
ore	1 Piso	0.035

Fuente: CENEPRED

Tabla 30  
*Resultados- configuración de edificaciones*

Nº piso	Cantidad	Porcentaje %
3	6	40
2	5	33.33
1	4	26.67
TOTAL	15	100

Fuente: Propia

Tabla 31  
*Incumplimiento de procedimientos constructivos*

Parámetro	INCUMPLIMIENTO D PROCEDIMIENTOS CONSTR.	0.122
	> 80%	0.503
De	≤ 60% Y > 80%	0.26
scri	≤ 40% Y > 60%	0.134
pto	≤ 20% Y > 40%	0.068
res	≤ 20%	0.035

Fuente: CENEPRED

Tabla 32  
*Resultados-incumplimiento de procedimiento*

Cumple.procedimiento	Cantidad	porcentaje %
SI	11	73.33
NO	4	26.67
TOTAL	15	100

Fuente :Propia

## Resiliencia

Tabla 33  
*Capacitación en temas de gestión de riesgos*

Parámetro	CAPACITACIÓN EN TEMAS DE GESTION DE RIESGOS	0.285
De scri pto res	SI1 La totalidad de la población no cuenta ni desarrolla ningún tipo de programa de capacitación en tema de concernientes a gestión de riesgos.	0.503
	SI2 La población está escasamente capacitada en temas concernientes a gestión de riesgos, siendo su difusión y cobertura escasa	0.26
	SI3 La población se capacita con regular frecuencia en temas concernientes a gestión de riesgos, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	0.134
	SI4 La población se capacita constantemente en temas concernientes a gestión de riesgos, siendo su difusión y cobertura total	0.068
	SI5 La población se capacita constantemente en temas concernientes a gestión de riesgos, actualizándose participando en simulacros, siendo su difusión y cobertura total.	0.035

Fuente: CENEPRED

Tabla 34  
*Resultados-Capacitación en temas de gestión de riesgos*

Capacitación	Cantidad	porcentaje %
SI	8	53.33



NO	7	46.67
TOTAL	15	100

Fuente :Propia

Tabla 35  
*Conocimiento sobre ocurrencia pasada*

Parámetro	CONOCIMIENTO LOCAL SOBRE OCCURENCIA PASADA DE DESASTRES	0.152	
De scri pto res	SI1	Existe desconocimiento total	0.503
	SI2	Existe un escaso conocimiento	0.26
	SI3	Existe un regular conocimiento	0.134
	SI4	La mayoría de la población tiene conocimiento	0.068
	SI5	Toda la población tiene conocimiento	0.035

Fuente: CENEPRED

Tabla 36  
*Resultados-incumplimiento de procedimiento*

Conocimiento/desastres	Cantidad	porcentaje %
SI	2	13.33
NO	13	86.67
TOTAL	15	100

Fuente :Propia

Tabla 37  
*Actitud frente al riesgo*

Parámetro	ACTITUD FRENTE AL RIESGO	0.42	
De scri pto res	SI1	Actitud fatalista, conformista y con decisión de la mayoría de la población	0.503
	SI2	Actitud escasamente previsor de la mayoría de la población	0.26
	SI3	Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo, sin implementación de medidas para prevenir el riesgo	0.134
	SI4	Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población asumiendo el riesgo e implementando escasas medidas para prevenir riesgo.	0.068
	SI5	Actitud previsor de toda la población, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo	0.035

Fuente: CENEPRED

Tabla 38  
*Campaña de difusión*

Parámetro	CAMPAÑA DE DIFUSIÓN		0.046
De scri pto res	SI1	No hay difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión de riesgos	0.503
	SI2	Escasa difusión en diversos de comunicación en medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgos , existiendo el conocimiento en la mayoría de la población	0.26
	SI3	Difusión masiva y poco frecuente en medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgos , existiendo el conocimiento de un gran sector de la población	0.134
	SI4	Difusión masiva y frecuente en diversas en medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgos , existiendo el conocimiento total de la población	0.068
	SI5	Difusión masiva y frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de Gestión de Riesgos ,existiendo el conocimiento y participación total de la población y autoridades.	0.035

Fuente: CENEPRED

Vulnerabilidad económica -Exposición

Tabla 39  
*Localización de edificación*

Parámetro	LOCALIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN		0.318
De scri pto res	ES1	Muy cercana : 0-25m	0.503
	ES2	Cercana: 25-50m	0.26
	ES3	Medianamente cercana: 50 -100m	0.134
	ES4	Alejada : 100-250m	0.068
	ES5	Muy alejada >250m	

Fuente: CENEPRED

Tabla 40  
*Resultados de localización de edificación*

Distancia	Cantidad	Porcentaje %
Muy cercana	8	53.33
Cercana	7	46.67
TOTAL	15	100

Fuente :Propia

Tabla 41

*Servicios básicos de agua potable y saneamiento.*

Parámetro	SERVICIOS BÁSICOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO		0.219
	ES1	>75% del servicio educativo expuesto	0.503
De scri pto res	ES2	≤ 75% y >50% del servicio educativo exp.	0.26
	ES3	≤ 25% y >50% del servicio educativo exp.	0.134
	ES4	≤ 10% y >25% del servicio educativo exp.	0.068
	ES5	≤ 10% del servicio educativo exp.	0.035

Fuente: CENEPRED

### **Fragilidad**

Tabla 42  
*Material de construcción*

Parámetro	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	DE	0.386
	Estera		0.503
De scr ipt ore	Madera		0.26
	Quincha		0.134
	Adobe o tapial		0.068
	Ladrillo o bloques de cemento		0.035

Fuente: CENEPRED

Tabla 43  
*Resultados de material de construcción*

Material	Cantidad	Porcentaje %
Ladrillo	11	73.33
Madera	0	0

Adobe	4	26.67
TOTAL	15	100

Fuente: Propia

Tabla 44

*Estado de conservación de la edificación*

Parámetro	ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	0.386
	Muy malo	0.503
De scri pto res	Malo	0.26
	Regular	0.134
	Bueno	0.068
	Ladrillo o bloques de cemento	0.035

Fuente: CENEPRED

Tabla 45

*Resultados de conservación de viviendas*

Conservación de viv.	CANTIDAD	porcentaje %
Muy bueno	1	6.67
Buena	6	40
Regular	4	26.67
Malo	2	13.33
Muy malo	2	13.33
TOTAL	15	100

Fuente :Propia

Tabla 46

*Antigüedad de la construcción de la edificación*

Parámetro	ANTIGÜEDAD DE CONSTRUCCIÓN DE LA EDIFICACIÓN	0.111
	De 40 a 50 años	0.503
De scri pto res	DE 30 a 40 años	0.26
	DE 20 a 30 años	0.134
	De 10 a 20 años	0.068
	De 5 a 10 años	0.035

Fuente: CENEPRED

Tabla 47

*Resultados de la antigüedad de construcción*

Antigüedad	cantidad	porcentaje %
De 5-10	13	86.67
de 10-20	1	6.67
de 20-30	1	6.67
de 30-40	0	0
TOTAL	15	100

Fuente :Propia

Tabla 48

*Incumplimiento de procedimientos de construcción*

Parámetro	INCUMPLIMIENTO D PROCEDIMIENTOS CONSTR.	0.156
	> 80%	0.503
De scri pto res	≤ 60% Y > 80%	0.26
	≤ 40% Y > 60%	0.134
	≤ 20% Y > 40%	0.068
	≤ 20%	0.035

Fuente: CENEPRED

Tabla 49

*Resultados del incumplimiento de procedimientos*

Cum.proced.	cantidad	porcentaje %
SI	7	46.67
NO	8	58.33
TOTAL	15	100

Fuente :Propia

Tabla 50

*Configuración de elevaciones*

Parámetro	CONFIGURACIÓN DE ELEVACION DE EDIFICACIONES	0.068
-----------	---	-------

	5 Pisos	0.503
De scri pto res	4 Pisos	0.26
	3 Pisos	0.134
	2 Pisos	0.068
	1 Piso	0.035

Fuente: CENEPRED

Tabla 51

*Resultados de configuración de elevaciones*

NUMERO DE PISO	CANTIDAD	porcentaje %
3	6	40
2	5	33.33
1	4	26.67
TOTAL	15	100

Fuente :Propia

**Resiliencia.**

Tabla 52

*Población económicamente activa desocupada*

Parámetro	POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE DESOCUPADA	ACTIVA	0.159
De scri pto res	Escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo. Escasa demanda de mano de obra para las actividades económicas. Escaso nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con serias limitaciones socioeconómicas.		0.503
	Bajo acceso y poca permanencia a un puesto de trabajo. Poca demanda de mano de obra para las actividades económicas. Bajo nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con limitaciones socioeconómicas.		0.26
	Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Demanda de mano de obra para actividades económicas. Regular nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con regulares posibilidades socioeconómicas.		0.134
	Acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Demanda de mano de obra para las actividades económicas. Regular nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones		0.068

con posibilidades socioeconómicas

Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo. Alta demanda de mano de obra para las actividades económicas. Alto nivel de empleo de la población económicamente activa. Poblaciones con altas posibilidades socioeconómicas. 0.035

Fuente: CENEPRED

Tabla 53  
*Resultados de la población económicamente activa*

PEA	Cantidad	porcentaje %
ocupada	10	66.67
Des-ocup	5	33.33
NO PEA	0	0
TOTAL	15	100

Fuente :Propia

Tabla 54  
*Ingreso familiar promedio*

Parámetro	INGRESO FAMILIAR PROMEDIO	0.501
	MENSUAL (nuevos soles)	
	≤ 300	0.503
Des crip tore s	>300 - ≤ 500	0.26
	>500 - ≤ 750	0.134
	>750 - ≤ 1500	0.068
	>1500	0.035

Fuente: CENEPRED

Tabla 55  
*Resultados de ingreso familiar promedio*

Ingreso promedio	cantidad	porcentaje %
menor a 300	3	20
de 301-500	8	53.33
de 500-750	4	26.67
TOTAL	15	100

Fuente :Propia

Tabla 56  
*Organización y capacitación institucional*

Parámetro	ORGANIZACIÓN Y CAPACITACIÓN INSTITUCIONAL	0.263
De scri pto res	La totalidad de la población no cuenta ni desarrollan ningún tipo de programa de capacitación en temas concernientes a Gestión de Riesgo.	0.503
	La población está escasamente capacitada en temas concernientes a Gestión de Riesgo, siendo su difusión y cobertura escasa.	0.26
	La población se capacitada con regular frecuencia en temas concernientes a Gestión de Riesgo, siendo su difusión y cobertura mayoritaria	0.134
	La población se capacitada constantemente en temas concernientes a Gestión de Riesgo, siendo su difusión y cobertura total.	0.068
	La población se capacitada constantemente en temas concernientes a	0.035

Fuente: CENEPRED

Tabla 57  
*Resultados de la capacitación de temas en gestión de riesgos*

Capacitación en temas de gestión de riesgos	cantidad	porcentaje %
SI	8	53.33
NO	7	46.67
TOTAL	15	100

Fuente :Propia

El procedimiento para el análisis de la información es el siguiente:

- Una vez recogida la información se procedió a organizarla. Siguiendo la siguiente manera:
- Para establecer los parámetros de la sub cuenca se consideró lo siguientes datos obtenidos:

#### **Selección del Periodo de Retorno**



El tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualada o superada una vez cada "T" años se le denomina periodo de Retorno. (ICG, 2011)

Para adoptar el Periodo de Retorno (Tr) a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura (n) y el riesgo de falla admisible (R). (ICG, 2011)

Ecuación 7 Periodo de retorno

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \dots\dots\dots(1)$$

El criterio de riesgo es la fijación, a priori, del riesgo que se desea asumir por el caso de que la obra llegase a fallar dentro de su tiempo de vida útil, lo cual implica que no ocurra un evento de magnitud superior a la utilizada en el diseño durante el primer año, durante el segundo, y así sucesivamente para cada uno de los años de vida de la obra. (ICG, 2011)

Tabla 58  
*Valores recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje*

Tipo de obra	Riesgo admisible
Puentes(*)	22
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	39
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	64
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	64
Subdrenes	72
Defensas Ribereñas	22

(\*)- Para obtención de la luz y nivel de aguas máximas extraordinarias

Se recomienda un periodo de retomo T de 500 años para el cálculo de socavación.

(\*\*) Vida útil considerado n=25 años.

- Se tendrá en cuenta, la importancia y la vida útil de la obra a diseñarse.

- El Propietario de una Obra es el que define el riesgo admisible de falla y la vida útil de las obras.

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje-2013

## Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos

**a.-Modelos de Distribución.** El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos (ICG, 2011)

- a) Distribución Normal.
- b) Distribución Log Normal 2 parámetros.
- c) Distribución Log Normal 3 parámetros.
- d) Distribución Log Gumbel.

**a) Distribución Normal.** La función de densidad de probabilidad normal se define como: (ICG, 2011)

Ecuación 8 Distribución Normal

$$f(x) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{-1/2\left(\frac{x-u}{s}\right)^2} \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

f(x) = función densidad normal de la variable x

X = variable independiente

u = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.

S = parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

**b) Distribución Log Normal 2 Parámetros.** La función de distribución de probabilidad es:

Ecuación 9 Distribución Log Normal 2 Parámetros

$$P(x \leq x_i) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} \int_{-a}^{x_i} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2s^2}} \dots\dots\dots(3)$$

Dónde: X y S son los parámetros de la distribución.

Si la variable x de la ecuación 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, Sy). Los valores originales de la variable aleatoria x, deben ser transformados a y=log x, de tal manera que:

Ecuación 10 media de los datos de la muestra transformada

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n \log x_i / n \dots\dots\dots(4)$$

Dónde:  $\bar{Y}$  es la media de los datos de la muestra transformada.

Ecuación 11 desviación estándar

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(5)$$

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

Asimismo; se tiene las siguientes relaciones:

Ecuación 12 coeficiente de oblicuidad

$$Cs = \frac{a}{s^3 y} \dots\dots\dots(6)$$

Ecuación 13 coeficiente de oblicuidad

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^3}{(n-1)(n-2)} \dots\dots\dots(7)$$

Dónde: Cs es el coeficiente de oblicuidad de los datos de la muestra transformada (ICG, 2011)

**c) Distribución Log Normal 3 Parámetros.**

La función de densidad de x es:

Ecuación 14 Distribución Log Normal (VILLON, 2002)

$$f(x) = \frac{1}{(x-x_0)\sqrt{(2\pi)sy}} e^{-1/2(\ln(x-x_0)-\frac{uy}{sy})^2} \dots\dots\dots(8)$$

Para  $x > x_0$

Dónde:

XO: parámetro de posición

Uy: parámetro de escala o media

Sy2: parámetro de forma o varianza

**d) Distribución Log Gumbel.** La variable aleatoria reducida log Gumbel, se define como:

Ecuación 15 Distribución Log Gumbel

$$y = \frac{\ln x - u}{a} = \frac{s}{sn} u = \bar{x} - a * yn \dots\dots\dots(9)$$

Con lo cual, la función acumulada reducida log Gumbel es:

Ecuación 16 función acumulada reducida log Gumbel

$$G(y) = e^{-e^{-y}} G(y) = \frac{1}{Tr} y = \ln(-\ln(1 - Gy)) \dots\dots\dots 10$$

**b. Pruebas de bondad de ajuste.**

Las pruebas de bondad de ajuste son pruebas de hipótesis que se usan para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida. En la teoría estadística, las pruebas de bondad de ajuste más conocidas son la  $\chi^2$  y la Kolmogorov- Smirnov, la más utilizada la segunda. (VILLON, 2002)

**b.1. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.**

Método por el cual se comprueba la bondad de ajustes de las distribuciones, así mismo permite elegir la más representativa, la de mejor ajuste. Esta prueba consiste en comparar el Máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidades observadas  $F_o(x_m)$  y la estimada  $F(x_m)$ :

Ecuación 17 distribución de probabilidades

$$D = F_o(xm) - F(xm) \dots \dots \dots (11)$$

Ecuación 18 distribución de probabilidades

$$F_o(xm) = 1 - \frac{m}{n+1} \dots \dots \dots (12)$$

Donde m es el número de orden de datos xm en una lista de mayor a menor

y n es el número total de datos (VILLON, 2002)

**c. Determinación de la Tormenta de Diseño**

Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de éste se calculan utilizando procedimientos de lluvia-escorrentía y tránsito de caudales.

Una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación en un punto, mediante un Hietograma de diseño que especifique la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta. (VILLON, 2002)

**d. Curvas Intensidad - Duración – Frecuencia**

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia. Comúnmente se utiliza la intensidad promedio, que puede expresarse como:

Ecuación 19 intensidad promedio

$$i = \frac{p}{Td} \dots \dots \dots (13)$$

Dónde: P es la profundidad de lluvia (mm) y Td es la duración, dada usualmente en horas. La frecuencia se expresa en función del periodo de retorno, T, que es el intervalo de

tiempo promedio entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño.

Las curvas intensidad - duración -frecuencia son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.

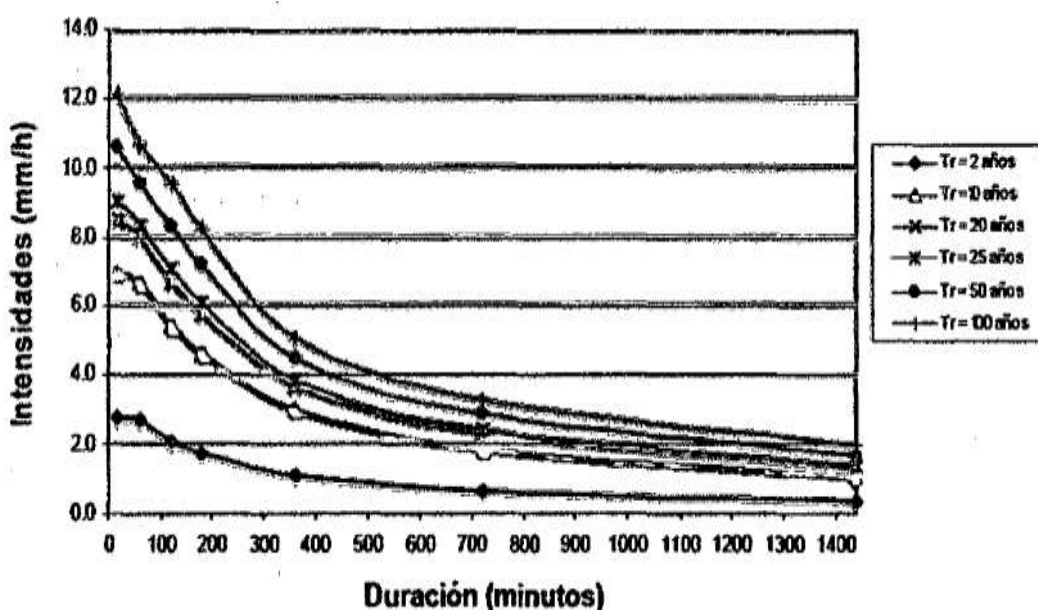


FIGURA 3 Intensidades vs duración

Fuente: (ICG, 2011)

En nuestro país, debido a la escasa cantidad de información pluviográfica con que se cuenta, difícilmente pueden elaborarse estas curvas.

Ordinariamente solo se cuenta con lluvias máximas en 24 horas, por lo que el valor de la Intensidad de la precipitación pluvial máxima generalmente se estima a partir de la precipitación máxima en 24 horas, multiplicada por un coeficiente de duración; en la Tabla N° 60 se muestran coeficientes de duración, entre 1 hora y 48 horas, los mismos

que podrán usarse, con criterio y cautela para el cálculo de la intensidad, cuando no se disponga de mejor información.

Tabla 59

*Coefficientes de duración lluvias entre 48 horas y una hora*

Duración de la Precipitación en horas	Coefficiente
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.5
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.9
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - 2013.

Las curvas de intensidad - duración - frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación (ICG, 2011)

Ecuación 20 de intensidad

$$I = \frac{KT^m}{t^n} \dots \dots \dots (14)$$

Dónde:

I = Intensidad máxima (mm/h)

K, m, n = factores característicos de la zona de estudio

T = período de retorno en años

$t$  = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración.

Despejando la ecuación 14. Se obtiene

$\log I = \log K + \log T - N * \log t$  que es equivalente a

Ecuación 21 de intensidad

$$y = a_0 + a_1 * x_1 + a_2 * x_2 \dots \dots \dots (15)$$

Donde:

$$y = \log I / a_0 = \log K$$

$$x_1 = \log T \quad a_1 = m$$

$$x_2 = \log t \quad a_2 = -n$$

Donde  $k$ ,  $m$  y  $n$  son constantes de regresión lineal múltiple, donde  $T$  es el periodo de retorno en años,  $T$  la duración en minutos u horas, e  $I$  la intensidad de precipitación en mm/hrs.

Deducido de la investigación de Friedrich Bell (1969) que publico un trabajo en el cual generalizaba las curvas intensidad - duración - frecuencia, a partir de datos recogidos principalmente en Estados Unidos. El argumento físico en que se apoyo es el hecho de que las lluvias extremas de menos de dos horas de duración se deben a tormentas de tipo convectivo, las cuales poseen características similares en todas las regiones del mundo. La expresión matemática propuesta por Bell es la siguiente:

Ecuación 22. Propuesta por Bell

$$p_t^T = (0,21 \text{Ln}T + 0.52)(0,54t^{0.25} - 50)P_{60}^{10} \dots \dots \dots (16)$$

Dónde:

$t$ : duración en minutos

$T$ : periodo de retorno en años

$p_t^T$  precipitación caída en  $t$  minutos con periodo de retorno en  $T$  años



Se observa que se requiere conocer la precipitación de una hora de duración y 10 años de periodo de retorno. En realidad, no siempre se cuenta con información de lluvias de una hora de duración. Pero Espildora, obtuvo en Chile que la relación entre la lluvia máxima diaria y la lluvia de una hora es más o menos constante e igual a 4,04 . Esto hace posible obtener la lluvia  $p_{60}^{10}$  que entra en la fórmula, a partir de las lluvias máximas diarias cuyos registros son más frecuentes.

#### e. Tiempo de Concentración.

Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente 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 (a mayor duración disminuye la intensidad), entonces se asume que la duración crítica es igual al tiempo de concentración etc. El tiempo de concentración en un sistema de drenaje pluvial (ICG, 2011)

Ecuación 23 Tiempo de Concentración.

$$t_c = t_0 + t_F \dots \dots \dots (17)$$

Dónde:

$t_0$ : tiempo de entrada, hasta alguna alcantarilla.

$t_f$ : tiempo de flujo en los alcantarillados hasta el punto de interés =  $\sum l_i / v_i$

#### f. Hietograma de Diseño

En ocasiones no es suficiente el dato de que (por ejemplo) la precipitación máxima para las 5 horas más lluviosas es de 100 mm. Es posible que necesitemos conocer la evolución de esos 100 mm. A lo largo de esas 5 horas. Los métodos hidrológicos más modernos requieren no sólo del valor de lluvia o intensidad de diseño, sino de una distribución temporal (tormenta), es decir el método estudia la distribución en el tiempo, de

las tormentas observadas. Una de las maneras de obtenerlo es a partir de las curvas IDF, dentro de ellas el Método del Bloque Alterno, es una manera sencilla. (ICG, 2011)

### **g. Precipitación Total y Efectiva**

El exceso de precipitación o precipitación efectiva ( $P_e$ ), es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo. Después de fluir a través de la superficie de la cuenca, el exceso de precipitación se convierte en escorrentía directa a la salida de la cuenca.

La diferencia entre el Hietograma de lluvia total y el Hietograma de exceso de precipitación se conoce como abstracciones o pérdidas. Las pérdidas son primordialmente agua absorbida por filtración con algo de intercepción y almacenamiento superficial (ICG, 2011)

#### **g.1. Método SCS para abstracciones**

Desarrolló un método para calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta. Para la tormenta como un todo, la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa  $P_e$  es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación  $P$ ; de manera similar, después de que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca  $F_a$  es menor o igual a alguna retención potencial máxima  $S$ . Existe una cierta cantidad de precipitación la (abstracción inicial antes del encharcamiento) para  $J_0$  cual no ocurrirá escorrentía, luego la escorrentía potencial es  $P - J_0$ . (ICG, 2011)

La hipótesis del método del SCS consiste en que las relaciones de las dos cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales, es decir:

Ecuación 24 Método SCS

$$\frac{F_a}{s} = \frac{P_e}{P - J_0} \dots\dots\dots(18)$$

Del principio de continuidad

Ecuación 25 precipitación escorrentía

$$P = P_e + I_a + F_a \dots\dots\dots (19)$$

Combinando las ecuaciones anteriores y resolviendo para  $P_e$  se encuentra:

Ecuación 26 precipitación escorrentía

$$P_e = \frac{(p-I_a)^2}{p-I_a+S} \dots\dots\dots (20)$$

La cual es la ecuación básica para el cálculo de la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa de una tormenta utilizando el método SCS.

Al estudiar los resultados obtenidos para muchas cuencas experimentales pequeñas, se desarrolló una relación empírica.

Ecuación 27 Precipitación escorrentía

$$I_a = 0,2S \dots\dots\dots (21)$$

Con base en esto:

$$P_e = \frac{(P - 0,25)^2}{P + 0.8S}$$

Como alternativa, y como valor referencial, el parámetro CN puede estimarse mediante el siguiente procedimiento:

Se define un número a dimensional de curva CN ,tal que  $0 \leq CN \leq 100$ .

Para superficies impermeables y superficies de agua  $CN=100$ ; para superficies naturales  $CN < 100$ . El número de curva y S se relacionan por.

Ecuación 28. Parámetro CN

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \dots\dots\dots (22)$$

Donde S está en pulgadas.

Los números de curvas se aplican para condiciones antecedentes de humedad normales (AMC 11). Para condiciones secas (AMC 1) o condiciones húmedas (AMC 111), los números de curva equivalentes pueden calcularse por:

Ecuación 29. Condiciones antecedentes

$$CN(I) = \frac{4,2 CN(II)}{10-0,058CN(II)} \dots\dots\dots(23)$$

Ecuación 30. Condiciones antecedentes

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10+0.13CN(II)} \dots\dots\dots(24)$$

Tabla 60

*Clasificación de clases antecedentes de humedad (ame) para el método de abstracciones de lluvia del SCS*

Grupo AMC	Lluvia antecedente total de 5 días (pulg)	
	estación inactiva	estación activa
I	menor que 0,5	menor que 1,4
II	0,5 a 1,1	1,4 a 2,1
III	sobre 1,1	sobre 2,1

Fuente: Soil Conservación Service (SCS)-1972

Los números de curva han sido tabulados por el SCS con base en el tipo de suelo y el uso de la tierra. Se definen cuatro grupos de suelos:

Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.

Grupo B: Suelos pocos profundos depositados por el viento, marga arenosa.

Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla

Grupo 0: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Tabla 61.

*Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, la= 0.2s)*

---

GRUPO HIDROLÓGICO DEL

---

DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA	SUELO			
	A	B	C	D
Tierra cultivada: Sin tratamientos de conservación.	72	81	88	91
Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales: Condiciones pobres	68	79	86	89
Condiciones optimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas	45	66	77	83
Cubierta Buena	25	55	70	77

Fuente: ICG, 2011.

### Estimación de Caudales.

#### Hidrograma sintético triangular del SCS.

Con base en la revisión de un gran número de HU, el SCS sugiere este hidrograma donde el tiempo está dado en horas y el caudal en m<sup>3</sup>/s.

El volumen generado por la separación de la lluvia en neta y abstracciones es propagado a través del río mediante el uso del hidrograma unitario. El tiempo de recesión,  $t_r$ , puede aproximarse a:

Ecuación 31. Tiempo de recesión

$$t_r = 2,67T_p \dots \dots \dots (25)$$

Como el área bajo el HU debe ser igual a una escurrentía de 1 cm, puede demostrarse que:

$$qp = \frac{2,0BA}{T_p} \dots \dots \dots (25a)$$

Dónde:

A : Es el área de drenaje en Km<sup>2</sup>

Tp: Es el tiempo de ocurrencia del pico en horas

Adicionalmente, un estudio de muchas cuencas ha demostrado que:

$$t_p = 0,6tc \dots \dots \dots (25b)$$

Dónde:

$T_p$ : Tiempo de retardo (entre el centroide del Hietograma y el pico de caudal) (h)

$T_e$ : Tiempo de concentración de la cuenca

El tiempo de ocurrencia del pico,  $T_p$ , puede expresarse como:

Ecuación 32. Tiempo de ocurrencias del pico

$$T_p = \frac{D}{2} + t_p \dots \dots \dots (26)$$

Dónde:

$D$ : duración de la lluvia

$$D = \frac{2\sqrt{tc}}{2a} \dots \dots \dots (26a)$$

Este método es muy usado en cuencas sin muchos datos hidrológicos.

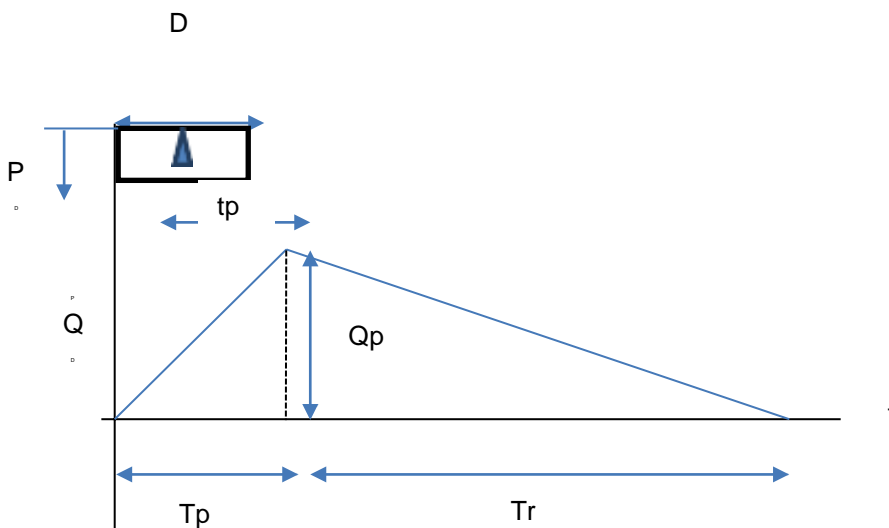


Figura 5. Hidrograma Unitario Triangular del SCS.

Fuente: Hidrología Aplicada (Ven te Chow), 2013.

### **Principio de Afinidad.**

Consiste en la construcción de hidrograma proporcionales a cada precipitación efectiva (Sánchez, 2012).

Ecuación 33. Hidrograma unitario

$$Hu = Pe * Qu \dots \dots \dots (27)$$

Dónde:

Hu: Hidrograma Unitario

Pe: Precipitación Efectiva

Qu: Caudal Unitario para cada Hora, O y tb.

### **Principio de Aditividad.**

Consiste en la suma de las ordenadas generadas por el principio de afinidad, donde el caudal de diseño es el máximo valor (Sánchez, 2012).

Ecuación 34. Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = Pe_1 * Q_{un} + Pe_2 * Q_{un-1} + Pe_3 * Q_{un-2} \dots + Pe_n * Q_{un-1} \dots \dots \dots (28)$$

### **Estimación de la Socavación.**

La socavación que se produce en un río no puede ser calculada con exactitud, solo estimada, muchos factores intervienen en la ocurrencia de este fenómeno, tales como:

- a. El caudal
- b. Tamaño y conformación del material del cauce
- c. Cantidad de transporte de sólidos

### **Determinación de la socavación General.**

Es aquella que se produce a todo lo ancho del cauce cuando ocurre una crecida debido al efecto hidráulico de un estrechamiento de la sección; la degradación del fondo de cauce

se detiene cuando se alcanzan nuevas condiciones de equilibrio por disminución de la velocidad, a causa del aumento de la sección transversal debido al proceso de erosión.

Existen varios métodos para la estimación de la profundidad de socavación general bajo la condición en que la velocidad de escurrimiento es igualada por la velocidad crítica de arrastre y estimación de socavación general por contracción del cauce; tenemos el método de Velocidad Crítica y Agua Clara, método de Straub, método de Laursen, método de Lischtván - Levediev el cual aplicaremos en este estudio.

### **Método de Lischtván-Levediev.**

El método propuesto por LischtvánLevediev es el más usado en nuestro país para el cálculo de la socavación general incluyendo el efecto de la. Se fundamenta en el equilibrio que debe existir entre la velocidad media real de la corriente ( $V_r$ ) y la velocidad media erosiva ( $V_e$ ). La velocidad erosiva no es la que da inicio al movimiento de las partículas en suelos sueltos, sino la velocidad mínima que mantiene un movimiento generalizado del material del fondo. Si el suelo es cohesivo, es la velocidad que es capaz de levantar y poner el sedimento en suspensión. La velocidad erosiva está en función de las características del sedimento de fondo y de la profundidad del agua.

La velocidad real está dada principalmente en función de las características del río: pendiente, rugosidad y tirante o profundidad del agua. El método se basa en suponer que el caudal unitario correspondiente a cada franja elemental en que se divide el cauce natural (Figura 06) permanece constante durante el proceso erosivo y puede aplicarse, con los debidos ajustes, para casos de cauces definidos o no, materiales de fondo cohesivos o friccionantes y para condiciones de distribución de los materiales del fondo del cauce homogénea o heterogénea.



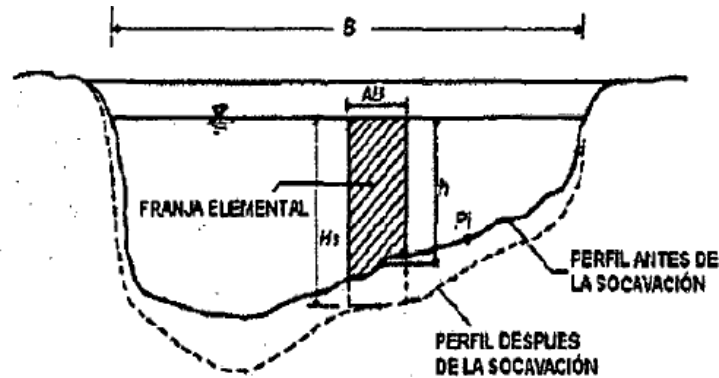


Figura 6. Sección transversal del cauce

Fuente: Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A. 1992

Velocidad erosiva que es la velocidad media que se requiere para degradar el fondo está dado por las siguientes expresiones:

Ecuación 35. Velocidad erosiva

$$Ve = 0,60\gamma d^{1,18}\beta Hs^x ; m^3/seg \quad \text{suelos cohesivos} \dots\dots\dots(29)$$

Ecuación 36. Velocidad erosiva

$$Ve = 0,68\beta dm^{0,28}Hs^x ; m^3/seg \quad \text{Suelos cohesivos} \dots\dots\dots(30)$$

Dónde:

Ve= Velocidad media suficiente para degradar el cauce en m<sup>3</sup>/seg.

yd= Peso volumétrico del material seco que se encuentra a una profundidad Hs, medida desde la superficie del agua (Ton/m<sup>3</sup>).

β= Coeficiente que depende de la frecuencia con que se repite la avenida que se estudia.

X ó Z= es un exponente variable que está en función del peso volumétrico ys del material seco (Ton/m<sup>3</sup>).

Hs= tirante considerado, a cuya profundidad se desea conocer qué valor de Ve se requiere para arrastrar y levantar al material (m)

Dm= es el diámetro medio (en mm) de los granos del fondo.

**Para suelos granulares.** Se tiene la siguiente ecuación:

Ecuación 37. Profundidad de socavación

$$H_s = \left( \frac{\alpha h^{5/3}}{0,68 \beta D_m^{0,28}} \right)^{\frac{1}{1+z}} \dots \dots \dots (31)$$

La expresión anterior no considera el efecto de la contracción del flujo debida a la presencia de estribos y pilares, ni el peso específico del agua durante la creciente, por lo que debe corregirse mediante unos factores de ajuste cuando se trata de evaluar un puente; en el caso de este estudio se relacionará con el diseño de Gaviones. La ecuación final para el cálculo de la socavación considerando los coeficientes de corrección por contracción y peso específico de agua, es la siguiente:

Ecuación 38. Profundidad de socavación

$$H_s = \left( \frac{\alpha h^{5/3}}{0,68 \beta \mu \phi D_m^{0,28}} \right)^{\frac{1}{1+z}} \dots \dots \dots (32)$$

$$\alpha = Qd / (Hm^3 \beta e \mu)$$

Dónde:

Qd : Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/seg)

Be : Ancho efectivo de la superficie del líquido en la sección transversal

Hm : Profundidad media de la sección = Área / Be

Hs- h : Profundidad de socavación (m)

h : Tirante de agua {m}

Dm : Diámetro característico del lecho {mm}

$\beta$ : Coeficiente que depende de la frecuencia con que se repite la avenida que se estudia.

$\mu$ : Factor de corrección por contracción del cauce.

$\phi$ : Factor de corrección por forma de transporte de sedimentos.

$z$  : Exponente variable que depende del diámetro del material.

El factor de corrección por contracción  $\mu$  es menor que 1 y contribuye al incremento de la profundidad de socavación.

Tabla 62

*Factor de corrección por contracción del cauce  $u$*

	LUZ LIBRE EN (m)												
(m/s)	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
<	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	1	1	1
1,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1
2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1
2,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1
3	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
3,5	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
>4,0	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

Fuente: Juárez Badillo E. y rico Rodríguez A. 1992

$V$  : Velocidad media en la sección transversal.

$\mu$ : 1 ,0. Si no hay obstáculos.

Adicionalmente, el efecto del peso específico del agua durante la creciente se considera en otro factor de corrección  $\phi$  que es mayor o igual que la unidad y su efecto es reducir la profundidad de socavación.

$\phi = 1,0$  .si  $\gamma_m = 1,0T/m^3$  (agua Clara)

$\gamma_m$  = Peso específico de la muestra agua sedimento.

Ecuación 39. Peso específico

$$\gamma_m = -0,54 + 1,5143\gamma_m, \text{ si } \gamma_m > 1.0T/m^3 \text{ (Lecho móvil) } \dots \dots \dots (33)$$

$$Z = 0,394557 - 0,04136 \text{ Log}D_m - 0,00891 \text{ Log} D_m \dots \dots \dots ( \text{Tabla 06} )$$

$$\beta = 0,7929 + 0,0973 \text{ Log}Tr \dots \dots \dots ( \text{Tabla 07} )$$

Coefficiente de correlación o de ajuste= 0,9910. (Higuera C. y Pérez G., 1989).

**Para suelos no granulares.**

Considerando los coeficientes de corrección por contracción y peso específico del agua durante crecientes, se tiene:

Ecuación 40. Altura de socavación

$$H_s = \left( \frac{\alpha h^{5/3}}{0,60\beta\mu\phi\gamma_s^{1,18}} \right)^{\frac{1}{1+x}} \dots \dots \dots (34)$$

$\gamma_d$ : peso volumétrico del material seco que se encuentra a una profundidad  $H_s$ , medida desde la superficie del agua (Ton/m<sup>3</sup>)

x: exponente variable que depende del peso volumétrico del material cohesivo seco.

$$x = 0,892619 - 0,58073 \gamma_m + 0,136275 \gamma_m^2 \dots \dots \dots ( \text{Tabla 06} )$$

Coefficiente de correlación o de ajuste= 0,9985 (Higuera C. y Pérez G., 1989).

Tabla 63

*Valores de x para suelos cohesivos y no cohesivos*

Suelos cohesivos		Suelos granulares	
Yd	x	d(mm)	X
0,80	0,52	0,05	0,43

0,83	0,51	0,15	0,42
0,86	0,50	0,50	0,41
0,88	0,49	1,00	0,4
0,90	0,48	1,50	0,39
0,93	0,47	2,50	0,38
0,96	0,46	4,00	0,37
0,98	0,45	6,00	0,35
1,00	0,44	8,00	0,35
1,04	0,43	10,00	0,34
1,08	0,42	15,00	0,33
1,12	0,41	20,00	0,32
1,16	0,40	25,00	0,31
1,20	0,39	40,00	0,30
1,24	0,38	60,00	0,29
1,28	0,37	90,00	0,28
1,34	0,36	140,00	0,27
1,40	0,35	190,00	0,26
1,46	0,34	250,00	0,25
1,52	0,33	310,00	0,24
1,58	0,32	370,00	0,23
1,65	0,31	450,00	0,22

1,71	0,30	570,00	0,21
1,80	0,29	750,00	0,20
1,89	0,28	1000,00	0,19
2,00	0,27	-	-

Fuente: ICG, 2011.

Tabla 64

*Valores del coeficiente  $\beta$*

periodo de retorno del gasto de diseño (años)	coeficiente Q
2	0,82
5	0,86
10	0,9
20	0,94
50	0,97
100	1,00
500	1,05

Fuente: ICG, 2011.

**Socavación local al pie del muro.**

La socavación de un río es aquella que se produce cuando las condiciones del cauce y flujo del río son alteradas por efectos de la instalación de alguna estructura sobre el lecho del mismo, llámese esta: pilares, estribos, gaviones, muros de encauzamiento, espigones, barrajes, etc. (ICG, 2011)

**Método de Artamonov.**

Este método depende de los siguientes factores:

Porción de caudal que es interceptado por la estructura al meterse

dentro de la corriente Q1 o Q2 (Figura 07)

Talud que tienen los lados del estribo en este caso muros (mH: 1V)

Ángulo entre el eje longitudinal del puente y la corriente ( $\Theta$ ).

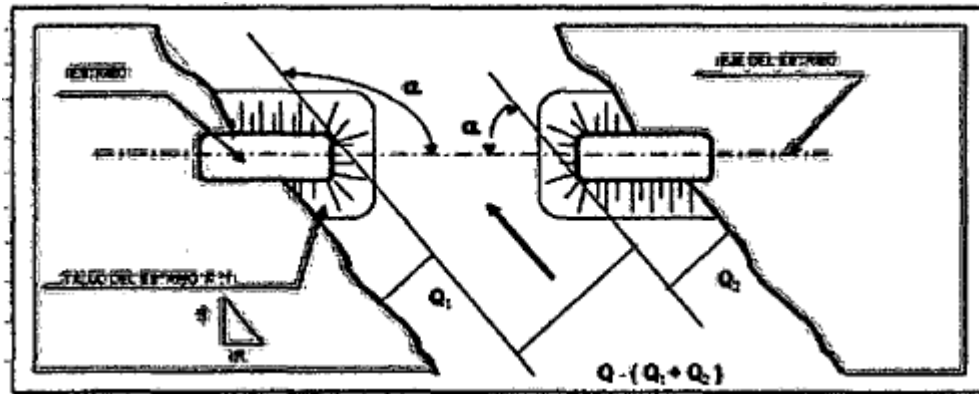


Figura 7: Intersección del flujo por los estribos. Método de Artamonov.

Fuente: Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez, A., 1992 .

Ecuación 41. Profundidad del agua

$$H_T = k_\theta k_Q k_m h \dots \dots \dots (35)$$

Dónde:

HT: Profundidad del agua al pie del muro medida desde la superficie libre de la corriente.

Kq: Factor que depende del ángulo que forma la corriente de agua con el eje transversal

K $\Theta$  : Factor que depende de la relación del caudal total al caudal interceptado por los muros.

Km: Coeficiente que depende del talud que tienen los lados del estribo

H: Tirante de agua en la zona cercana al estribo o al espigón antes de la socavación.

Tabla 65

*Coeficiente de corrección K $\theta$ .*

$\theta$	20°	60°	90°	120°	150°
K $\theta$	0,84	0,94	1	1,07	1,19

Fuente: Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A., 1992.

Tabla 66

*Coeficiente de corrección KQ.*

Q1/Qd	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
KQ	2,00	2,65	3,22	3,45	3,65	3,87	4,06

Fuente: Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A., 1992.

Tabla 67

*Coeficiente de corrección Km*

	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	3,00
mH:1V	1,00	0,91	0,85	0,83	0,61	0,50

Fuente: Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A., 1992.

### **Criterios para la determinación del nivel o grado de peligrosidad.**

El peligro está en función de la probabilidad de ocurrencia del fenómeno y de su intensidad. La intensidad a su vez se puede definir en función de la profundidad y la velocidad del agua, así como de la duración de las inundaciones.

Se debe tener en cuenta la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de la inundación como los niveles o alturas del agua mediante la siguiente expresión (INDECI Lima 2011 ).

Ecuación 42. probabilidad o frecuencia de ocurrencia

$$\text{Peligro por inundación} = f (\text{Intensidad} \times \text{Probabilidad de ocurrencia}) \dots\dots(36)$$

Dónde:

$$\text{Intensidad} = f (\text{profundidad de agua, duración, velocidad})$$



Probabilidad=  $f$  (precipitaciones, eventos desencadenantes (tormentas), cambios climáticos).

### Criterios recomendados para determinar el nivel de la intensidad

los criterios recomendados para evaluar la intensidad de las inundaciones son diferentes en dependencia del tipo de inundación. Para inundaciones estáticas se considera la profundidad o altura del flujo. Mientras que para inundaciones dinámicas se recomienda utilizar el producto de la velocidad por la profundidad del flujo (INDECI lima, 2011 ).

Tabla 68

#### *Nivel de Intensidad para Inundaciones Fluviales*

Niveles de intensidad	Profundidad del flujo (h) (m) (inundaciones estáticas)
Muy alta	$1,50 < H$
Alta	$0,50 < H \leq 1,50$
Media	$0,25 < H \leq 0,50$
Baja	$H < 0,25$

Fuente: INDECI lima, 2011.

Tabla 69

#### *Rango de Intensidad para Inundaciones Fluviales*

Niveles de intensidad	Rangos
Muy alta	$0,75 < NI \leq 1,00$
Alta	$0,50 < NI \leq 0,75$
Media	$0,25 < NI \leq 0,50$
Baja	$0 < NI \leq 0,25$

Fuente: INDECI lima, 2011.

NI= Nivel de Intensidad

### **Criterios recomendados para la evaluación de la frecuencia, recurrencia o período de retorno de la inundación.**

la frecuencia de inundaciones se interpreta cada qué tiempo se inunda una determinada zona lo cual dependerá esencialmente de la frecuencia de precipitaciones excepcionalmente. (INDECI., 2011)

Tabla 70

#### *Periodos de retorno según categorías*

Niveles de intensidad	Rangos
Muy Alta	$0,75 < NI < 1$
Alta	$0,50 < NI < 0,75$
Media	$0,25 < NI < 0,50$
Baja	$0 < NI < 0,25$

Fuente: INDECI Lima, 2011.

Tabla 71

#### *Rangos de frecuencia de inundaciones fluviales*

<b>Frecuencia</b>	<b>Rangos</b>
Muy Alta	$0,75 < F < 1$
Alta	$0,50 < F < 0,75$
Media	$0,25 < F < 0,50$
Baja	$0 < F < 0,25$

Fuente: INDECI Lima, 2011.

F= Frecuencia

### **Determinación del nivel de peligrosidad.**

Con los resultados obtenidos ingresamos a la matriz de doble entrada: Matriz de intensidad y frecuencia, en la intercepción de ambos valores se podrá estimar el nivel de peligro esperado (INDECI Lima, 2011 ).

Tabla 72

*Matriz de peligro de inundación fluvial*

Intensidad	Muy Alta	Peligro Medio 0,25	Peligro Alto 0,50	Peligro Muy Alto 0,75	Peligro Muy Alto 1
	Alta	Peligro Bajo 0,19	Peligro Medio 0,38	Peligro Alto 0,56	Peligro Muy Alto 0,75
	Media	Peligro Bajo 0,13	Peligro Medio 0,25	Peligro Medio 0,38	Peligro Alto 0,50
	Baja	Peligro Bajo 0,06	Peligro Bajo 0,13	Peligro Bajo 0,19	Peligro Medio 0,25
	Baja		Media	Alta	Muy Alto
			Frecuencia (años)		

Fuente: INDECI Lima, 2011.

Tabla 73

*Niveles de Peligrosidad ante inundaciones fluviales*

Niveles de peligrosidad	Rangos
Peligro muy alto	$0,75 < NP \leq 1,00$
Peligro alto	$0,50 < NP \leq 0,75$
Peligro medio	$0,25 < NP \leq 0,50$
Peligro baja	$0 < NP \leq 0,25$

Fuente: INDECI Lima, 2011.

NP= Nivel de Peligrosidad

Análisis de la vulnerabilidad ante peligros por inundaciones fluviales. Para el análisis de la vulnerabilidad ante peligros por Inundaciones, se propone considerar la siguiente metodología, basada en indicadores utilizados en los diferentes tipos de vulnerabilidad se les asignaran indicadores relacionados con las condiciones más comunes en donde se presentan este tipo de eventos. Sin embargo son referenciales y aleatorios,

pudiendo ser mejorados o adecuados según las particularidades del área de estudio (ICG, 2011)

### **Identificación de los elementos potencialmente vulnerables.**

Ante la posible ocurrencia de Inundaciones Fluviales, los elementos potencialmente vulnerables serán identificados a través del análisis de las vulnerabilidades, las variables e indicadores correspondientes a cada vulnerabilidad. (INDECI., 2011)

### **Identificación y análisis de los indicadores para la determinación del grado de vulnerabilidad.**

Una vez identificados los elementos expuestos al peligro, se realiza el análisis de los diferentes tipos de vulnerabilidad, que de forma directa e indirecta se encuentran asociados ante la posible ocurrencia de una inundación, se procederá a identificar, evaluar y analizar los diversos indicadores que reflejarán el nivel de susceptibilidad, fragilidad y capacidades que caracterizan una determinada condición espacio - temporal de la vulnerabilidad territorial del área en estudio.

Este análisis, por tanto, permitirá obtener una visión holística de las causas, estado, y capacidades poblacionales frente al peligro en un territorio determinado en la tabla. (INDECI., 2011)

Tabla 74

#### *Tipos de Vulnerabilidad ante Inundaciones fluviales*

Tipos de vulnerabilidad	Variables
b.1 Vulnerabilidad Física	<p>Localización de viviendas.</p> <p>Material de construcción utilizado en viviendas (*).</p> <p>Características geológicas, calidad y tipo de suelo.</p> <p>Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos.</p>

b.2	Vulnerabilidad Ambiental y Ecológica	Explotación de los recursos naturales.
		Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos
b.3	Vulnerabilidad económica	Actividad Económica Grado de Escasez (servicios básicos) Nivel de Organización.
b.4	Vulnerabilidad Social	Grado y tipo de relación entre las instituciones y organizaciones locales. Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres.
b.5	Vulnerabilidad Cultural e Ideológica	Percepción de la población sobre los desastres. Actitud frente a la ocurrencia de desastres. Programas más Educativos formales (prevención y atención de desastres PAO) Programa de capacitación de la población PAD
b.6	Vulnerabilidad Educativa	Campaña de difusión {TV, radió) sobre el PAD Alcancé de los programas educativos. Existencia de trabajos de investigación sobre desastres naturales en la localidad
b.7	Vulnerabilidad Científica y Tecnológica	Existencia de instrumentos. Conocimiento sobre la existencia de estudios. La población cumple las conclusiones y recomendaciones

FUENTE INDECI Lima, 2011.

\*Es necesario especificar la distancia de acuerdo a la ubicación del tipo de vulnerabilidad.

### b.1 Vulnerabilidad Física

Tabla 75

*Localización de Viviendas*

INDICADORES	NIVELES	GRADO DE VULNERABILIDAD
		(V)

Muy alejada > 5Km	$0 < V \leq 0,25$	Baja
Medianamente cerca <1-5 Km>	$0,26 < V \leq 0,50$	Media
Cerca <0.2-1 Km>	$0,51 < V \leq 0,75$	Alta
Muy cercana <0.2-0 Km>	$0,76 < V \leq 1,00$	Muy alta

Fuente: INDECI Lima, 2014.

Tabla 76

*Materiales de construcción utilizadas en viviendas.*

INDICADORES	NIVELES	GRADO DE VULNERABILIDAD(V)
Estructura sismorresistente con adecuada técnica constructiva.	$0 < V \leq 0,25$	Baja
Estructura de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva.	$0,26 < V \leq 0,50$	Media
Estructura de adobe, piedra o madera, estructurales. sin refuerzos	$0,51 < v \leq 0,75$	Alta
Estructuras de adobe cañas y otros de menor resistencia, en estado precario.	$0,76 < V \leq 1,00$	Muy alta

Fuente: INDECI Lima, 2014.

Tabla 77

*Características geológicas, calidad y tipo de suelo*

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD (V)
Zona sin fallas ni fracturas,	$0 < V \leq 0,25$	Baja

---

suelos con buenas características geotécnicas.		
Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante.	$0,26 < V \leq 0,50$	Media
Zonas medianamente fracturadas, suelos con baja capacidad portante.	$0,51 < V \leq 0,75$	Alta
Zonas muy fracturadas, suelos Zonas muy fracturadas, suelos colapsables (relleno, napa freática con turba, material inorgánico, etc.)	$0,76 < V \leq 1,00$	Muy alta

---

Fuente: INDECI Lima, 2014.

Tabla 78

*Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos*

INDICADORES	NIVELES	GRADO DE VULNERABILIDAD (V)
Con normativa vigente estrictamente cumplidas	$0 < V \leq 0,25$	Baja
Con normativa vigente medianamente cumplidas	$0,26 < V \leq 0,50$	Media
Con normativa vigente sin cumplimiento	$0,51 < V \leq 0,75$	Alta
Desconocimiento	e $0,76 < V \leq ,.00$	Muy alta

---

incumplimiento de la  
normativa vigente

Fuente: INDECI 2011.

Determinar del Grado de Vulnerabilidad Físicas (VF):

Se definen en tres etapas.

**Primera Etapa.** Se han considerado cuatro variables: Localización de las viviendas, Material de Construcción utilizado en las viviendas, Características geológicas calidad y tipo de suelo y Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos. Los valores se establecen para cada rango los cuales está comprendido entre 0 a 1, de acuerdo a la tabla.

Tabla 79

*Niveles de Vulnerabilidad*

$0 < V \leq 0,25$	BAJA
$0,26 < V \leq 0,50$	MEDIA
$0,51 < V \leq 0,75$	ALTA
$0,76 < V \leq 1,00$	MUY ALTA

Fuente: INDECI Lima, 2011.

**Segunda Etapa.** Una vez establecidos los valores de cada variable, se procederá a determinar el grado de vulnerabilidad. Para ello, se calcula el promedio de las cuatro variables a través de la siguiente fórmula:

Ecuación 43 Vulnerabilidad Física

$$VF = \frac{Mc+Lv+Cs+Cn}{4} \dots\dots\dots (37)$$

Dónde:

Me: Material de construcción utilizado en viviendas

Lv: Localización de viviendas



Cs: Características geológicas, calidad y tipo de suelos.

A: Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos.

**Tercera Etapa.** Una vez obtenido los resultados a partir de la aplicación de la fórmula mostrada, se considerará la siguiente estratificación:

Tabla 80

*Grado de Vulnerabilidad Física*

NIVELES	GRADO DE VULNERABILIDAD(V)
$0 < VF \leq 0,25$	BAJA
$0,26 < VF \leq 0,50$	MEDIA
$0,51 < VF \leq 0,75$	ALTA
$0,76 < VF \leq 1,00$	MUY ALTA

Fuente: INDECI 2011.

**Ponderación y estratificación de la vulnerabilidad total (VT).** Una vez culminado el proceso de identificación, evaluación y análisis de los diversos indicadores considerados para cada tipo de vulnerabilidad asociada ante la posible ocurrencia de peligro por Inundación, se procederá a ponderar los resultados obtenidos por cada uno de ellos para luego ponderar y estratificar la vulnerabilidad total. Para ello, consideramos las siguientes etapas:

Primera Etapa. Se han considerado los valores obtenidos para la principal vulnerabilidad: Física. Los valores que se establecieron en cada rango fueron entre 0 a 1, donde:

Tabla 81

*Niveles de Vulnerabilidad*

$0 < V \leq 0,25$	BAJA
-------------------	------

$0,26 < V \leq 0,50$	MEDIA
$0,51 < V \leq 0,75$	ALTA
$0,76 < V \leq 1,00$	MUY ALTA

Fuente: INDECI Lima, 2011.

### Segunda Etapa.

Una vez establecidos los valores a cada indicador para cada tipo de vulnerabilidad, se procederá a determinar el grado de vulnerabilidad total ante el peligro por inundación. La Vulnerabilidad Total, se calculará en base al promedio obtenido por cada tipo de vulnerabilidad, a través de la siguiente fórmula:

Ecuación 44. Vulnerabilidad Total

$$VT = VF \dots \dots \dots (38)$$

En donde:

VF =Vulnerabilidad Física.

### Tercera Etapa.

Una vez obtenido los resultados a partir de la aplicación de la fórmula mostrada, se considerará la siguiente estratificación:

Tabla 82

*Vulnerabilidad total*

NIVELES	GRADO DE VULNERABILIDAD (V)
$0 < VT \leq 0,25$	BAJA
$0,26 < VT \leq 0,50$	MEDIA
$0,51 < VT \leq 0,75$	ALTA
$0,76 < VT \leq 1,00$	MUY ALTA

Fuente: INDECI Lima, 2011.

### Estimación del riesgo por inundaciones fluviales

Identificados y analizados los peligros a los que está expuesta el área de estudio, y realizado los respectivos análisis de vulnerabilidad, se procede a la conjunción de éstos para calcular el nivel de riesgo del área en estudio. Es decir estimar la probabilidad de pérdidas y daños esperados (personas, bienes materiales, recursos económicos) ante la ocurrencia de un fenómeno de origen natural o tecnológico (inducido por el hombre).

El cálculo del riesgo corresponde a un análisis y combinación de datos teórico empíricos con respecto a la probabilidad de ocurrencia del peligro identificado, es decir, la interrelación de las condiciones espacio-temporales del área en estudio representado en las distintas dimensiones de vulnerabilidad territorial.

Existen diversos criterios o métodos para el cálculo del riesgo, por un lado, el analítico o matemático; y por otro, el descriptivo. El criterio a considerar, se basa fundamentalmente en la aplicación probabilística de la siguiente ecuación (INDECI., 2011)

Ecuación 45 Calculo del riesgo

$$R = f(P \times V) \dots\dots\dots(39)$$

Dónde:

R= Riesgo

f = En función

P= Peligro

V= Vulnerabilidad

Esta ecuación es la referencia básica para la estimación del riesgo, donde cada una de las variables: Peligro (P), vulnerabilidad (V) y consecuentemente, Riesgo (R), se expresan en términos de probabilidad.

Para estratificar el nivel del riesgo se hará uso de una matriz de doble entrada: matriz del grado de peligro y matriz del grado de vulnerabilidad. Para tal efecto, se

requiere que previamente se halla determinado los niveles de intensidad y frecuencia de un determinado peligro y del análisis de vulnerabilidad, respectivamente.

Con los valores obtenidos del grado de peligrosidad y el nivel de vulnerabilidad total, se interrelaciona, por un lado (vertical), el grado de peligrosidad; y por otro (horizontal) el grado de vulnerabilidad total en la respectiva matriz.

En la intersección de ambos valores, sobre el cuadro de referencia, se podrá estimar el riesgo ante inundaciones fluviales (INDECI., 2011)

Tabla 83

*Cuadro De Matriz De Riesgos De Inundaciones Fluviales*

Peligro muy alto 1	Riesgo alto 0,25	Riesgo alto 0,25	Riesgo 0,75	muy alto 1
Peligro alto 0,75	Riesgo medio 0,19	Riesgo medio 0,38	Riesgo alto 0,56	Riesgo muy alto 0,75
Peligro medio 0,50	Riesgo bajo 0,13	Riesgo medio 0,25	Riesgo medio 0,38	Riesgo alto 0,50
Peligro bajo 0,25	Riesgo bajo 0,06	Riesgo bajo 0,13	Riesgo medio 0,19	Riesgo alto 0,25
	Vulnerabilidad baja 0,25	Vulnerabilidad medio 0,50	Vulnerabilidad alto 0,75	Vulnerabilidad muy alto 1
	RIESGO BAJO (<DE 26% }	RIESGO MEDIO (26% AL 50% }	RIESGO ALTO (51% AL 76% }	RIESGO MUY ALTO (77% AL 100% }

Fuente: INDECI Lima, 2014.

**Obras de protección contra inundaciones.**

Cuando se desee evitar que las zonas adyacentes a los ríos sean inundadas año tras año durante la época de lluvias, se construyen y ejecutan obras que permitan evitar dichas inundaciones, pudiendo ser éstas como se explica a continuación:

### **Gaviones.**

Los gaviones son cajas en forma de paralelepípedo hecho con malla de alambre de acero de alta resistencia y galvanizado de cocada cuadrada eléctricamente soldadas en todos sus cruces. Son elementos permeables, requiriendo de filtros para evitar pérdidas de sustratos y hundimientos (Campana, 2003).

Estas estructuras son unidades eficientes, económicas y técnicas como soluciones de ingeniería para encauzamiento de ríos, defensas ribereñas, estabilidad de taludes y muros de contención. Son de gran sencillez en su fabricación y colocación, empleándose mano de obra no calificada en su construcción y piedras de un diámetro de 6" a 8",. los materiales de relleno con mucha frecuencia se encuentran en el lecho del río, ahorrándose los costos de transporte.

Una vez rellenas con piedras y amarrados hacen una estructura continua y flexible, capaz de soportar la erosión, socavación y asentamientos, acomodándose a las diferentes situaciones de cambios en el fondo del río (Bustamante, 2012).

### **Factores que definen la vida útil del gavión tipo Caja.**

Un gavión está sometido a cuatro factores que definen su vida útil:

#### **Esfuerzos estructurales.**

En los últimos años los gaviones han fallado por rotura debido que el esfuerzo es superior al admisible de la sección transversal del acero, lo cual la sección es el elemento resistente a los esfuerzos de tensión a las que está expuesta la estructura, mientras más grueso sea el diámetro de la malla tendremos gaviones más resistentes

(una cocada de 8x1 O ofrece una mayor resistencia que una cocada 1 Ox12 ya que esta está fuera de norma) (Fierro, 2002).

La Norma ASTM 975 define dos tipos de cocadas: 8 X 1 O, para gaviones caja, 6 X 8, para colchones; los cuales los combina con tres calibres. 3,05 mm, 2,7 mm y 2,2 mm. Existen ya algunas bibliografías en las cuales se detalla la resistencia de los diferentes tipos de malla vs. sus calibres para los gaviones de malla hexagonal.

Tabla 84

*Resistencia de mayas vs. Calibres*

Malla	Carga de Ruptura				
	Diámetro de Alambre mm				
	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0
5x7	3500	4000	4500	-	-
6x8	3000	3500	4200	4700	-
8x10	-	-	-	4300	5300
10x12	-	-	-	3500	4300

Fuente: Ensayos efectuados en el Laboratorio de estructuras de la PUCP-2012

Lo cual implica que las especificaciones de un proyecto deberían establecer que para poder equiparar una malla de 8 x 1 O en calibre de 2, 7 mm; deberíamos usar una de 1 O x 12 en calibre de 3,0 mm, si se usara el mismo calibre se tendría condiciones de ventaja y desventaja económicas.

**Corrosión.**

Poca importancia se le ha dado al fenómeno electroquímico que produce la oxidación y deterioro del acero de las mallas. La Salinidad o acidez de los suelos y el agua en contacto con las mallas determinen algunas características del tipo de protección y revestimiento para el acero que asegure su mejor utilización y una mayor vida útil.

Las primeras estructuras con gaviones se ejecutaron con mallas de galvanización "ligera, simple o comercial (ASTM-A641- clase 1:85 a 100 gr/m<sup>2</sup> de Zn mínimo), con lo que se puede colegir fácilmente que una "galvanización pesada o triple galvanización (3zn) (ASTM 641-CLASE 3. 240 a 275 gr/m<sup>2</sup> de Zn. Mínimo), se debe colocar un revestimiento con PVC adicional para la agresividad química. Indudablemente que, para condiciones de agresividad química, un revestimiento con PVC adicional es recomendable (Fierro 2002).

### **Abrasión.**

Es la acción de los sedimentos y sólidos en suspensión. Es conveniente resaltar que el material que tiene menor resistencia a la abrasión es el aluminio, por lo cual la aleación Zn+ Al no es recomendable para las mallas de gaviones.

Ensayos realizados en diferentes lugares: río Tumbes, Ica, Moquegua y Llamoctachi demuestran que el triple galvanización "3 Zn tiene un mejor comportamiento que el Zn +Al. Los recubrimientos de PVC para la protección de los gaviones están normados por los ASTM A974 y A975 ya que se ha visto que tiene mayor resistencia a la abrasión que el concreto, acero y el aluminio (Fierro, 2002).

### **Impacto.**

Este fenómeno está relacionado a la presencia de grandes rocas dentro de los cauces de nuestros ríos, dados las altas pendientes, tipo de flujo y caudales que estos tienen. El principal elemento que va a resistir es el calibre de los alambres con el cual están manufacturados los gaviones, es por ello que consideramos que calibres menores a 2, 7 mm no deberían ser usados dado que las estructuras ejecutadas no tendrían un comportamiento adecuado frente a este fenómeno (Fierro, 2002)

### **Características de los gaviones.**

Los gaviones se caracterizan por: su flexibilidad que le permite soportar deformaciones altas, su resistencia para soportar la velocidad del agua, es permeable lo que le permite

absorber y disipar la energía, es estética ya que su acabado y apariencia son envidiables y es económicas ya que requiere poco mantenimiento debido a que su construcción es simple (Bustamante, 2012). Lo fundamental en un gavión es; Diámetro de los Alambres, abertura de . las mallas y recubrimiento de protección.

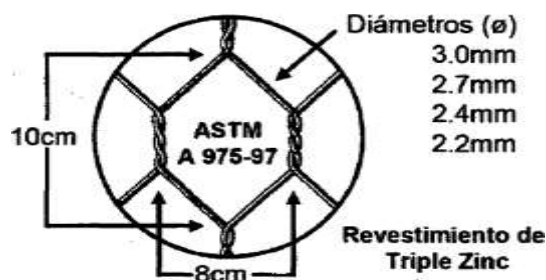


Figura N° 8. Gavión tipo caja o colchón antisocavante galvanizado

Fuente: MACCAFERRI, 2001.

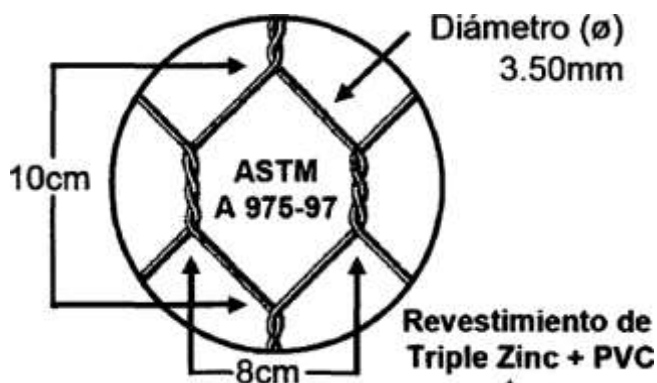


Figura N° 9. Gavión tipo caja o colchón antisocavante plastificado

Fuente: MACCAFERRI, 2001.

Tabla 85

*Normas Técnicas Internacionales ASTM A 975-97*

Aspectos	GAVION	
	GALVANIZADO	PASTIFICADO
	Caja o colchón antisocavante	Caja o colchón antisocavante



Cocada (cm)	8 X 10	BX 10	
Calibres: Malla (mm)	2,70	3,00	3,50
Bordes (mm)	3,40	3,90	4,10
Amarres( mm)	2,20	2,20	3,50
Recubrimiento	3Zn	3Zn	3Zn+ PVC

Fuente: Gaviones Especificaciones técnicas comentarios Andex del Norte.

(MACCAFERRI, 2021)

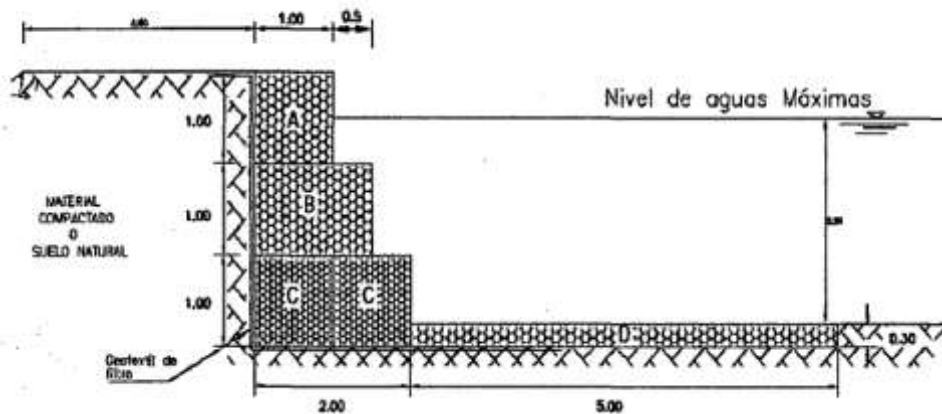


Figura N° 1 O. Defensa Ribereña Típica protección marginal

Fuente: (MACCAFERRI, 2021)

### **Criterios de Cálculo del gavión.**

Para determinar el valor del empuje se utiliza la teoría de coulomb para lo cual tendremos.

(MACCAFERRI, 2021)

-La superficie de rotura es plana

-La Fuerza de rozamiento interna se distribuye en forma uniforme a lo largo de la superficie de rotura.

-La cuña de terreno entre la superficie de rotura y el muro se consideran indeformable.

-Se desarrolla un esfuerzo de rozamiento entre el muro y el suelo de contacto, lo cual hace que la recta de acción del empuje se incline en un ángulo  $\delta$  respecto a la normal del parámetro interno del muro.

-Para no sobredimensionar la estructura dado que el gavión es permeable, se puede omitir el empuje hidrostático.

-Es conveniente inclinar el muro contra el terreno en un Angulo generalmente de  $6^\circ$  pudiendo alcanzar los  $10^\circ$  de esta forma disminuirá el coeficiente del empuje activo (MACCAFERRI, 2021)

### **Cálculo del empuje.**

Sé adopta en el cálculo el estado límite activo del terreno. El método de coulomb se basa en el estudio del equilibrio de una cuña de suelo indeformable sobre la que actúa el peso propio, fuerza de rozamiento y eventualmente la cohesión. En el caso de muro con parámetro vertical interno la superficie de empuje es el propio parámetro interno del muro como se muestra en la siguiente figura (MACCAFERRI, 2021)

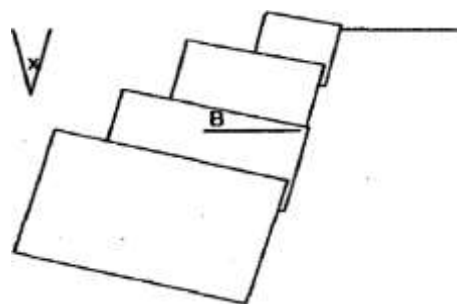


Figura N° 11. Angulo interno de muro  
Fuente: MACCAFERRI, 2001.

-Debe considerarse que tanto la fricción como la cohesión se latera cuando se modifica la humedad de terreno.

Suele ser conveniente despreciar la cohesión ya que esta se modifica con el tiempo y tiene gran influencia sobre el valor final del empuje. El empuje activo es calculado en función del peso del terreno y la altura del muro, siendo su valor reducido debido al coeficiente de empuje activo  $K_a$ .

Como se dijo el valor del coeficiente del empuje activo depende del ángulo  $\beta$ , de  $E$  que es el ángulo del talud sobre el muro con la horizontal,  $\delta$  de  $f/J$  ángulo de fricción interna del terreno, de  $\delta$  ángulo de fricción entre muro y terreno (MACCAFERRI, 2001).

Ecuación 46 Empuje activo

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\beta + \varphi)}{\text{sen} \beta \cdot \text{sen}(\beta - \delta) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi - E)}{\text{sen}(\beta - \varphi) \cdot \text{sen}(\beta + e)}}\right)^2} \dots\dots\dots(40)$$

Para facilitar el cálculo el coeficiente  $K_a$  se encuentra tabulado en las figura 12.

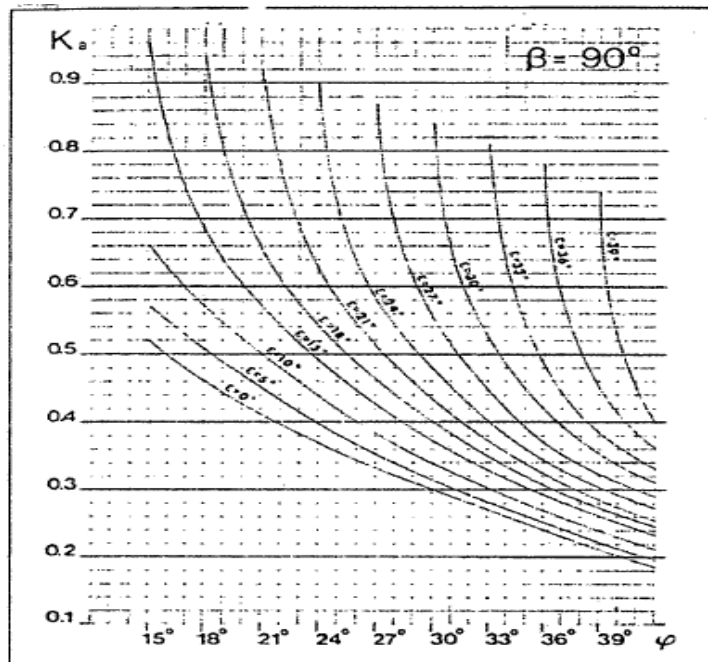


Figura 12. Ábacos para determinar el  $K_a$ .  
Fuente: MACCAFERRI, 2001.

El empuje activo está determinado por la expresión:

Ecuación 47 Empuje activo

$$E_a = \frac{1}{2} * \gamma_s * H^2 * k_a - 2c * H * \sqrt{k_a \left(\frac{TN}{M}\right)} \dots \dots \dots (41)$$

Dónde:

$\gamma_s$  =Peso específico del suelo

C=cohesión

H = (h + (b- a) \*tan a) \* cosa, altura de actuación del empuje, siendo

h= altura del muro

b=base del muro despreciando los escalones externos

a= ancho del muro en la cima

Debe recordarse la consideración hecha sobre la cohesión. En el caso sobrecarga sobre el terraplén, siendo q el valor de la misma esta es asimilada a un relleno de altura  $h_s$ , de la misma característica del terreno siendo  $h_s = q/\gamma_s$ . Luego el empuje (MACCAFERRI, 2021)

Será:

Ecuación 48 Empuje activo

$$E_a = \frac{1}{2} * \gamma_s * H^2 * k_a * \left(1 + \frac{2h_s}{H}\right) - 2c * H * \sqrt{k_a \left(\frac{TN}{M}\right)} \dots \dots \dots (42)$$

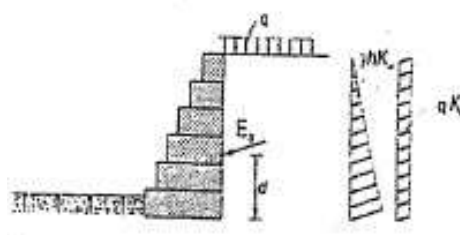


Figura 13. Distribución del empuje en presencia de una sobrecarga uniforme.

Fuente: (MACCAFERRI, 2021)

Normalmente con sobrecarga debido a vehículos, se adopta:  $q=1,5$  a  $2,0$  Tn/m<sup>2</sup>

La altura del punto de aplicación del empuje es de difícil evaluación y varía bastante en la práctica, normalmente puede producirse a una altura comprendida entre  $1/2H$  y  $1/3H$ . Las variaciones se deben en algunos casos al desplazamiento del muro, a su rigidez e inclinación, a modificación en las características del terreno y sobrecarga. Normalmente Se Considera A  $1/3 H$  (ver las siguientes figuras N° 14 y 15) con sobrecarga tendremos (MACCAFERRI, 2021)

Ecuación 49 Altura de aplicación

$$d = \frac{H}{3} * \left( \frac{H+3hs}{H+2hs} \right) - B * \text{sen}\alpha \dots \dots \dots (43)$$

Dónde:

d: Es la altura de aplicación del empuje activo, medida en forma vertical desde la horizontal que pasa por el fulcro o punto de rotación F.

B: Base del muro.

Si no hay sobrecarga .  $d = H/3 - B * \sin a$  , si  $a = 0$  ,  $d = H/3$

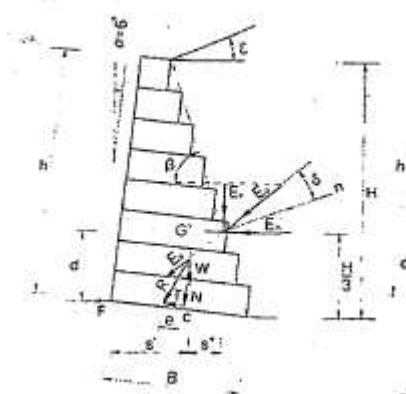


Figura N°14. Fuerzas aplicadas a gaviones internos  
Fuente: (MACCAFERRI, 2021)

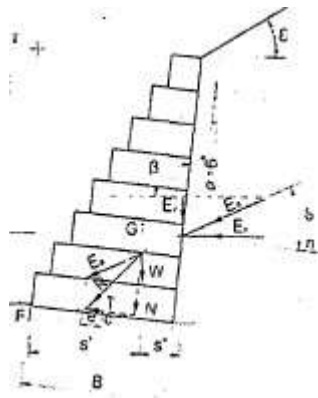


Figura N°15. Fuerzas aplicadas a gaviones internos

Los peligros que esta expuestos un gavión a la acción del agua son los siguientes.

-Peligros estructurales:

Volteo

Desplazamiento

Colapso de cimentación

Presión en los diferentes niveles

-Peligros hidráulicos

Abrasión

Impacto

Corrosión

Tubificación en material de orillas.

### **Estabilidad de la estructura de sostenimiento.**

Es necesaria la verificación de la seguridad de la estructura de sostenimiento contra los diversos tipos de rotura. Los principales tipos de rotura que se puedan presentar se muestran en la siguiente figura (MACCAFERRI, 2021)

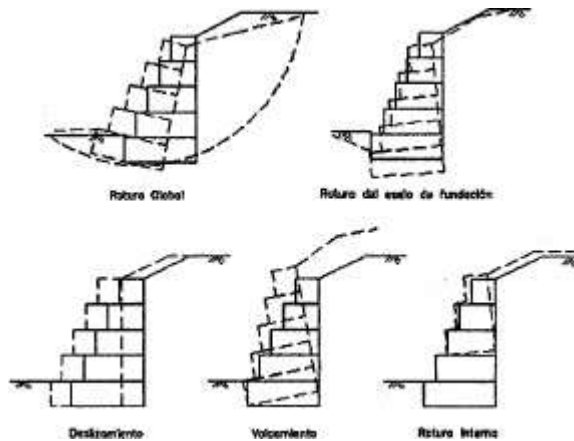


Figura N°16. Tipos de rotura

Fuente: (MACCAFERRI, 2021)

Deslizamiento sobre la base.

-Volcamiento.

- Rotura de la fundación o deformación excesiva.

-Rotura global del macizo.

-Rotura interna de la estructura.

### **Criterios de verificación de la estabilidad**

Los criterios a medir en un gavión son los siguientes (MACCAFERRI, 2001).

- Seguridad al deslizamiento
- Seguridad al vuelco
- Carga sobre terreno
- Verificación en secciones intermedias
- Seguridad de rotura global

Las fuerzas estabilizantes y desestabilizantes son indicadas que siguen para muros con escalones internos.

### **Verificación de la Seguridad al deslizamiento.**

El deslizamiento de la estructura ocurre cuando la resistencia al deslizamiento a lo largo de la base del gavión sumada al empuje pasivo. Se considera el plano ortogonal que pasa por la base del muro tendremos (MACCAFERRI, 2021)

Ecuación 50. Verificación de seguridad

$$n = \frac{F_{en} \cdot \tan \varphi + F_{eh}}{F_d} \geq 1,5 \dots\dots\dots(44)$$

Dónde:

F<sub>en</sub>=Fuerza estabilizante normal

F<sub>eh</sub>=Fuerza estabilizante horizontal

F<sub>d</sub>=Fuerza desestabilizante

Ecuación 51. Verificación de seguridad

$$n = \frac{((W+EV) \cdot \cos \alpha + E_h \cdot \sin \alpha) \cdot \tan \varphi + (W+EV) \cdot \sin \alpha + cB}{E_h \cdot \cos \alpha} \geq 1,5 \dots\dots\dots(45)$$

**En la cual:**

W=Peso propio de la estructura. Depende de la sección del muro del peso específico del relleno. En el gavión se considera n porcentaje de vacíos (n) alrededor de 0,3 es decir el 30% con lo cual tendremos el Y<sub>g</sub> según la ecuación 47 (MACCAFERRI, 2021)

Ecuación 52. Peso propio

$$\gamma_g = \gamma_p \cdot (1 - n) \dots\dots\dots(46)$$

Tabla 86

*Peso específico por diferentes tipos de rocas*

Tipo de roca	Peso Especifico	
	Unidades	Peso
Basalto	Tn/m <sup>3</sup>	2,9



Granito	Tn/m <sup>3</sup>	2,6
Caliza compactada	Tn/m <sup>3</sup>	2,6
Traquita	Tn/m <sup>3</sup>	2,5
Canto de rio	Tn/m <sup>3</sup>	2,3
Arenisca	Tn/m <sup>3</sup>	2,2
Piedra porosa	Tn/m <sup>3</sup>	1,7

Fuente: MACCAFERRI, 2001.

Normalmente el peso específico del gavión llenado con piedra partida de cantera se considera igual a 1,7 TN/M<sup>3</sup> (MACCAFERRI, 2021)

Ecuación 53. Empuje vertical

$$E_v = E_a \sin(90^\circ + \delta - \beta): \text{componente vertical del empuje activo ... (47)}$$

Ecuación 54. Empuje horizontal

$$E_h = E_a \cos(90^\circ + \delta - \beta) \text{ componente horizontal del empuje activo ..... (48)}$$

C=cohesión (es conveniente despreciarla)

B=Ancho de la base del muro

a =inclinación del muro

Para la verificación del deslizamiento del deslizamiento se ha transformado la fuerza norma en horizontal multiplicándola por el coeficiente f. Este valor es el coeficiente de fricción suelo gavión (MACCAFERRI, 2021)

### **Verificación de la seguridad al vuelco.**

Se considera como fuerza estabilizante, el peso propio del muro y la componente vertical del empuje activo y como desestabilizante la componente horizontal del empuje activo; tendremos (MACCAFERRI, 2021)

Ecuación 55. Momento volcador

$$M_v = E_h * d \text{ momento volcador ..... (49)}$$

Ecuación 56. Momento resistente

$$M_r = Ws' + E_v * s \text{ momento Resistente.....(50)}$$

En las cuales: d= Distancia entre el fulcro y el punto de aplicación del empuje activo medida sobre la vertical.

Ecuación 57. Distancia entre fulcro

$$s = B * \cos\alpha \frac{H}{3} * \left( \frac{H+3hs}{H+2hs} \right) * \frac{1}{\tan\beta} \text{.....(51)}$$

s'= Distancia entre el fulcro y el punto de aplicación del empuje medida sobre la horizontal

Ecuación 58. Distancia entre el fulcro.

$$s' = X_g * \cos\alpha + Y_g \sin\alpha \text{ .....(52)}$$

En la cual: X<sub>g</sub> y Y<sub>g</sub>: son las coordenadas del centro de gravedad del muro referida a un sistema de ejes cartesianos cuyo origen coinciden con el punto F. El coeficiente de vuelco será (MACCAFERRI, 2021)

Ecuación 59. Coeficiente de vuelco

$$n'' = \frac{M_r}{M_v} \geq 1,5 \text{.....(53)}$$

### Verificación de las tensiones transmitidas al terreno.

Podemos suponer que exista una distribución lineal de tensiones sobre el terreno, cuando la resultante cae dentro del núcleo central las tensiones resultan (MACCAFERRI, 2021)

Ecuación 60. Verificación de tensiones.

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{N}{B} \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right) \text{ para el caso de } e < \frac{B}{6} \text{ TN/M2.....(54)}$$

En la cual N = ((W+ E<sub>v</sub>) \* cos α+ E<sub>h</sub>\* sin α) es la fuerza de las resultantes de las fuerzas normales a la base del muro.

Ecuación 61. Excentricidad resultante.

$$e = \frac{B}{2} - \frac{Mr - Mv}{N} \text{ es la excentricidad que la resultante ..... (55)}$$

El valor de la tensión resultante debe mantenerse por debajo de la tensión admisible del terreno. Este valor puede calcularse aplicando las expresiones de Terzaghi, Hansen, Meyerhoff, etc. También puede usarse las tablas que dan la resistencia en función del tipo de suelo y para arenas y arcillas, en función del SPT (MACCAFERRI, 2021)

Tabla 87

*Resistencia en función del tipo suelo*

Tensiones admisibles básicas para terrenos de fundación	Kg/cm <sup>2</sup>
Roca viva, maciza sin laminaciones, fisuras o signos de descomposición, tales como: gneis, basalto, granito.	100
Roca laminada, con pequeñas fisuras, estratificada tales: requisitos.	35
Depósito compactos y continuos de roca y piedras de diversos tipos	10
Suelo cementado	8
Grava compacta o mezcla compactas de arena y grava.	5
Grava suelta o mezcla de arena y grava. Arena gruesa 3 compacta.	3
Arena gruesa suelta. Arena fina compacta.	2
Arena fina suelta.	1
Arcilla dura	3
Arcilla compacta	2
Arcilla medianamente compacta	1
Arcila blanda Arcilla muy blanda Rellenos	Se exige estudios especiales o experiencias locales.
Otros suelos no incluidos en esta tabla.	

Fuente: MACCAFERRI, 2001.

Tabla 88

*Resistencia para arenas y arcillas en función del SPT*

Arenas		
Resistencia a la penetración N (GOLPES /30 CM) SPT Estándar penetración test.	Compacidad	Tensiona admisible (Kg/cm <sup>2</sup> fund. Dir.) zapatas de 3x3 m
0-4	Muy suelta	
4-10	Suelta	0,8
10-30	Media	0,8-3,0
30-50	Compacta	3,0-5,0
50	Muy compacta	5,0
Arcillas		
Resistencia a la penetración N (GOLPES /30 CM) SPT	Compacidad	Tensiona admisible (Kg/cm <sup>2</sup> fund. Dir.) zapatas cuadradas
2	Muy blanda	0-0,045
2-4	Blanda	0,45-0,90
4-8	Media	0,90-1,80
8-15	Compacta	1,80-3,60
15-30	Muy compacta	3.60-7.20
30	Dura	7.20

Fuente: MACCAFERRI, 2001.

Debido a la alta flexibilidad de los gaviones es posible admitir que la resultante caiga fuera del núcleo central de inercia, sin llegar a valores elevados en la tensión de tracción, ya que se reduce la sección de trabajo de la base. La excentricidad real será (MACCAFERRI, 2021)

Ecuación 62.Excentricidad

$$e' = \frac{B}{2} - e \text{ para } e > \frac{B}{6} \dots\dots\dots(56)$$

Ecuación 63.Tracción

$$\sigma_1 = \frac{2N}{3e^F} \left( \frac{tn}{m^2} \right) \dots\dots\dots(57)$$

Ecuación 64.Tracción

$$\sigma_2 = \sigma_1 *$$

$$\left( \frac{B-e'}{3e'} \right) \left( \frac{Tn}{m^2} \right) \dots\dots\dots(58)$$

Se considera conveniente que  $\sigma_2 \leq 2 \text{ tn/m}^2$  en tracción y  $\sigma$  no deba sobrepasar la tensión admisible del terreno (MACCAFERRI, 2001).

**Verificación de secciones intermedias.**

Es necesario verificar las secciones intermedias del muro en las cuales tenemos (MACCAFERRI, 2021)

Momento actuante  $M= M_r- M_v$  tensión de corte T y esfuerzo normal N. Dadas las características de resistencias a la tracción de los gaviones, la tensión máxima actuante cuando hay una excentricidad (MACCAFERRI, 2021)

Ecuación 65.Tensión máxima de excentricidad

$$e' = \frac{B}{2} - \frac{M}{N}, \text{ vale} \dots\dots\dots(59)$$

Ecuación 66.Tensión máxima

$$\sigma_{max} = \frac{N}{0,8x} \text{ en la cual } x = \left(\frac{B}{2} - e\right)/0,4 \dots\dots\dots(60)$$

Este valor representa la parte de la sección que está trabajando a la comprensión. Los valores de M, N y T, deben ser estudiados como se indica al tratar la verificación del muro completo. El valor de  $\sigma_{max}$  no debe superar al admisible (MACCAFERRI, 2021)

Ecuación 67. Tension maxima

$$\sigma_{max} = 50 * \gamma g - 30 \left( \frac{tn}{m^2} \right) \dots\dots\dots(61)$$

Ecuación 68. Tension Tangencial

La tensión tangencial bale:  $\tau = \frac{T}{B} \left( \frac{tn}{m^2} \right) \dots\dots\dots(62)$

Ecuación 69. Tension máxima

$$\tau_{max} = \frac{N}{B} * \tan\varphi + Cg \left( \frac{tn}{m^2} \right) \dots\dots\dots (63)$$

En la cual  $\varphi = 25 * \gamma g - 10$  con  $\gamma g$  expresado en Tn/m<sup>3</sup> y  $Cg = (0,03 * Pu - 0,05) * 10$  (tn/m<sup>2</sup>), siendo Pu el peso de la red metálica (kg/m<sup>3</sup>). Para gaviones estándar de h=1 ,0 m vale 8,6 kg/m<sup>3</sup> y para gaviones de h=0,5m es de 12,0kg/m<sup>3</sup> (MACCAFERRI, 2021)

Esto confirma conveniencia de colocar gaviones de h=0,50 m en el tercio inferior de los muros de gran altura. Debido a la resistencia de la malla las secciones intermedias casi siempre dan los valores favorables, con respecto a la sección completa (MACCAFERRI, 2021)

**Seguridad a la rotura global.**

La inestabilidad de una obra en gaviones puede darse para una rotura del conjunto suelo - muro a lo largo de una superficie cualquiera. El análisis se realiza para diversas superficies y se determina aquella de rotura crítica. El coeficiente de seguridad debe dar entre 1 ;2 y 1,3 (MACCAFERRI, 2021)

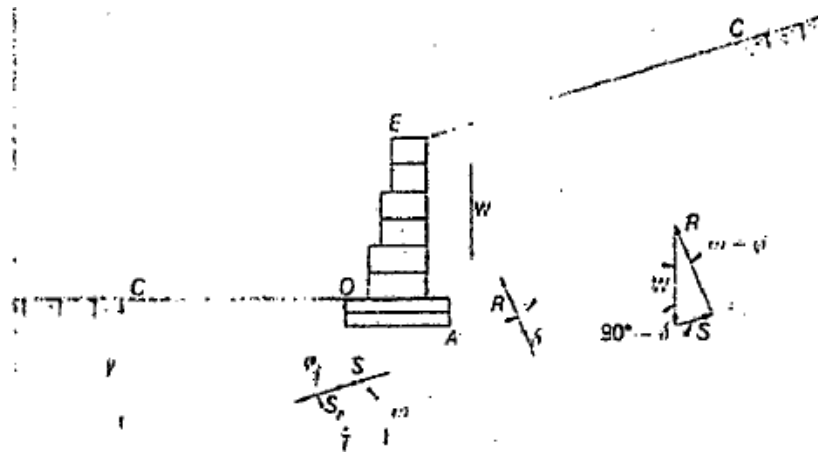


Figura 17. Esquema para la verificación de la rotura global

Fuente: (MACCAFERRI, 2021)

#### Estructuras particulares.

Como ya se vio son 3 los tipos de muros usados en la práctica. Muros con parámetros externos vertical o escalonado, o bien escalonados a ambos lados. Ahora bien, se puede adoptar otros tipos de muros como (MACCAFERRI, 2021)

- Muros de semigravedad
- Muros de semigravedad con solera de anclaje
- Muros esbeltos de parámetros escalonados anclados por colchones reno o bien paneles de malla.

El dimensionamiento de estos muros particulares es diferente de la metodología de cálculo mostrado. Como son poco utilizados en la práctica no son considerados oportunos detallarlos, siendo los mismos mostrados en otras publicaciones específicas (MACCAFERRI, 2021)

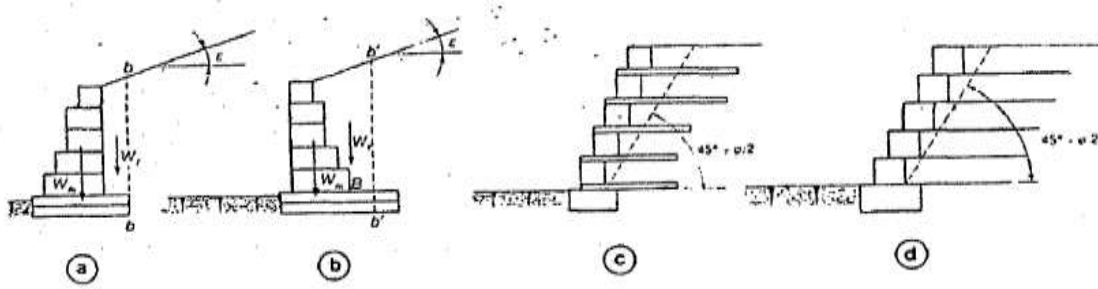


Figura 18. Esquema de estructuras particulares.

Fuente: (MACCAFERRI, 2021)

### Definición Gavión:

Se definen los gaviones como elementos modulares de forma prismática rectangular, elaborados con malla hexagonal de triple torsión de alambre galvanizado, reforzados en los bordes con alambre más grueso y divididos en celdas mediante diafragmas.

Tabla 89

*Gaviones.*

Tratamiento	Función	Aplicaciones
Gaviones	Contención de Tierras	Muros de contención Adición de carril de tránsito Obras de defensas fluviales Corrección de torrentes

*Fuente:* <https://desnivel-obras.com>.

Las ventajas de este sistema son:

- Elevada resistencia a cargas debido a su gran flexibilidad.
- Gran durabilidad por su gran resistencia a la agresión de los químicos, agua y hielo-deshielo.
- Elevada permeabilidad del sistema permitiendo el drenaje natural.
- Reducción al mínimo del impacto visual y físico, adoptando una gran variedad de geometrías (Malpartida, 2011)

### Descripción



Sistema de contención de tierras formado por un enrejado metálico, compuesto por malla hexagonal de triple torsión, el cual, debidamente ensamblado y relleno de piedra o canto rodado, forma una estructura apropiada para soportar las cargas ejercidas por el terreno o la erosión producida por una corriente fluvial. (Malpartida, 2011)

### Características Técnicas de los Materiales

El sistema de muro de gaviones estará constituido por los siguientes componentes:

#### Gavión

Sistema de confinamiento prismático de gran resistencia formado por malla de triple torsión de varias dimensiones, confeccionadas con alambre galvanizado. Existen fundamentalmente dos tipos de gaviones:

#### Gavión Caja

Son elementos de forma rectangular, empleados en la protección de cauces, y como muros de contención. Presentan las siguientes dimensiones:

Tabla 90  
*Tipo de Gaviones*

TIPOS DE GAVIONES						
Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	N.º Diafrag.	Malla 8x10 – 2,7 mm	Malla 5x7- 2,0 mm	PVC
				Unid/paquete	Unid/paquete	
2	1	0,5	1	50	40	25
3	1	0,5	2	40	30	25
4	1	0,5	3	30	25	25
2	1	1	1	40	35	25
3	1	1	2	30	25	25
4	1	1	3	20	20	25

Fuente: <https://desnivel-obras.com>.

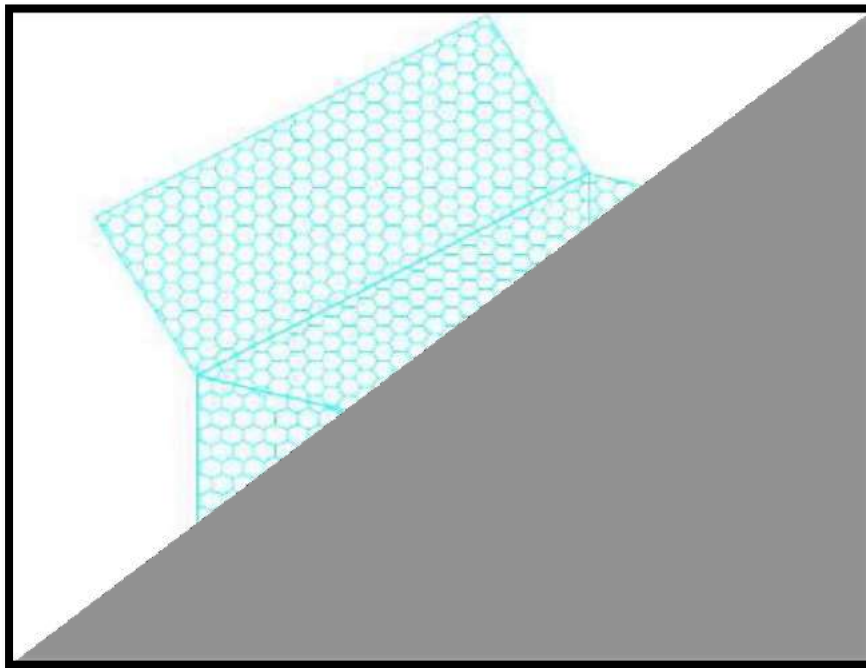


Figura 4: Características y detalle de gavión en forma de caja

Fuente: <https://desnivel-obras.com>.

#### • Gavión Recubrimiento

Los gaviones de recubrimiento son diferentes de los gaviones de caja, éstos presentan una gran amplitud y un menor espesor. Dichos gaviones son utilizados en las obras de protección de los lechos y orillas, tanto en ríos como en torrentes. Presentan las siguientes dimensiones:

Tabla 91  
Tipo de Gaviones.

TIPOS DE GAVIONES			
Largo (m)	Ancho (m)	Malla 5x7 – 2,0 mm	Malla 8x10 – 2,7 mm
		Alto (m)	Alto (m)
3	2	0.2	
4	2	0.2	
3	2		0.3
4	2		0.3

Fuente: <https://desnivel-obras.com>.

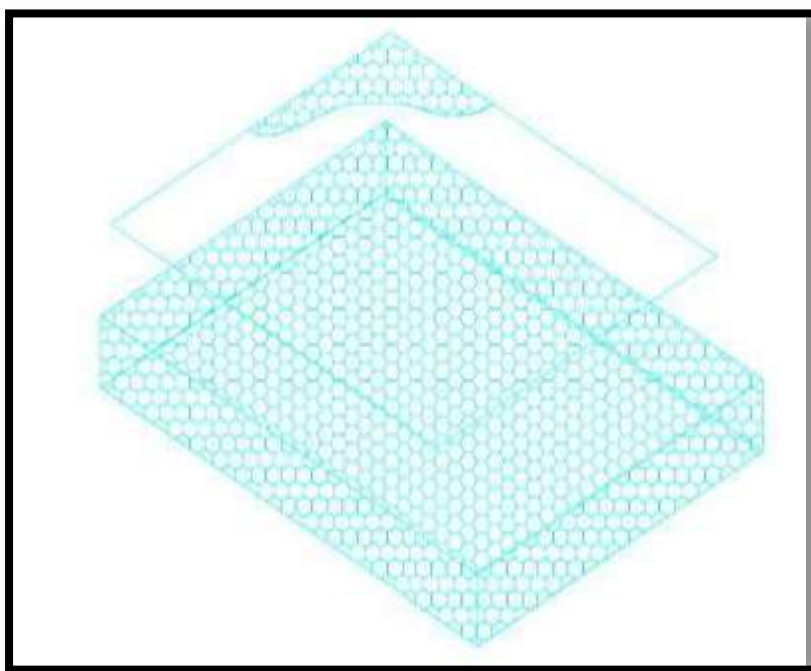


Figura 5: Características y detalle de gavión en forma de caja.

Fuente: <https://desnivel-obras.com>.

Las características técnicas de la malla de triple torsión de acero galvanizado que componen la estructura de los gaviones son las siguientes:

Tabla 92

*Características Técnicas de malla triple torsión*

TIPO MALLA	N.º ALAMBRE	DIÁMETRO ALAMBRE mm	CONTENIDO Zn gr/m <sup>2</sup>	RESISTENCIA A TRACCIÓN N/ml x m de ancho	LARGO mts.	ANCHO mts.	PESO Kg/m <sup>2</sup>
5X7/13	13	2,0	215	33700	100	4	1,13
8X10/16	16	2,7	260	40800	100	4	1,35
8x10/16 + PVC	16	2.7 / 3,7	260	40800	100	4	1,60

Fuente: <https://desnivel-obras.com>.

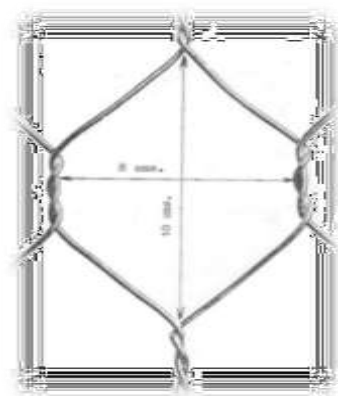


Figura 6:Características Técnicas de malla triple torsión

**Fuente:** <https://desnivel-obras.com>.

- Las dimensiones de la luz de malla serán de 8 cm de ancho por 10 cm de largo en el caso de la malla 8x10/16.
- El calibre del alambre galvanizado es del número 16 que equivale a 2,70 mm de diámetro.
- En el diámetro del alambre se admite una tolerancia después de tejido de  $\pm 2,5\%$ . En las demás características, incluidas tolerancias dimensionales, la malla cumple con la norma UNE-EN 10223-3.
- En relación al recubrimiento de zinc, el alambre cumple con la norma UNE-EN 10244-2, con una cantidad mínima de zinc de 260 gr/m<sup>2</sup>.
- La resistencia media a la tracción del alambre es de 40800 N/m lineal x m de ancho, según norma UNE-EN 10218-2 (Malpartida, 2011)

### **Piedra de Relleno:**

La piedra para emplear en el relleno de gaviones será natural u originario de machaqueo. No deberá de contener en su composición agentes de tipo corrosivo, teniendo que ser resistente a la acción del agua y de los agentes atmosféricos. El tamaño de arista idóneo está entre 10 y 20 cm, y el conjunto total deberá estar correctamente graduado entre

ambos límites, a fin de rellenar el máximo volumen de gavión y hacer una cara vista lo más homogénea posible. (Malpartida, 2011)



*Figura 7:* Detalle de piedras de relleno

Fuente: <https://desnivel-obras.com>.

### **Trabajos previos**

Previo a la ejecución del sistema, se procederá a eliminar los desechos y la capa vegetal en la zona de ejecución de los gaviones. Además, se deberán sustituir los suelos inaceptables, reemplazándolos por material adecuado. (Malpartida, 2011)

### **Ejecución del Sistema**

Una vez realizado el cajeadado necesario según proyecto, la base será nivelada y compactada. El montaje de los gaviones comprende cinco fases diferenciadas: armado, emplazamiento, colocación de encofrados, relleno y cierre.

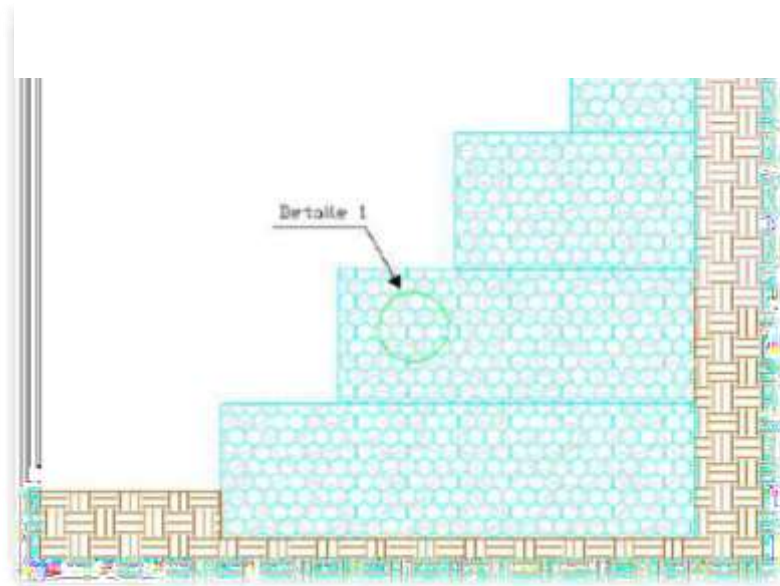
La primera fase, o fase de armado, consiste en el despliegue en el suelo de los gaviones, los cuales serán suministrados en paquetes plegados. Se comenzará por el levantamiento de los lados largos y cortos hasta que coincidan sus aristas contiguas, uniéndose las mismas con alambre galvanizado. Dichas uniones deben estar bien reforzadas, por ello se alternarán torsiones sencillas y dobles con el fin de asegurarlas. A fin de proporcionar una mayor resistencia al gavión, se pueden colocar diafragmas verticales entre las caras opuestas.

La segunda fase, o fase de emplazamiento, consiste en colocar el gavión en el lugar que indique el proyecto, alineándolo correctamente y uniéndolo con los gaviones contiguos mediante alambre galvanizado.

Antes del relleno del gavión, es beneficioso la colocación de encofrados con el fin de evitar la deformación en las caras vistas de los gaviones.

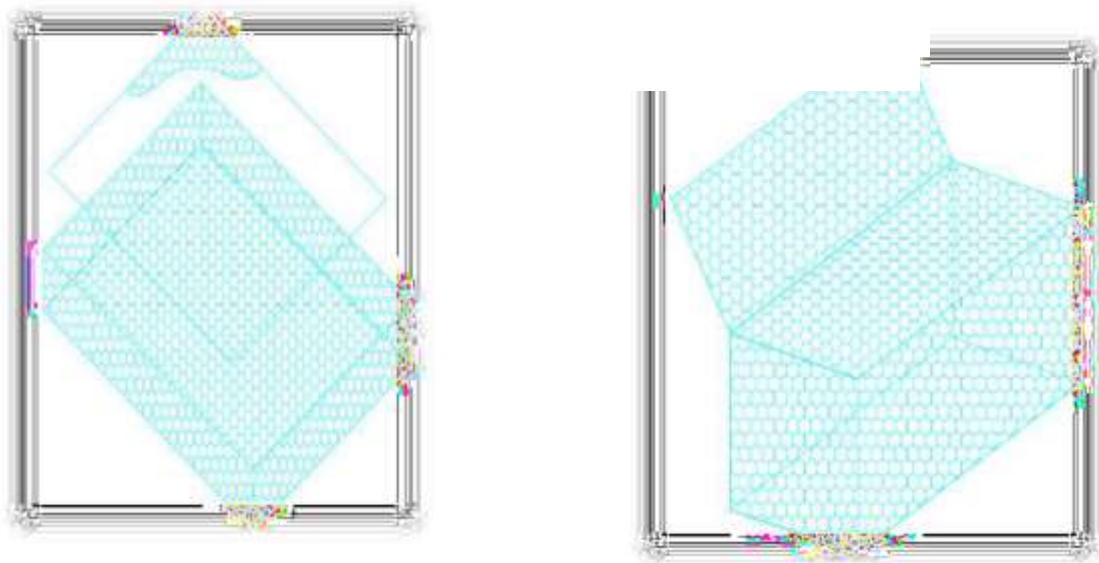
Una vez dispuestos correctamente los diferentes encofrados, se procede al relleno de los gaviones mediante piedra de cantera o canto rodado, con una granulometría mayor de 1.5 veces que la apertura de la malla. En el relleno se debe reducir al mínimo el número de huecos a fin de conferir al gavión el mayor peso posible, y proporcionarle un aspecto de máxima compacidad. (Malpartida, 2011)

El cierre de los gaviones se realiza mediante el cosido con alambre galvanizado de la tapa de estos. Para hacer coincidir las aristas se utilizará normalmente una palanca de acero con el extremo curvo. (Malpartida, 2011)



*Figura 8: Ejemplo de muro de contención*

**Fuente:** <https://desnivel-obras.com>.



*Figura 10: Tipos de gaviones*

Gavión de recubrimiento

Gavión de caja

**Fuente:** <https://desnivel-obras.com>.

### Aplicaciones



Figura 11: Tipo de gaviones y aplicaciones

Fuente: <https://desnivel-obras.com>.

### Cálculo Estructural:

- **Determinación de la superficie de aplicación del empuje activo**

Establece los criterios para el cálculo estructural:

Para determinar la superficie de aplicación del empuje activo hay dos casos a considerar. En el primero de estos casos, la geometría de los gaviones es tal que la cara en contacto con el macizo contenido es plana como se ve en la figura 12 (a). En este caso, el plano de aplicación del empuje activo es claramente definido por esta cara. (Almeida, 2008).

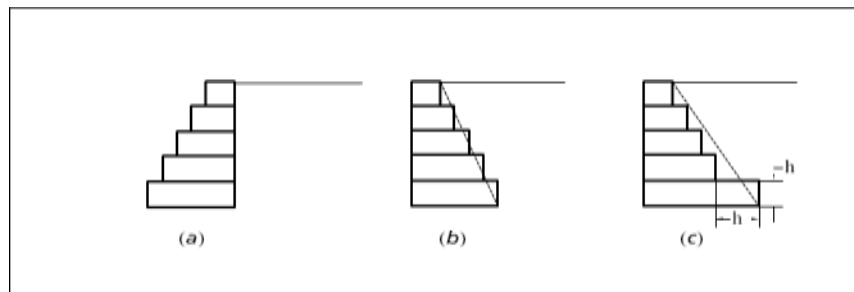


Figura 12: Plano de aplicación del empuje activo Tipo de gaviones

Fuente: (Almeida, 2008)



En el otro caso, demostrado en la figura 11 (b), los gaviones están dispuestos de manera tal que forman escalones en la cara en contacto con el macizo. En este caso es necesario establecer un plano de aplicación del empuje ficticio como lo demostrado en la figura. En el caso que la camada inferior de gaviones de la base se extiende hacia adentro del macizo, como lo desarrollado en la figura 8 (c), se debe adoptar como extremidad inferior de la superficie de aplicación del empuje, un punto situado en la cara inferior de la base de gaviones distante de “h” de la proyección de la camada de gaviones inmediatamente arriba. La porción de la base situada más allá de este punto será estimada como un anclaje del muro en el macizo.

- **Elección de los parámetros del suelo**

Para la determinación del empuje activo que actúa sobre la estructura de contención, es necesario que los parámetros del suelo contenidos sean correctamente seleccionados.

El peso específico puede ser estimado a partir de ensayos “in situ” tal como el embudo de arena. Se puede también calcular el valor del peso específico del material teniendo como partida los valores de la tabla (Almeida, 2008)

Tabla 93  
*Valores típicos del peso específico de suelo.*

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Peso específico [tf/m<sup>3</sup>]</b>
Arena angular, suelta	1,7
Arena angular, compacta	2,0
Arena limosa, suelta	1,8
Arena limosa, compacta	1,9
Limo	1,7 - 1,9
Limo arcilloso	1,6 - 1,8
Arcilla	1,5 - 1,7

---

inorgánica	
Arcilla orgánica	1,3 - 1,6

---

Fuente: elaboración propia. Establece cada uno de los valores para determinados tipos de suelo donde se realizará el estudio.

El valor del ángulo de fricción interno del suelo debe ser determinado a partir de ensayos de resistencia al corte tales como el corte directo a la compresión triaxial.

El análisis de preferencia debe ser hecho en base a las tensiones normales efectivas que actúan en el macizo. Por lo tanto, deben ser efectuados ensayos que permitan determinar la envolvente de la resistencia efectiva del suelo.

Existen también valores tabulados para el ángulo de fricción interno de varios tipos de suelo, como los mostrados en la tabla 1. Esta tabla puede suministrar una estimativa inicial del valor del ángulo de fricción interno del suelo. (Almeida, 2008)

Tabla 94

*Valores típicos del ángulo de fricción interno de suelos no cohesivos.*

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Ángulo de fricción [grados]</b>
Arena angular, suelta	32 – 36
Arena angular, compacta	35 – 45
Arena sub-angular, suelta	30 – 34
Arena sub-angular, compacta	34 – 40
Arena redondeada, suelta	28 – 32
Arena redondeada, compacta	32 – 38
Arena limosa, suelta	25 – 35
Arena limosa, compacta	30 – 36

---

Limo

25 – 35

---

Fuente: elaboración propia. Valores a utilizar en caso de suelos no cohesivos.

“En cuanto a la cohesión del suelo, generalmente esta es tomada como nula “ $c = 0$ ”.

Esto ocurre porque el macizo contenido es un relleno y en este caso el valor de la cohesión efectiva es muy pequeño, lo mismo para los suelos arcillosos.

De cualquier modo, conviene evitar la utilización de materiales con un alto tenor de arcilla en el terraplén. Estos suelos presentan varios problemas. En primer lugar, dificultan el drenaje, pues tienen baja permeabilidad. Además, son muchas veces expansivos cuando hay aumento en la humedad, lo que provoca un aumento en el empuje” (Almeida, 2008)

### **Aspectos éticos.**

En el desarrollo de la presente investigación se tomó en cuenta los siguientes aspectos éticos:

- La Presente investigación se desarrolló respetando las normas de citación para evitar el plagio
- Se puntualizo respetó a la información suministrada por los habitantes del sector.
- Se asumió los aspectos de bioseguridad para realizar la labor de campo respetando la disponibilidad y accesibilidad de zona.
- La información teórica recolecta fue obtenida de páginas de libre acceso, repositorios de bibliotecas, respetado las ideas de los autores.
- Se utilizó las técnicas de referencias para respetar las ideas de los autores consultados.
- La información recolectada no ha sufrido alteraciones.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

los resultados del nivel de peligrosidad por inundación se tomaron en cuenta la forma de caracterización del fenómeno y la susceptibilidad, ésta a la vez se determina mediante los factores condicionantes y desencadenantes.

#### Resultados del valor de la susceptibilidad

**Valor de los factores condicionantes:** como se observa anteriormente los factores condicionantes son altura de cauce, ancho de cauce, pendiente, geomorfología y la cobertura vegetal, de los cuales se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 95

*Valor de susceptibilidad-factores condicionantes*

<b>FACTORES CONDICIONANTES</b>					
<b>ALTURA DE CAUCE</b>	<b>ANCHO DE CAUCE</b>	<b>PENDIENTE</b>	<b>GEOMORFOLOGIA</b>	<b>COBERTURA VEGETAL</b>	<b>VALOR</b>
<b>0.478</b>	0.239	0.12	0.081	0.046	0.43
<b>0.545</b>	0.272	0.068	0.068	0.051	0.31
<b>0.353</b>	0.411	0.103	0.026	0.118	0.13
<b>0.387</b>	0.387	0.235	0.059	0.065	0.05
<b>0.43</b>	0.31		0.13	0.05	0.07

#### Valor de los factores desencadenantes:

Dentro de los factores desencadenantes destacan las precipitaciones pluviales y la intensidad de las mismas.

En este caso ambos parámetros desencadenantes son de igual importancia ya que son los generadores del evento.

En base al análisis se ha dado el siguiente peso ponderado a ambos factores desencadenantes.

Precipitaciones Pluviales: 0.9.

Intensidad media 0.6

Tabla 96

*Valor de Susceptibilidad –Factores desencadenantes*

FACTOR DESENCADENANTE		
<b>PRECIPITACIONES</b>	INTENSIDAD MAXIMA	VALOR
0.586	0.503	0.553
0.218	0.260	0.235
0.124	0.134	0.128
0.072	0.068	0.071
0.600	0.400	

La susceptibilidad se obtiene al sumar los valores de los factores condicionantes y desencadenantes (el peso ponderado para ambos es de 0.6).

Tabla 97

*Valor total de susceptibilidad*

VALOR DE LA SUSCEPTIBILIDAD		
VALOR COND.	VALOR DESEN.	NIVEL PELIGRO
0.510	0.553	1.063
0.237	0.235	0.472
0.141	0.128	0.269
0.113	0.071	0.183
<b>GLOBAL</b>	0.497	

Fuente: Propia

Tabla 98

*Leyenda de peligrosidad-inundación según la leyenda el peligro causado por inundación es alto ya que el valor total de peligro es 0.156*

Abrev.	RANGOS DE PELIGROSIDAD	NIVELES
<b>PMA</b>	0.472 < R >	1.052
<b>PA</b>	0.269 < R >	0.486
<b>PM</b>	0.183 < R <	0.247
<b>PB</b>	R <	0.184

Fuente: Propia

Leyenda de peligrosidad-inundación

Según la leyenda el peligro causado por inundación es muy alto ya que el valor total de peligro global (susceptibilidad) es igual a 0.486

### Resultado de la vulnerabilidad social.

Tabla 99

#### *Matriz de exposición social*

GRUPO ETARIO	SERVICIOS EDUCATIVOS EXPUESTOS	SERVICIOS DE SALUD TERCIARIOS	VALOR
<b>0.503</b>	0.503	0.503	0.409
<b>0.26</b>	0.26	0.26	0.211
<b>0.134</b>	0.134	0.134	0.109
<b>0.068</b>	0.068	0.068	0.055
<b>0.074</b>	0.106	0.633	

Fuente: Propia

Tabla 100

#### *Matriz de fragilidad social*

Material de construcción	Estado de conservación de la vivienda	FRAGILIDAD SOCIAL			Valor
		Configuración de elevaciones	Incumplimiento de proce.constr.		
<b>0.503</b>	0.503	0.503	0.503		0.584
<b>0.26</b>	0.26	0.26	0.26		0.302
<b>0.134</b>	0.134	0.134	0.134		0.156
<b>0.068</b>	0.068	0.068	0.068		0.079
<b>0.473</b>	0.283	0.283	0.122		

Fuente: Propia

Tabla 101

#### *Matriz de resiliencia social.*

RESILIENCIA SOCIAL				
Capacitación en temas de gest. De riesgos	Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres	Actitud frente al riesgo	Campaña de difusión	Valor
<b>0.503</b>	0.503	0.503	0.503	0.454
<b>0.26</b>	0.26	0.26	0.26	0.235
<b>0.134</b>	0.134	0.134	0.134	0.121
<b>0.068</b>	0.068	0.068	0.068	0.061
<b>0.285</b>	0.152	0.42	0.046	

Fuente: Propia

Tabla 102

*Matriz de vulnerabilidad social*

VALOR EXPOSICION	VALOR FRAGILIDAD	VALOR RESILIENCIA	V.SOCIAL
0.409	0.584	0.454	1.447
0.211	0.302	0.235	0.748
0.109	0.156	0.121	0.386
0.055	0.079	0.061	0.196

Fuente: Propia

**Resultados de la vulnerabilidad económica.**

Tabla 103

*Matriz de exposición económica*

Localización del edificio	EXPOSICION			Valor
	Servicios básicos	Material de construcción	Estado de la conservación de la vivienda	
0.503	0.503	0.503	0.503	0.658
0.26	0.26	0.26	0.26	0.340
0.134	0.134	0.134	0.134	0.175
0.068	0.068	0.068	0.068	0.089
0.318	0.219	0.386	0.386	

Fuente: Propia

Tabla 104

*Matriz de la fragilidad económica*

FRAGILIDAD SOCIAL				
Material de construcción	Estado de conservación de la vivienda	Configuración de elevaciones	Incumplimiento de Proce.Constr.	Valor
0.503	0.503	0.503	0.503	0.584
0.26	0.26	0.26	0.26	0.302
0.134	0.134	0.134	0.134	0.156
0.068	0.068	0.068	0.068	0.079
0.473	0.283	0.283	0.122	

Fuente: Propia

Tabla 105

*Matriz de la resiliencia*

RESILIENCIA			
Población económicamente	Ingreso familiar promedio	Organización y capacitación	Valor

Activades			
<b>0.503</b>	0.503	0.503	0.464
<b>0.26</b>	0.26	0.26	0.240
<b>0.134</b>	0.134	0.134	0.124
<b>0.068</b>	0.068	0.068	0.063
<b>0.159</b>	0.501	0.263	

Fuente: Propia

Tabla 106

*Matriz de la vulnerabilidad económica*

VALOR EXPOSICION	VALOR FRAGILIDAD	VALOR RESILIENCIA	V.ECONOMICA
<b>0.658</b>	0.584	0.464	1.707
<b>0.340</b>	0.302	0.240	0.882
<b>0.175</b>	0.156	0.124	0.455
<b>0.089</b>	0.079	0.063	0.231

Fuente: Propia

Tabla 107

*Matriz vulnerabilidad global*

VULNERABILIDAD SOCIAL	VULNERABILIDAD ECONOMICA	VULNERABILIDAD GLOBAL
1.447	1.707	1.577
0.748	0.882	0.815
0.386	0.455	0.420
0.196	0.231	0.213
<b>Promedio</b>		0.756

Fuente: Propia

Tabla 108

*Leyenda de la vulnerabilidad social*

<b>LEYENDA</b>		
Abrev.	Vulnerabilidad	Rango ( R)
PMA	Vulnerabilidad muy alta	$0.818 < R \leq 1.577$
PA	Vulnerabilidad alta	$0.420 < R \leq 0.815$
PMA	Vulnerabilidad media	$0.213 < R \leq 0.420 R$
PB	Vulnerabilidad media	$\leq 0.213$



Según la leyenda la vulnerabilidad social es alta.

### Resultado del riesgo

Tabla 109

*Matriz de riesgo*

NIVEL DE PELIGRO	VULNERABILIDAD	RIESGO
1.063	1.577	1.676
0.472	0.815	0.384
0.269	0.420	0.113
0.183	0.213	0.039
		0.553

Fuente: Propia

Tabla 110

*Leyenda del riesgo*

LEYENDA		
Abrev.	RIESGO	Rango ( R)
RMA	Riesgo muy alto	$0.384 < R \leq 1.676$
RA	Riesgo alto	$0.113 < R \leq 0.384$
RM	Riesgo medio	$0.039 < R \leq 0.113$
RB	Riesgo bajo	$R \leq 0.39$

El riesgo ante el fenómeno de inundación es alto.

### Resultados de valor de susceptibilidad

#### Valor de factores condicionantes

Tabla 111

*Valor de susceptibilidad factores condicionantes*

FACTORES CONDICIONANTES										
ALTURA CAUCE	DE	ANCHO CAUCE	DE	PENDIENTE	GEOMOFOLOGÍA	COBERT. VEGETAL				
PARÁM .	DESCRI P	PARÁM .	DESCRI P	PARÁ M	DESCRI P	PARÁ M	DESCRI P	PARÁ M	DESCRI P	VALO R
0.57	0.236	0.27	0.056	0.136	0.326	0.052	0.281	0.072	0.492	0.22

Fuente :Propia

Del Valor de factores desencadenantes

De los factores desencadenantes sobresalen las precipitaciones pluviales y la intensidad de las mismas.

Donde es el caso ambos parámetros desencadenantes son de igual importancia ya que son los generadores del evento.

En base al análisis se ha dado el siguiente peso ponderado a ambos factores desencadenantes.

Precipitaciones Pluviales: 0.6.

Intensidad media 0.4

### Tabla 112

*Valor de Susceptibilidad Factores desencadenantes*

FACTORES DESENCADENANTES PRECIPITACIÓN		VALOR INTENSIDAD MEDIA		
PARÁM.	DESCRIP.	PARÁM.	DESCRIP.	
0.6	0.586	0.400	0.260	0.456

Fuente :Propia

La susceptibilidad se obtiene al sumar los valores de los factores condicionantes y desencadenantes (el peso ponderado para ambos es de 0.5).

### Tabla 113

*Valor total de susceptibilidad*

SUSCEPTIBILIDAD				
FACTOR CONDICIONANTE		FACTOR DESENCADENANTE		Valor
VALOR	PESO	VALOR	PESO	
0.22	0.5	0.456	0.5	0.676

Fuente :Propia

Tabla 114  
*Leyenda de peligrosidad inundación*

LEYENDA		
Abrev.	Nivel de peligro	Rango ( R)
PMA	Peligro muy alto	$0.472 < R \leq 1.063$
PA	Peligro alto	$0.269 < R \leq 0.472$
PMA	Peligro medio	$0.183 < R \leq 0.269$
PB	Peligro bajo	$R \leq 0.183$

Fuente: CENEPRED

Según la leyenda el peligro está en el rango de muy alto.

### Resultados de valor de vulnerabilidad social.

Tabla 115  
*Valor de la exposición social*

EXPOSICIÓN SOCIAL							VALOR
GRUPO ETARIO		SERVICIOS EDUCATIVOS EXPUESTOS		SERVICIO DE SALUD			
PARAMETRO	DESCRIPTOR	PARAMETRO	DESCRIPTOR	PARAMETRO	DESCRIPTOR		
0.26	0.134	0.106	0.035	0.633	0.035	0.061	

Fuente: Propia

Tabla 116  
*Valor de la fragilidad social*

FRAGILIDAD SOCIAL								VALOR
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN		ESTADO DE CONSERVACIÓN		CONFIGURACIÓN DE ELEVACIÓN		CUMPLIMIENTO DE PROCEDIMIENTO		
PARAMETRO	DESCRIPTOR	PARAMETRO	DESCRIPTOR	PARAMETRO	DESCRIPTOR	PARAMETRO	DESCRIPTOR	
0.473	0.035	0.283	0.068	0.283	0.068	0.122	0.26	0.087

Fuente: Propia

Tabla 117  
*Valor de la resiliencia social*

RESILIENCIA SOCIAL								
CAPACITACIÓN		CONOCIMIENTO DE DESASTRES PASADOS		ACTITUD FRENTE AL RIESGO		CAMPAÑA DE DIFUSIÓN		VA LO R
PARAM ETRO	DESCR IPTOR	PARA METRO	DESCR PTOR	PARAM ETRO	DESCR PTOR	PARA METRO	DESCR IPTOR	
0.285	0.503	0.152	0.134	0.421	0.260	0.046	0.503	0.296

Fuente: Propia

Tabla 118  
*Valor de la vulnerabilidad social*

Factores	PP	zona
Exposición		0.061
Fragilidad		0.087
Resiliencia		0.296
Valor		0.444

Fuente: Propia

Tabla 119  
*Ubicación del valor en la leyenda de vulnerabilidad.*

LEYENDA		
Abrev.	Vulnerabilidad	Rango ( R )
PMA	Vulnerabilidad muy alto	$0.815 < R \leq 1.577$
PA	Vulnerabilidad alto	$0.420 < R \leq 0.815$
PMA	Vulnerabilidad medio	$0.213 < R \leq 0.420$
PB	Vulnerabilidad bajo	$R \leq 0.213$

Fuente: Propia

### Resultados de la vulnerabilidad económica.

Tabla 120  
*Ubicación del valor en la leyenda de vulnerabilidad.*

EXPOSICIÓN ECONÓMICA				
LOCALIZACIÓN DE EDIFICIOS		SERVICIOS BÁSICOS		VALOR
PARAMETRO	DESCRIPTOR	PARAMETRO	DESCRIPTOR	
0.464	0.503	0.219	0.035	0.241

Fuente: Propia

Tabla 121  
*Valor de la fragilidad económica*

<b>FRAGILIDAD</b>										
<b>MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN</b>		<b>ESTADO DE CONSERVACIÓN</b>		<b>ANTIGÜEDAD DE CONSTRUCCIÓN</b>		<b>INCUMPLIMIENTO DE PROCESOS</b>		<b>CONFIGURACIÓN DE ELEVACIÓN</b>		<b>VALOR</b>
PARAME TRO	DESCRIP TOR	PARA METRO	DESCRIP TOR	PARA METRO	DESCRIP TOR	PARA METRO	DESCRIP TOR	PARA METRO	DESCRIP TOR	
0.467	0.035	0.386	0.068	0.111	0.068	0.156	0.260	0.068	0.068	0.095

Fuente: Propia

Tabla 122  
*Valor de la resiliencia*

<b>RESILIENCIA</b>						
<b>PEA</b>		<b>INGRESO FAMILIAR PROM.</b>		<b>CAPACITACION EN TEMAS DE GESTIÓN</b>		<b>VALOR</b>
PARAME TRO	DESCRIP TOR	PARAME TRO	DESCRIP TOR	PARAME TRO	DESCRIP TOR	
0.159	0.134	0.501	0.134	0.263	0.260	0.157

Fuente: Propia

Tabla 123  
*Valor de la vulnerabilidad económica*

<b>Factores</b>	<b>PP</b>	<b>zona de est,</b>
Exposición		0.241
Fragilidad		0.095
Resiliencia		0.157
Valor		0.493

Fuente: Propia

Tabla 124  
*Valor de la vulnerabilidad total*

<b>VULNERABILIDAD TOTAL</b>					
<b>SOCIAL</b>			<b>ECONÓMICA</b>		<b>VALOR</b>
VALOR	PESO		VALOR	PESO	
0.444	0.5		0.493	0.5	0.937

Fuente: Propia

Resultado del riesgo

Tabla 125

*Cálculo de riesgo*

SUSCEPTIBILIDAD	VULNERABILIDAD	RIESGO
0.676	0.937	1.613

Fuente: Propia

Tabla 126

*Leyenda del riesgo*

LEYENDA		
Abrev.	RIESGO	Rango ( R)
RMA	Riesgo muy alto	$0.384 < R \leq 1.676$
RA	Riesgo alto	$0.113 < R \leq 0.384$
RM	Riesgo medio	$0.039 < R \leq 0.113$
RB	Riesgo bajo	$R \leq 0.039$

Fuente: Propia

### Áreas y Calles Inundables por Desborde de la Quebrada los chilcos

Abarca la urbanización los eucaliptos y, parte de la urbanización 2010.

### Caudal de Máximas Avenidas de la Quebrada los chilcos

Considerando que la quebrada los chilcos es un colector primario situado en zona de mediana densidad poblacional, el caudal máximo se establece para un período de retorno de 140 y 500 años.

De acuerdo al método Racional, el Coeficiente de escorrentía se estima de 0.50 según las características geomorfológicas y de cobertura vegetal del área de drenaje de la quebrada.

Se ha seleccionado como punto de descarga la intersección del cauce con el av. las vegonias , por ser la zona más peligrosa de desbordes. El caudal máximo resulta de 21.7 m<sup>3</sup>/s. La intensidad media máxima se ha tomado de la familia de curvas Intensidad-Frecuencia- Duración de la estación hidrometeorológica Augusto Weberbauer ubicada a 2673 m de altitud, y se ha transpuesto a la altitud media de la cuenca de la quebrada los chilcos , 2689 m.s.n.m.

### Vulnerabilidades en época de lluvias en la quebrada los chilcos

Son áreas que están en proceso de urbanización y lotización para asentamientos humanos. existe un sólo dos punto de desbordes de la quebrada los chilcos en la parte baja de la I:E

Julio Ramon Ribeyro en esta área se puede apreciar que no existe trabajos de descolmatación, donde existe plantaciones de eucaliptos en las riberas de la quebrada, además se observa que existe la necesidad de la construcción de un puente ya que la población tiene que descender hacia en cause de la quebrada para cruzar, dicha acción sería de muy alto riesgo en caso de una fuerte escorrentía y por otro lado. en la zona colindante con la urbanización. Las áreas próximas a este punto de desbordes se aprecia que existe evidencias de inundación en años anteriores en los meses de fuertes precipitaciones,

Se descubre dentro de esta zona una parte de la urbanización 2010 hay alrededor de veinte viviendas junto a la rivera están expuestas a sufrir daños por desborde de la quebrada de 2.50 m de ancho por 1.5 m de profundidad que trabaja como pequeño dren en los meses lluviosos, pero su capacidad hidráulica es insuficiente para conducir la escorrentía superficial.

### **Análisis de intensidad de máximas precipitaciones**

De la información asentada de intensidades máximas de precipitación de la estación pluviométrica de la estación Weberbauer, advertidos entre los periodos de 1970 a 2021, y la realización del análisis probabilístico, intervalo de retorno y su distribución de probabilidad (Distribución Gumbel).

Tabla 127

*Intensidades máximas estación A. Weberbauer - Cajamarca 1970 – 2021.*

<b>ESTACIÓN</b>		<b>AUGUSTO WEBERBAUER</b>												
<b>PARÁMETRO</b>	<b>PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)</b>													
<b>LATITUD</b>	<b>7°10'2.98" S</b>											<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>CAJAMARCA</b>	
<b>LONGITUD</b>	<b>78°29'35.14" W</b>											<b>PROVINCIA</b>	<b>CAJAMARCA</b>	
<b>ALTITUD</b>	<b>2673</b>	<b>m.s.n.m.</b>										<b>DISTRITO</b>	<b>CAJAMARCA</b>	
<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>PPmax</b>	
<b>1970</b>	20.50	8.80	18.90	8.20	11.00	8.20	1.70	2.50	7.60	22.00	15.30	10.10	<b>22.00</b>	
<b>1971</b>	9.40	17.90	21.70	23.30	3.40	4.00	6.60	3.30	8.20	12.80	7.30	10.60	<b>23.30</b>	
<b>1972</b>	9.10	19.20	15.20	22.10	4.30	1.30	1.80	11.50	S/D.	9.90	18.80	10.60	<b>22.10</b>	
<b>1973</b>	12.40	12.70	11.30	13.90	9.50	8.20	3.30	5.20	28.60	9.00	14.60	13.70	<b>28.60</b>	
<b>1974</b>	10.40	16.20	15.00	18.20	3.70	6.40	2.60	8.90	13.10	21.40	8.10	16.70	<b>21.40</b>	
<b>1975</b>	20.40	30.70	37.90	30.00	10.90	2.50	3.90	5.60	10.20	15.50	20.80	0.30	<b>37.90</b>	
<b>1976</b>	28.40	16.10	16.40	15.20	23.10	11.40	0.10	2.80	3.90	13.20	24.00	9.90	<b>28.40</b>	
<b>1977</b>	37.40	19.40	29.20	16.00	11.60	2.40	7.30	0.10	6.20	11.50	12.10	11.60	<b>37.40</b>	
<b>1978</b>	3.90	7.40	8.70	9.60	18.00	3.80	1.90	3.80	8.00	6.40	12.00	10.80	<b>18.00</b>	
<b>1979</b>	20.60	17.00	24.00	5.80	4.00	1.80	4.90	8.10	11.80	13.80	6.90	19.70	<b>24.00</b>	
<b>1980</b>	10.40	9.90	15.60	7.40	3.00	10.70	1.40	3.60	2.20	28.80	16.90	22.10	<b>28.80</b>	
<b>1981</b>	21.00	18.80	25.90	10.10	4.90	4.00	4.70	6.60	8.00	14.70	9.70	28.20	<b>28.20</b>	

<b>1982</b>	25.80	41.10	17.00	30.50	13.20	3.60	1.10	6.40	9.70	14.90	18.50	23.00	<b>41.10</b>
<b>1983</b>	16.30	28.40	28.10	18.30	8.30	4.70	6.50	1.20	9.70	18.20	6.80	32.50	<b>32.50</b>
<b>1984</b>	7.30	18.40	25.80	10.00	16.30	9.00	10.80	12.60	16.60	16.10	25.90	17.60	<b>25.90</b>
<b>1985</b>	7.70	6.40	6.60	12.40	14.70	0.40	3.40	6.10	7.40	16.20	5.80	8.10	<b>16.20</b>
<b>1986</b>	11.80	11.90	27.30	16.70	9.00	0.40	0.70	5.10	1.10	11.60	14.40	7.00	<b>27.30</b>
<b>1987</b>	13.90	20.60	9.70	15.40	2.30	1.50	4.00	9.00	8.00	8.60	22.80	18.20	<b>22.80</b>
<b>1988</b>	21.40	18.30	8.30	16.00	2.40	3.60	0.00	0.40	6.30	10.30	17.50	10.70	<b>21.40</b>
<b>1989</b>	12.00	25.70	16.50	14.20	15.40	3.60	1.60	2.90	19.20	27.20	17.40	1.20	<b>27.20</b>
<b>1990</b>	18.00	20.50	9.20	12.20	8.60	4.80	0.80	6.20	13.20	13.70	17.30	25.40	<b>25.40</b>
<b>1991</b>	8.60	29.10	22.30	13.90	5.80	0.50	0.30	0.30	3.90	9.70	10.50	26.10	<b>29.10</b>
<b>1992</b>	10.70	7.30	12.70	9.70	7.60	12.80	3.30	3.30	10.00	15.60	8.60	10.00	<b>15.60</b>
<b>1993</b>	8.70	14.60	26.50	10.20	9.50	1.50	3.30	1.90	20.10	24.40	18.60	15.60	<b>26.50</b>
<b>1994</b>	18.00	13.00	34.10	16.70	5.60	2.20	0.00	0.20	2.50	7.20	22.00	32.20	<b>34.10</b>
<b>1995</b>	11.50	20.10	15.30	26.50	5.20	1.30	8.10	6.10	4.70	16.20	19.50	15.20	<b>26.50</b>
<b>1996</b>	12.90	24.10	15.00	13.70	6.20	0.40	0.40	3.50	6.40	12.80	35.50	10.50	<b>35.50</b>
<b>1997</b>	14.10	21.00	8.40	8.30	7.50	9.90	0.20	0.00	9.90	13.20	21.30	19.90	<b>21.30</b>
<b>1998</b>	13.10	25.20	32.20	14.60	5.20	4.10	1.30	3.50	4.60	17.70	13.50	10.50	<b>32.20</b>
<b>1999</b>	24.40	44.50	13.40	9.70	12.10	7.00	13.70	1.00	12.70	13.80	23.70	13.20	<b>44.50</b>
<b>2000</b>	9.60	21.10	28.80	15.10	11.40	5.40	1.80	5.30	10.90	3.10	13.60	30.00	<b>30.00</b>
<b>2001</b>	27.80	16.70	23.90	15.90	17.10	0.90	6.90	0.00	5.40	10.20	20.40	18.20	<b>27.80</b>
<b>2002</b>	8.20	9.90	19.90	18.70	12.90	5.20	3.00	3.40	3.40	20.20	21.00	12.00	<b>21.00</b>
<b>2003</b>	19.80	12.80	27.70	12.50	7.30	10.50	1.60	6.10	6.70	10.40	17.20	17.40	<b>27.70</b>
<b>2004</b>	9.80	21.50	8.30	9.10	11.50	0.90	5.30	10.20	6.00	8.70	29.00	22.30	<b>29.00</b>
<b>2005</b>	20.80	10.50	16.50	10.80	3.60	3.50	0.40	3.50	14.30	12.50	13.50	12.30	<b>20.80</b>
<b>2006</b>	17.20	16.90	18.40	12.20	3.00	5.00	1.10	5.40	9.70	5.00	14.30	12.30	<b>18.40</b>
<b>2007</b>	13.90	7.60	22.10	12.30	6.30	1.40	3.00	3.30	10.20	18.00	17.10	18.60	<b>22.10</b>
<b>2008</b>	24.10	15.80	22.80	26.80	4.90	7.30	1.50	4.80	10.60	11.20	20.20	0.80	<b>26.80</b>
<b>2009</b>	23.80	12.50	25.50	24.10	16.00	7.00	5.30	0.90	5.00	13.10	22.20	12.00	<b>25.50</b>
<b>2010</b>	12.70	30.40	20.60	31.80	14.20	2.50	2.20	1.30	8.70	16.00	16.10	22.10	<b>31.80</b>
<b>2011</b>	16.80	20.80	23.60	21.80	7.70	0.40	5.10	0.00	11.70	12.80	5.20	18.80	<b>23.60</b>
<b>2012</b>	18.00	27.70	28.30	14.50	9.30	0.50	0.00	1.90	12.80	20.50	27.50	23.20	<b>28.30</b>
<b>2013</b>	13.80	13.80	43.80	18.30	10.20	4.50	2.50	4.30	1.90	23.20	6.10	9.30	<b>43.80</b>
<b>2014</b>	25.20	10.90	28.90	22.00	6.00	2.40	2.00	1.70	6.60	16.20	11.60	19.60	<b>28.90</b>
<b>2015</b>	25.20	18.10	30.20	12.90	15.80	2.30	3.10	0.10	24.90	4.00	22.10	8.70	<b>30.20</b>
<b>2016</b>	14.00	21.50	19.80	13.20	2.60	0.60	1.40	1.00	19.20	14.30	3.50	9.10	<b>21.50</b>
<b>2017</b>	16.00	16.30	17.00	14.60	6.70	7.40	2.30	8.20	8.00	17.10	25.00	51.80	<b>51.80</b>
<b>2018</b>	16.80	34.60	18.50	12.20	7.20	5.20	0.40	0.00	11.20	13.70	14.00	16.20	<b>34.60</b>
<b>2019</b>	14.60	14.80	25.50	12.90	8.50	4.90	4.40	0.00	3.00	19.00	15.70	20.20	<b>25.50</b>
<b>2020</b>	11.40	6.50	11.90	S/D.	S/D.	S/D.	10.90	0.40	5.10	14.60	17.20	14.40	<b>17.20</b>
<b>2021</b>	15.50	24.90	29.10	31.50	9.80	2.70	1.60	4.70	5.70	20.60	23.20	11.90	<b>31.50</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>16.1</b>	<b>18.7</b>	<b>20.8</b>	<b>15.9</b>	<b>8.9</b>	<b>4.2</b>	<b>3.2</b>	<b>3.8</b>	<b>9.3</b>	<b>14.4</b>	<b>16.6</b>	<b>16.2</b>	<b>27.8</b>
<b>DESV. EST.</b>	<b>6.6</b>	<b>8.3</b>	<b>8.2</b>	<b>6.5</b>	<b>4.8</b>	<b>3.3</b>	<b>3.0</b>	<b>3.2</b>	<b>5.7</b>	<b>5.5</b>	<b>6.7</b>	<b>8.9</b>	<b>7.4</b>
<b>MÁXIMO</b>	<b>37.4</b>	<b>44.5</b>	<b>43.8</b>	<b>31.8</b>	<b>23.1</b>	<b>12.8</b>	<b>13.7</b>	<b>12.6</b>	<b>28.6</b>	<b>28.8</b>	<b>35.5</b>	<b>51.8</b>	<b>51.8</b>
<b>MÍNIMO</b>	<b>3.9</b>	<b>6.4</b>	<b>6.6</b>	<b>5.8</b>	<b>2.3</b>	<b>0.4</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>1.1</b>	<b>3.1</b>	<b>3.5</b>	<b>0.3</b>	<b>15.6</b>
<b>N° Datos</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>51</b>	<b>51</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>52</b>

Fuente: Datos obtenidos de estación A. Weberbauer - Cajamarca SENAMHI

Elaboración: Propia



Tabla 128

Tabla. Intensidades máximas de precipitación mediante modelo Gumbel – estación pluviométrica A. Weberbauer (altitud 2673 msnm), cuenca quebrada los chilcos.

TR	Ppt. Máx.	Duración (minutos)					
		24 Horas	5	10	15	20	30
años							
500	67.86	16.47	19.59	21.68	23.30	25.78	30.66
100	57.41	13.94	16.57	18.34	19.71	21.81	25.94
50	52.89	12.84	15.27	16.90	18.16	20.09	23.90
25	48.33	11.73	13.95	15.44	16.59	18.36	21.84
20	46.86	11.37	13.53	14.97	16.09	17.80	21.17
10	42.19	10.24	12.18	13.48	14.48	16.03	19.06
5	37.33	9.06	10.78	11.93	12.82	14.18	16.87
2	29.99	7.28	8.66	9.58	10.30	11.39	13.55

Fuente: Datos obtenidos de estación A. Weberbauer - Cajamarca SENAMHI  
Elaboración: Propia

### Estimación de caudales máximos.

#### ✓ Coeficiente de escorrentía.

El valor del coeficiente de escorrentía de la cuenca, calculando la pendiente del terreno, cobertura vegetal y tipo de suelo, con apoyo del software ArcGIS, estableció un valor de **0.498**.

#### ✓ Intensidad

Con los datos referentes a las intensidades transferidas para diferentes periodos de retorno como múltiples duraciones, se estableció la siguiente ecuación de intensidad, que es válida para la cuenca

Tabla 129: Ecuación de Intensidad Cuenca.

Ecuación	R	R <sup>2</sup>	Se
$I_{máx} = 273.2708 * T^{(0.1321)} * D^{(-0.6292)}$	0.9973	0.9945	6.2591

Fuente: Elaboración propia.

Con la ecuación de ajuste de  $I_{m\acute{a}x}$ , se empezó a establecer las intensidades para los diferentes intervalos de duración para luego graficar las curvas IDF para los distintos periodos de retorno.

Tabla 130  
Intensidades máximas (mm/h) cuenca.

TR años	Ppt. Máx. 24 Horas	Duración (minutos)					
		5	10	15	20	30	60
500	67.86	197.70	117.50	86.70	69.90	51.60	30.70
100	57.41	167.20	99.40	73.40	59.10	43.60	25.90
50	52.89	154.10	91.60	67.60	54.50	40.20	23.90
25	48.33	140.80	83.70	61.80	49.80	36.70	21.80
20	46.86	136.50	81.20	59.90	48.30	35.60	21.20
10	42.19	122.90	73.10	53.90	43.50	32.10	19.10
5	37.33	108.80	64.70	47.70	38.40	28.40	16.90
2	29.99	87.40	51.90	38.30	30.90	22.80	13.60

*Fuente:* Elaboración propia.

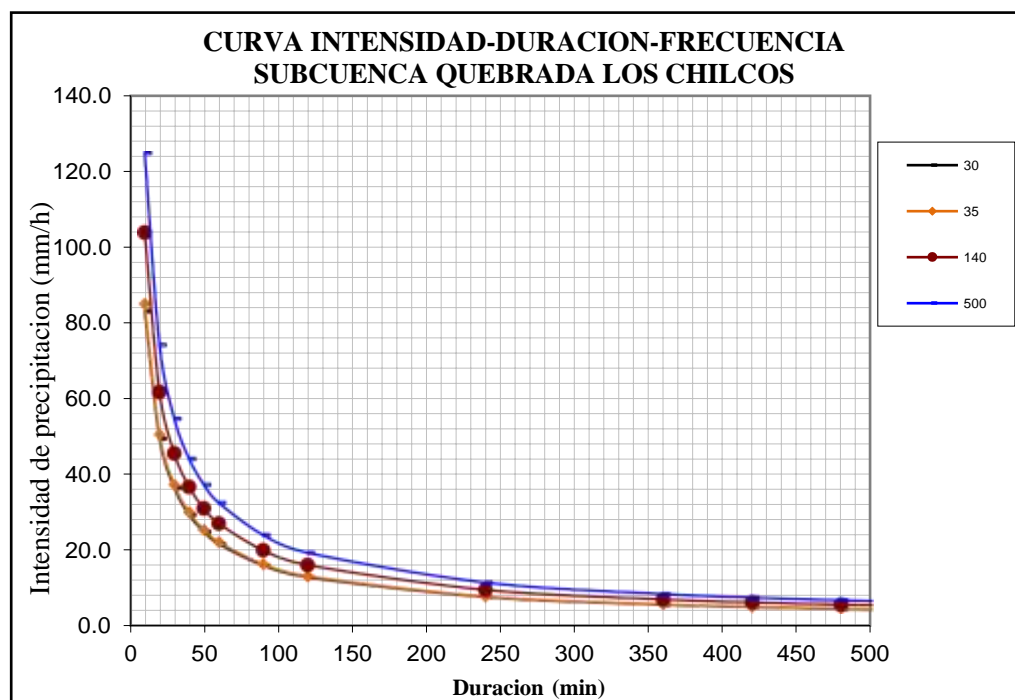


Figura 13 Curva IDF – Cuenca.

*Fuente:* Elaboración propia.

Además, se determinó la intensidad respectiva para el tiempo de concentración de la cuenca, tomando en cuenta el periodo de retorno ( $T_r$ ), para

luego después determinar el caudal al respecto de cada ítem evaluado.

Tabla 131

*Intensidades de cuenca.*

Subcuenca Quebrada los Chilcos											
DURACIÓN		PERÍODO DE RETORNO (años)									
Hr	min	2	5	10	20	30	35	50	140	200	500
0.17	10.00	56.23	64.17	70.91	78.36	83.08	84.94	89.43	103.73	109.20	124.62
0.33	20.00	33.44	38.16	42.17	46.60	49.41	50.52	53.18	61.69	64.95	74.12
0.50	30.00	24.68	28.16	31.12	34.39	36.46	37.28	39.24	45.52	47.92	54.69
0.67	40.00	19.89	22.70	25.08	27.72	29.39	30.05	31.63	36.69	38.63	44.08
0.83	50.00	16.83	19.20	21.22	23.45	24.86	25.42	26.76	31.04	32.68	37.29
1.00	60.00	14.68	16.75	18.51	20.45	21.68	22.17	23.34	27.07	28.50	32.53
1.50	90.00	10.83	12.36	13.66	15.09	16.00	16.36	17.22	19.98	21.03	24.00
2.00	120.00	8.73	9.96	11.01	12.16	12.90	13.19	13.88	16.10	16.95	19.34
4.00	240.00	5.19	5.92	6.55	7.23	7.67	7.84	8.26	9.58	10.08	11.50
6.00	360.00	3.83	4.37	4.83	5.34	5.66	5.79	6.09	7.07	7.44	8.49
7.00	420.00	3.41	3.89	4.30	4.76	5.04	5.15	5.43	6.30	6.63	7.56
8.00	480.00	3.09	3.52	3.89	4.30	4.56	4.66	4.91	5.70	6.00	6.84
10.00	600.00	2.61	2.98	3.29	3.64	3.86	3.95	4.15	4.82	5.07	5.79
11.00	660.00	2.43	2.77	3.07	3.39	3.59	3.67	3.87	4.49	4.72	5.39
12.00	720.00	2.28	2.60	2.87	3.17	3.37	3.44	3.62	4.20	4.42	5.05
24.00	1440.00	1.35	1.55	1.71	1.89	2.00	2.05	2.15	2.50	2.63	3.00

*Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 132

*Caudales máximos.*

Periodo de Retorno (Años)	Coefficiente de Escorrentía	Intensidad (mm/hr)	Área (Km <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
140	0.498	17.29	16.451	<b>25.31</b>
500		20.77		<b>30.41</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

Nivel de riesgo de Inundación de la quebrada los chilcos y el grado de vulnerabilidad que existe en la zona de estudio.

La velocidad y el calado del agua son fundamentalmente los factores clave en el grado de afección de las inundaciones. Los daños pueden ser significativamente pequeños cuando

los volúmenes de agua son mínimos, o muy severos cuando la velocidad o altura del agua son elevadas, trasladando sedimento en gran cantidad, objetos, ramas, etc.

Como consecuencia se definieron las zonas cubiertas por los niveles máximos alcanzados para las avenidas de, por lo menos, los intervalos de retorno de 140 y 500 años respectivamente que a continuación se muestra:

#### RESULTADOS PARA TR = 140 AÑOS

Los resultados conseguidos para este escenario atañen a un 25.31 m<sup>3</sup>/s, que es el máximo caudal. Lo cual produce en ciertos sectores superar las dimensiones de la quebrada en 4.7 m.

#### Áreas de inundación

La determinación de las áreas inundables, en el instante en que se da la máxima inundación, para un periodo de retorno de 140 años, se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 133  
*Áreas inundables totales para Tr = 140 años.*

Zonas	Área Inundable (ha)
Quebrada los chilcos	3.07
<b>Total</b>	<b>3.07</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

#### Identificación de zonas críticas

Sabiendo el área de inundación, se pudo identificar las áreas donde la altura del tirante de agua consigue ciertos valores, determinados según el Real Decreto 9/2008 del gobierno de España, quienes originan daños graves sobre los bienes y las personas, cuando las situaciones hidráulicas durante la avenida cumplen una o más de las condiciones siguientes:

- Que el calado esté por encima de 1 m.
- Que la velocidad esté por encima de 1 m/s.

- Que el producto de ambas variables esté por encima de  $0.5 \text{ m}^2/\text{s}$ .

Teniendo en cuenta esta normativa es que el software IBER, ejecuta el cálculo de peligrosidad.

En la siguiente tabla se puede apreciar que un área considerable de la zona de estudio muestra un nivel de Alta peligrosidad.

Tabla 134  
Áreas de máxima peligrosidad para  $Tr = 140$  años.

PELIGROSIDAD	MARGEN IZQUIERDA	MARGEN DERECHA	TOTAL
Sin Peligrosidad	0.03 ha	0.33 ha	<b>0.36 ha</b>
Peligrosidad Moderada	0.03 ha	1.15 ha	<b>1.18 ha</b>
Peligrosidad Alta	0.08 ha	1.45 ha	<b>1.53 ha</b>
<b>TOTAL</b>	<b>0.14 ha</b>	<b>2.93 ha</b>	<b>3.07 a</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

## RESULTADOS PARA $TR = 500$ AÑOS

Los resultados alcanzados para este escenario de modelamiento conciernen a un caudal de  $30.41 \text{ m}^3/\text{s}$ , se logra alcanzar tirantes máximos de 2.22 m.

### Áreas de inundación

La determinación de las áreas inundables, en el instante en que se da la máxima inundación, para un periodo de retorno de 500 años, se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 135: Áreas inundables totales para  $Tr = 500$  años.

Zonas	Área Inundable (ha)
Quebrada los chilcos	4.01
<b>Total</b>	<b>4.01</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

#### **Identificación de zonas críticas**

Sabiendo el área de inundación, se pudo identificar las áreas donde la altura del tirante de agua consigue ciertos valores, determinados según el Real Decreto 9/2008 del gobierno de España, quienes originan daños graves sobre los bienes y las personas, cuando las situaciones hidráulicas durante la avenida cumplen una o más de las condiciones siguientes:

- Que el calado esté por encima de 1 m.
- Que la velocidad esté por encima de 1 m/s.
- Que el producto de ambas variables esté por encima de 0.5 m<sup>2</sup>/s.

En la siguiente tabla se puede apreciar que un área considerable de la zona de estudio demuestra un nivel de Alta peligrosidad.

#### **Rango defino para cada nivel de intensidad por inundación**

Los datos utilizados para la presente investigación se agruparon por aquellos cuyas características de la zona representaran amenazas y que de producirse un evento mayor. Para ello se determinó la intensidad de agua. Los datos se obtuvieron de la estación de Augusto Weberbauer

Los criterios recomendados para evaluar la intensidad de las inundaciones según el tipo son las siguientes:

Tabla 136

*Rangos definidos para cada nivel de intensidad para inundaciones.*

Niveles de intensidad	Profundidad del flujo (H)(m) (Inundaciones estáticas)	Profundidad x velocidad del flujo (m2/s) (Inundaciones dinámicas)
<b>Muy Alta</b>	<b><math>H &gt; 1,5m</math></b>	<b><math>H * V &gt; 1,5m</math></b>
<b>Alta</b>	<b><math>0,5 &lt; H &lt; 1,5 m</math></b>	<b><math>0,5 &lt; H + *V &lt; 1,5 m</math></b>
<b>Media</b>	<b><math>0,25 &lt; H &lt; 0,5m</math></b>	<b><math>0,25 &lt; H * V &lt; 0,5m</math></b>
<b>Baja</b>	<b><math>&lt; 0,25 m</math></b>	<b><math>H * V &lt; 0,25 m</math></b>

*Fuente:* INDECI 2011

Para determinar el nivel de peligrosidad se consideró la información suministrada por el Ordenamiento territorial de la Región de Cajamarca Zonificación económica y ecológica (Talleres de Sub Modelo de Peligros potenciales Múltiples - ZEE - OT. Límites elaborados por INEI con Fines censales, año 2010). Basado en esto se considera que la subcuenca Quebrada los chilcos tiene un nivel de Intensidad y frecuencia media según el mapa de intensidad de fenómenos naturales por inundación lo cual arroja un valor de peligro medio de 0,56.

Tabla 137

*Determinación del nivel de peligrosidad*

<b>Intensidad</b>	<b>Muy Alta</b>	<b>Peligro Medio 0,25</b>	<b>Peligro Alto 0,50</b>	<b>Peligro Muy Alto 0,75</b>	<b>Peligro Muy Alto 1</b>
	<b>Alta</b>	<b>Peligro Bajo 0,19</b>	<b>Peligro Medio 0,38</b>	<b>Peligro Alto 0,56</b>	<b>Peligro Muy Alto 0,75</b>
	<b>Media</b>	<b>Peligro Bajo 0,13</b>	<b>Peligro Medio 0,25</b>	<b>Peligro Medio 0,38</b>	<b>Peligro Alto 0,50</b>
	<b>Baja</b>	<b>Peligro Bajo 0,06</b>	<b>Peligro Bajo 0,13</b>	<b>Peligro Bajo 0,19</b>	<b>Peligro Medio 0,25</b>
		<b>Baja</b>	<b>Media</b>	<b>Alta</b>	<b>Muy Alto</b>
<b>Frecuencia (años)</b>					

*Fuente:* INDECI 2011

### Estimación de la vulnerabilidad

En este sentido se hizo una evaluación cualitativa en la zona de estudio y se determinó que la zona de la sub cuenca de la quebrada los chilcos son de un nivel de riesgo muy alto la misma se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 138  
*vulnerabilidad física*

Vulnerabilidad	Variable	Muy Alta	Alta	Media	Base	Total
Vulnerabilidad Física	Localización de la vivienda		0,75			0,75

*Fuente:* INDECI 2011

Para esta etapa se procede aplicar la fórmula para considerar la estratificación

Tabla 139 Vulnerabilidad Total

Vulnerabilidad Total	Grado
$0,75 < V \leq 1$	Muy Alta
$0,50 < V \leq 0,75$	Alta
$0,25 < V \leq 0,50$	Media
$0 < V \leq 0,25$	Baja

*Fuente:* INDECI 2011

la Vulnerabilidad Total es de 0,75 lo que equivale a una vulnerabilidad total muy alta.

### Estimación de Riesgo por inundaciones Fluviales

Para estimar la probabilidad de considerar la aplicación de la matriz de INDECI la cual señala la siguiente formula:

$$R=f(P,V)$$

Dónde:

R = Riesgo

F = En función

P = Peligro

V = Vulnerabilidad

$$R= F(0,56; 0,75)$$



Tabla 140  
*Nivel de riesgo*

<b>Peligro Muy Alta 1</b>	<b>Riesgo Medio 0,25</b>	<b>Riesgo Alto 0,50</b>	<b>Riesgo Muy Alto 0,75</b>	<b>Riesgo Muy Alto 1</b>
<b>Peligro Alta 0,75</b>	<b>Riesgo Bajo 0,19</b>	<b>Peligro Medio 0,38</b>	<b>Riesgo Alto 0,56</b>	<b>Riesgo Muy Alto 0,75</b>
<b>Peligro Media 0,5</b>	<b>Riesgo Bajo 0,13</b>	<b>Riesgo Medio 0,25</b>	<b>Riesgo Medio 0,38</b>	<b>Riesgo Alto 0,50</b>
<b>Peligro Baja 0,25</b>	<b>Riesgo Bajo 0,06</b>	<b>Peligro Bajo 0,13</b>	<b>Riesgo Bajo 0,19</b>	<b>Riesgo Medio 0,25</b>
	<b>Vulnerabilidad Baja 0,25</b>	<b>Vulnerabilidad Media 0,5</b>	<b>Vulnerabilidad Alta 0,75</b>	<b>Vulnerabilidad Muy Alta 1</b>

Fuente: INDECI 2011

Tabla 141  
Rangos definidos para cada nivel de intensidad para inundaciones

<b>NIVEL DE RIESGO</b>	<b>RANGOS</b>
<b>Muy Alta</b>	<b>0,75 &lt; F &lt; 1</b>
<b>Alta</b>	<b>0,50 &lt; F &lt; 0,75</b>
<b>Media</b>	<b>0,25 &lt; F &lt; 0,50</b>
<b>Baja</b>	<b>0 &lt; F &lt; 0,25</b>

Fuente: INDECI 2011

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El objetivo del presente estudio es determinar principalmente el riesgo generado por inundación en la quebrada los chilcos , para lo cual se realiza el estudio de la susceptibilidad y la vulnerabilidad.

### Discusión de la Susceptibilidad:

Donde obtenemos un valor de 0.67, el cual se obtiene mediante el análisis de los factores condicionantes y desencadenantes, y al ubicarlo en la leyenda, este se encuentra en el rango de  $0.472 < R \leq 1.063$ , lo que significa que existe un peligro muy alto, de acuerdo a parámetros de CENEPRED

La susceptibilidad se estudia de acuerdo a las características obtenidas a lo largo de la quebrada como son altura de cauce, ancho de cauce, pendiente, geomorfología y la cobertura vegetal, por lo que las limitaciones que representa este estudio son para la recolección de datos, que no son exactos y en su mayoría es un promedio de las diferentes medidas realizadas.

### Discusión de la vulnerabilidad

El valor de la vulnerabilidad total de 0.937 el cual, proviene del análisis realizado entre la vulnerabilidad social y económica, representado una vulnerabilidad alta como se muestra en la tabla 144.

Uno de los factores que hace más vulnerable a la población ante estos eventos es la falta de capacitación y orientación sobre este fenómeno, ya que en su mayoría desconocen de las consecuencias y cómo reaccionar para evitar pérdidas tanto humanas como económicas.

## Discusión del riesgo

Después de realizar el análisis de la susceptibilidad y la vulnerabilidad, generada por este fenómeno de inundación, obtenemos el valor del riesgo de 0.56 en la tabla 145, ubicándose dentro del rango de  $0.384 < R \leq 1.676$ , y esto según la tabla 145 representa un riesgo alto.

Podemos ver que el resultado de este estudio es alto, el cual requiere de una mayor atención por parte de las autoridades y a la vez de la población, es por eso que se debe implementar una propuesta que disminuya el riesgo por inundación y de esta manera proteger a la población de dicha área de estudio.

## CONCLUSIONES

Se concluye que la hipótesis planteada se cumplió tal como se puede reflejar en los resultados que el riesgo para esta zona es muy alto, debido a la cercanía que tiene la población hacia la quebrada los chilcos en la zona de Huacariz sector 24.

La susceptibilidad por inundación de la quebrada los chilcos aguas abajo del puente la San Martín, ante una máxima avenida, con un valor de 0.66, el cual se obtiene mediante el análisis de los factores condicionantes y desencadenantes, y al ubicarlo en la leyenda brindada por el CENEPRED.

Se determinó el grado de la vulnerabilidad de los elementos expuestos a la zona susceptible a la inundación, realizando así la validación de las encuestas utilizadas en dicho estudio. El cual representa una vulnerabilidad muy alta, siendo analizados la vulnerabilidad social y económica. Valores y rangos 0.75-1.00 ubicándonos en 0.75

El nivel de riesgo promedio de la margen izquierda de la quebrada los chilcos aguas abajo del puente la San Martín, ante una máxima avenida, es muy con un valor de 1.613 ubicado dentro del rango  $0.384 < R \leq 1.676$

El nivel de peligro por inundación en la zona de Huacariz sector 24 es alto debido a que se ha diseñado para un  $Tr=500$  años donde su caudal máximo es  $30.41\text{m}^3/\text{s}$  y su profundidad crítica de 2.50 m Ubicándose entre los parámetros de 0.50 – 1.00

Debido a los datos anteriores se acepta y se plantea el diseño de los gaviones tipo caja que mitigará el riesgo de inundación en la zona de Huacariz donde las dimensiones de los mismos serán a utilizar Cocada de 8 x10 cm, calibre de malla 2,70 mm. Bordes 3,40 mm.

Amarres 2,20 mm. Recubrimiento de 3zn + PVC.

## RECOMENDACIONES

Referente al diseño de la cimentación de una obra hidráulica se realice teniendo en cuenta antecedentes de socavación de dicha obra en zonas aledañas a esta, ya que la socavación es un fenómeno complejo de estudiar.

Que se deberá evaluar las diferentes obras hidráulicas después de una máxima avenida para poder determinar que estructura es la más eficiente sin importar el costo y así poder reducir el riesgo existente.

Realizar estudios orientados al comportamiento de erosión y sedimentación en la quebrada los chilcos, ya que se observó colmatación de material, lo que implica aumentar los efectos de eventos extraordinarios. Se recomienda hacer los estudios respectivos de mecánica de suelos, orientados a la construcción de defensas ribereñas, los cuales permitirán tener un control de las inundaciones en la zona de estudio.

## REFERENCIAS

- A, Q. (2014). MITIGACION DEL RIESGO POR INUNDACION DEL CASERIO HUAQUILLO MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE GAVIONES TIPO CAJA EN LA QUEBRADA TIMARUCA-SAN IGNACIO. JAEN-CAJAMARCA-PERU: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA .
- Aguilar, A. (2016). COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE EL USO DE GAVIONES Y GEOCELDAS COMO ESTRUCTURA DE DEFENSA RIBEREÑAS. Lima. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6935>
- Alicaresp. (05 de 12 de 2019). Escorrentía. Obtenido de <http://alicaresp.com/2019/07/15/escorrentia/>
- Almeida, P. (2008). Obras de contención, Manual técnico. Brasil.
- ANA. (s.f.). AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA.
- Baron, J. (2012). Análisis técnico y económico para la determinación del periodo de retorno óptimo de diseño para mitigación de inundaciones mediante herramientas computacionales. Bogotá: Trabajo de Grado.
- CAJAMARCA, G. R. (2010-2011). ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA REGION CAJAMARCA . CAJAMARCA : GERENCIA DEREREGIONAL DE PLANEAMIENTO , PRESUPUESTO Y ACONDICIONAMIENTO TERRITORIAL .
- CAJAMARCA, G. R. (2020). INSPECCION TECNICA A LA QUEBRADA LOS CHILCOS DISTRITO Y PROVINCIA DE CAJAMARCA . CAJAMARCA: GRC.
- CAJAMARCA, M. P. (2021). PLAN DE PREVENCION Y REDUCCION DEL RIESGO DE DESASTRES ANTE PELIGROS DE INUNDACION PLUVIAL Y MOVIMIENTOS EN MASA DEL DISTRITO DE CAJAMARCA 2021-2023. CAJAMARCA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA.
- Campaña Toro, R. (2003). Diseño de Muros de Gaviones. . Peru.
- CENEPRED. (2014). Manual para la evaluación de riesgos originados por inundaciones fluviales. LIMA: Dirección de Gestion de Procesos.
- CENEPRED, 2. (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión. Obtenido de [https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia\\_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos\\_v2.pdf](https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf)
- Choquehuanca, S. (2012). Evaluación de Riesgo de Inundaciones Basado Sobre GIS y Modelamiento Hidráulico (Hec-GeoRas). LIMA.
- Chow, V; Suarez, M. (1994). Hidraulica de canales abiertos. Colombia: Nomos.
- Comunicación., M. d. (2016). Manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje. Perú: MTC.
- Cordero, V. (2008). LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA. Costa Rica.
- COUTIÑO, R. (2015). LA METODOLOGIA INTEGRAL PARA LA ESTIMACION Y MITIGACION DE LA EROSION MARGINAL EN RIOS. MEXICO.
- Desarrollo, B. I. (2015). Perfil de riesgo por inundaciones en Perú. Perú: BID.

- Díaz, B. (2019). DETERMINACIÓN DE ZONAS DE INUNDACIÓN MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO CHONTA EN EL CASERÍO TARTAR CHICO, DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA”. Cajamarca.
- Espire, R. &. (2019). Evaluación de riesgo y análisis de la vulnerabilidad ante amenazas de inundación en el centro poblado Hancaquito Bajo, Distrito de Virú, Provincia de Virú, 2018. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- F., M. (2013). MANUAL DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS FLEXIBLES.
- Galanton, E., & Romero, L. (2007). “DESCRIPCION DE LAS DEFENSAS RIBEREÑAS”. Barcelona. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/99263129/Tesis-Defensa-Riverena>
- Galanton, E., & Romero, L. (2007). “DESCRIPCION DE LAS DEFENSAS RIBEREÑAS”. Barcelona. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/99263129/Tesis-Defensa-Riverena>
- Garagoa, C. R. (2018). Plan de ordenación y manejo de la Cuenca Hidrográfica. Consorcio Río Garagoa.
- GAVIONES, K. C. (24 de 11 de 2021). Obtenido de [www.desnivel-obras.com](http://www.desnivel-obras.com)
- GEOLOGICO, I. -D. (2021). EVALUACION DE PELIGROS GEOLOGICOS EN LA QUEBRADA LOS CHILCOS . CAJAMARCA : INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO.
- González de Vallejo, L. (2002). INGENIERÍA GEOLÓGICA. Madrid: PRENTICE HALL.
- Hernandez. (2014). Metodología de la investigación . Mexico .
- Hori, Lacambra, Suárez y Justiniano. (2015). Perfil de Riesgo por Inundaciones en Perú. PERU: BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO.
- Ibáñez, S. M. (2016). Morfología de las cuencas hidrográficas. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- ICG. (2011). Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje para obras Viales. LIMA, PERU: INSTITUTO DE LA CONSTRUCCION Y LA GERENCIA ICG.
- INDECI. (2006). MANUAL BASICO PARA LA ESTIMACION DE RIESGO . LIMA-PERU.
- Indeci. (2006). Manual básico para la estimación de riesgos. Obtenido de <https://www.indeci.gob.pe/objetos/secciones/Mg==/MTY=/ODE=/lista/NDcz/1201012081402181.pdf>
- INDECI. (2006). Manual básico para la estimación del riesgo / Perú. Instituto Nacional de Defensa Civil. Obtenido de [http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/man\\_bas\\_est\\_riesgo.pdf](http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/man_bas_est_riesgo.pdf)
- INDECI. (2011). MANUAL DE ESTIMACION DEL RIESGO ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN LADERA. LIMA -PERU.
- INDECI. (2016). Instituto de Defensa Civil. Manual del verificador. Determinación de la vulnerabilidad de la vivienda para caso de sismo. Lima.: Ficha de verificación.
- INDECI. (2011). Manual de estimación de riesgo ante inundaciones fluviales. Cuaderno Técnico Nr 02. LIMA- PERU.
- INGEMMET - Instituto Geológico, M. y. (2017). Evaluación Geológica de las zonas afectadas por el niño Costero 2017, en la región ANCASH. Informe Técnico INGEMMET.

- Kerimbey, L., & Henriquez, L. (2014). DISEÑO HIDRAULICO Y ESTRUCTURAL DE DEFENSA RIBEREÑA DEL RIO CHICAMA TRAMO PUENTE PUNTA MORENO - PAMPAS DE JAGUEY APLICANDO EL PROGRAMA RIVER. Trujillo. Obtenido de [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/683/1/ALVARO\\_MARCELO\\_DISEÑO\\_HIDRAULICO\\_PROGRAMA\\_RIVER.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/683/1/ALVARO_MARCELO_DISEÑO_HIDRAULICO_PROGRAMA_RIVER.pdf)
- Leon, E. (1194). DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO RIMAC. Lima. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2970>
- linares, C. (2018). CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS DE FUNDACIÓN CON FINES DE CIMENTACIÓN MEDIANTE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y DPL EN LA CIUDAD DE LLACANORA – CAJAMARCA. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- M, B. (2012). Metodología de la investigación científica para ingenieros . Chiclayo . MACCAFERRI. (28 de 11 de 2021). obras de contencion. Obtenido de [WWW.maccaferri.com.br](http://WWW.maccaferri.com.br)
- Malpartida, A. B. (5 de Mayo de 2011). Gaviones. Obtenido de [https://www.academia.edu/11470875/Gaviones\\_2011](https://www.academia.edu/11470875/Gaviones_2011)
- Mendoza, M. (2017). Evaluación del riesgo por inundación en la Quebrada Romero, Distrito de Cajamarca, periodo 2011 - 2016. Cajamarca: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo . Cajamarca.
- MOSSARUTTI, G. F. (25 de febrero de 2013). DSpace mobile. Obtenido de <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/3937/gmorassutti.pdf?sequence=1>
- Mostacero.P. (2020). NIVEL DE RIESGO POR INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE CHILETE - PROVINCIA DE CONTUMAZÁ - REGIÓN CAJAMARCA. Cajamarca: Universidad Privada Del Norte.
- Mujeriego, M. (2000). El arte de las primeras civilizaciones. Obtenido de [http://www.uclm.es/ab/humanidades/profesores/descarga/mujeriego/primeras\\_civilizaciones.pdf](http://www.uclm.es/ab/humanidades/profesores/descarga/mujeriego/primeras_civilizaciones.pdf)
- Neermal , D. (2012). The use of gabions in hydraulic applications. Civil.
- ONU. (2015). Cómo desarrollar ciudades más resilientes; un manual para líderes de los gobiernos locales.
- Ortiz, O. (2016). Hidrología de superficie. Cajamarca.
- Ortiz, O. (2016). Hidrología de superficie. Cajamarca.
- PIÑAR VENEGAS, R. (12 de 05 de 2018). Proyecto de construcción de un muro de gaviones de 960 m3. Obtenido de Repositorio Tec.: [http://repositorio.tec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6034/construccion\\_muro\\_gaviones.pdf?seq](http://repositorio.tec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6034/construccion_muro_gaviones.pdf?seq)
- PIÑAR, R. (2008). Proyecto de construcción de un muro de gaviones de 960 m3. COSTA RICA.
- Riego., M. d. (04 de 12 de 2021). Obtenido de <https://www.minagri.gob.pe/portal/54-sector-agrario/cuencas-e-hidrografia/372-principales-cuencas-a-nivel-nacional>
- Romero, L. (2007). “Descripción de las Defensas Ribereñas.” Tesis para optar por el título de Ingeniería Civil, Universidad de Oriente. GUATEMALA.

- Ruiz, R., & Colqui, D. (s.f.). “DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL RIO MARAÑON TRAMO CHAGUAL-VIJUS EN EL DISTRITO DE PATAZ DEPARTAMENTO LA LIBERTAD”. Trujillo. Obtenido de [http://www.academia.edu/6898031/PROYECTO\\_DE\\_TESIS](http://www.academia.edu/6898031/PROYECTO_DE_TESIS)
- Scholz, L. (1980). Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana. Cuzco.
- SENAMHI. (2020). Monitoreo de precipitación. Lima - Perú.
- Sendra, J. B. (2009). CAMBIOS DE USOS DEL SUELO Y EXPANSIÓN URBANA EN LA COMUNIDAD DE MADRID. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Joaquin-Bosque-Sendra/publication/40533468\\_Cambios\\_de\\_usos\\_del\\_suelo\\_y\\_expansion\\_urbana\\_en\\_la\\_Comunidad\\_de\\_Madrid\\_1990-2000/links/56695cd108ae193b5fa2fa43/Cambios-de-usos-del-suelo-y-expansion-urbana-en-la-Comunidad-de](https://www.researchgate.net/profile/Joaquin-Bosque-Sendra/publication/40533468_Cambios_de_usos_del_suelo_y_expansion_urbana_en_la_Comunidad_de_Madrid_1990-2000/links/56695cd108ae193b5fa2fa43/Cambios-de-usos-del-suelo-y-expansion-urbana-en-la-Comunidad-de)
- Torrero, M. (2014). Delimitación de la cuenca hidrográfica del Río Tecka-Gualjaina, Chubut, Argentina. Georg. Valpso, 1-8.
- UNISDR. (2009). Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. Obtenido de <https://globalplatform.undrr.org/>
- Vilcahuaman, I. (2015). CONCEPTO DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA REDUCIR. Lima. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/5988>
- Villón Béjar, M. (2011). Hidrología. En M. Villón Béjar, Hidrología (págs. 21-23). Lima-Perú.
- VILLON, M. (2002). HIDROLOGÍA. COSTA RICA.
- Villon, M. (2011). Hidrologia. Lima.
- Zafra, J. (2015). Nivel de riesgo por inundación en la Zona de Capispuquio - Sector V - Cajamarca, 2015. Cajamarca. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.



## ANEXOS

### DATOS PARA EL DISEÑO:

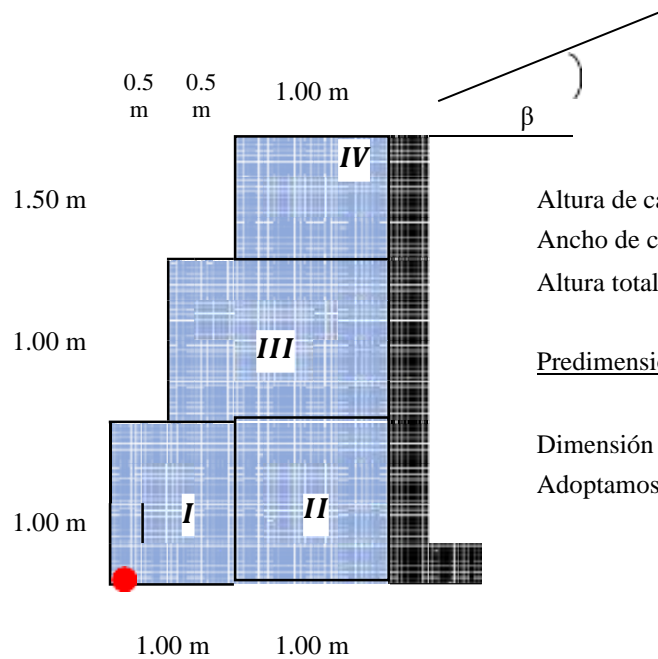
Datos: Obtenidos de trabajo realizado en la zona en estudio

Fuente:  
Gutiérrez  
2016

- Peso del terreno	:	$\gamma_s = 1.54 \text{ tn/m}^3$
- Peso de la piedra	:	$\gamma_r = 2.70 \text{ tn/m}^3$
- Ángulo de fricción	:	$\phi = 28.00^\circ$
- Ángulo que forma el relleno	:	$\beta = 9.50^\circ$
- Capacidad portante	:	$\sigma_s = 1.05 \text{ kg/cm}^2$

DETERMINACIÓN DE LA ZONA ÓPTIMA PARA PROYECTAR EL CRECIMIENTO URBANO EN EL BARRIO LA PACCHA DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, SEGÚN LA CAPACIDAD DE CARGA.

### GEOMETRÍA DEL MURO:



Altura de cada bloque	:	$h_B = 1.00 \text{ m}$
Ancho de cada bloque	:	$b_B = 1.00 \text{ m}$
Altura total del muro	:	$H_T = 3.50 \text{ m}$

Predimensionado de la base:

$$B = \frac{1}{1 + H}$$

Dimensión de la base	:	$A_B = 2.25$
Adoptamos una base de	:	$B = 2.00 \text{ m}$

### CÁLCULO DEL EMPUJE

**ACTIVO:**

**EMPUJE  
ACTIVO:**

Coefficiente de empuje activo:

$$K_a = \cos \beta * \left( \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \right)$$

$$K_a = \frac{0.378235}{515}$$

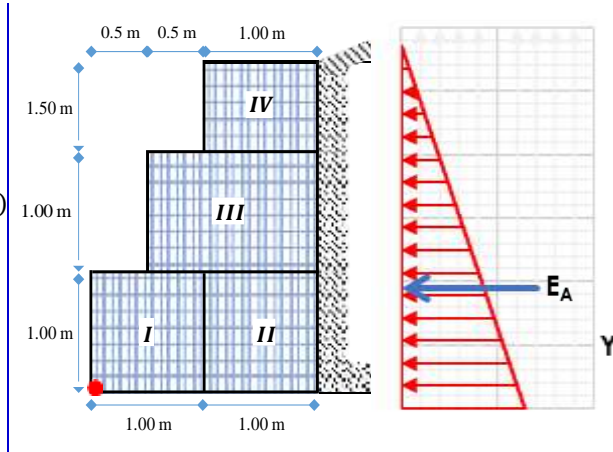
Cálculo del empuje activo:

$$E_A = \frac{1}{2} * K * \gamma * H^2$$

$$E_A = 3.5677 \text{ tn}$$

Altura de aplicación del empuje activo:

$$Y = \frac{H_T}{3} = 1.167 \text{ m}$$



**ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD:**

**CÁLCULO DEL PESO TOTAL Y MOMENTO RESISTENTE:**

FIG.	TIPO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	PESO UNITARIO (ton/m <sup>3</sup> )	PESO PARCIAL (ton/m)	BRAZO X (m)	MOMENTO (tn-m)
I	Gavión	1.000	2.70 tn/m <sup>3</sup>	2.70 tn/m	0.500	1.3500
II	Gavión	1.000	2.70 tn/m <sup>3</sup>	2.70 tn/m	1.500	4.0500
III	Gavión	1.500	2.70 tn/m <sup>3</sup>	4.05 tn/m	1.250	5.0625
IV	Gavión	1.500	2.70 tn/m <sup>3</sup>	4.05 tn/m	1.500	6.0750
Σ =				13.50 tn/m	Σ =	16.538

$$P = 13.50 \text{ tn}$$

$$M_r = 16.5 \text{ tn-m}$$

**1 CÁLCULO DE LAS FUERZAS ACTUANTES EN EL MURO DE CONTENCIÓN:**

Momento producido por el empuje activo:

$$M_A = \frac{3.568}{\text{tn}} \times 1.167 \text{ m}$$

$$M_A = \frac{4.162 \text{ tn-m}}{\text{m}}$$

2 VERIFICACIÓN POR DESLIZAMIENTO:

$$\text{FSD} = 1.50$$

$$\frac{f * l}{E_A} \quad ; \quad \text{donde:} \quad f = \text{tg} \phi$$

$$f = \frac{0.60}{0}$$

$$\text{FSD} = 2.27 > 1.50$$

...  
**Conforme**

3 VERIFICACIÓN POR VOLTEO:

$$\text{FSD} = 2.00$$

$$\frac{M_r}{M_A}$$

$$\text{FSV} = 3.97 > 2.00$$

...  
**Conforme**

4 VERIFICACIÓN DE PRESIONES SOBRE EL TERRENO:

*Punto de aplicación de la fuerza resultante:*

$$X_0 = \frac{M_r - M_A}{P} = 0.92 \text{ m}$$

*Excentricidad de la fuerza resultante:*

$$e = \frac{B}{6} - X = 0.0833 \text{ m}$$

Se debe cumplir que:  $e < \frac{B}{6}$  0.33 m ... Ok: cae dentro del tercio central

*Verificamos las presiones de contacto entre el suelo y el muro:*

$$\sigma = \frac{P}{B} \left[ 1 \pm \frac{6 * e}{B} \right]$$

$$\sigma_1 = 0.84 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s = 1.05 \text{ kg/cm}^2$$

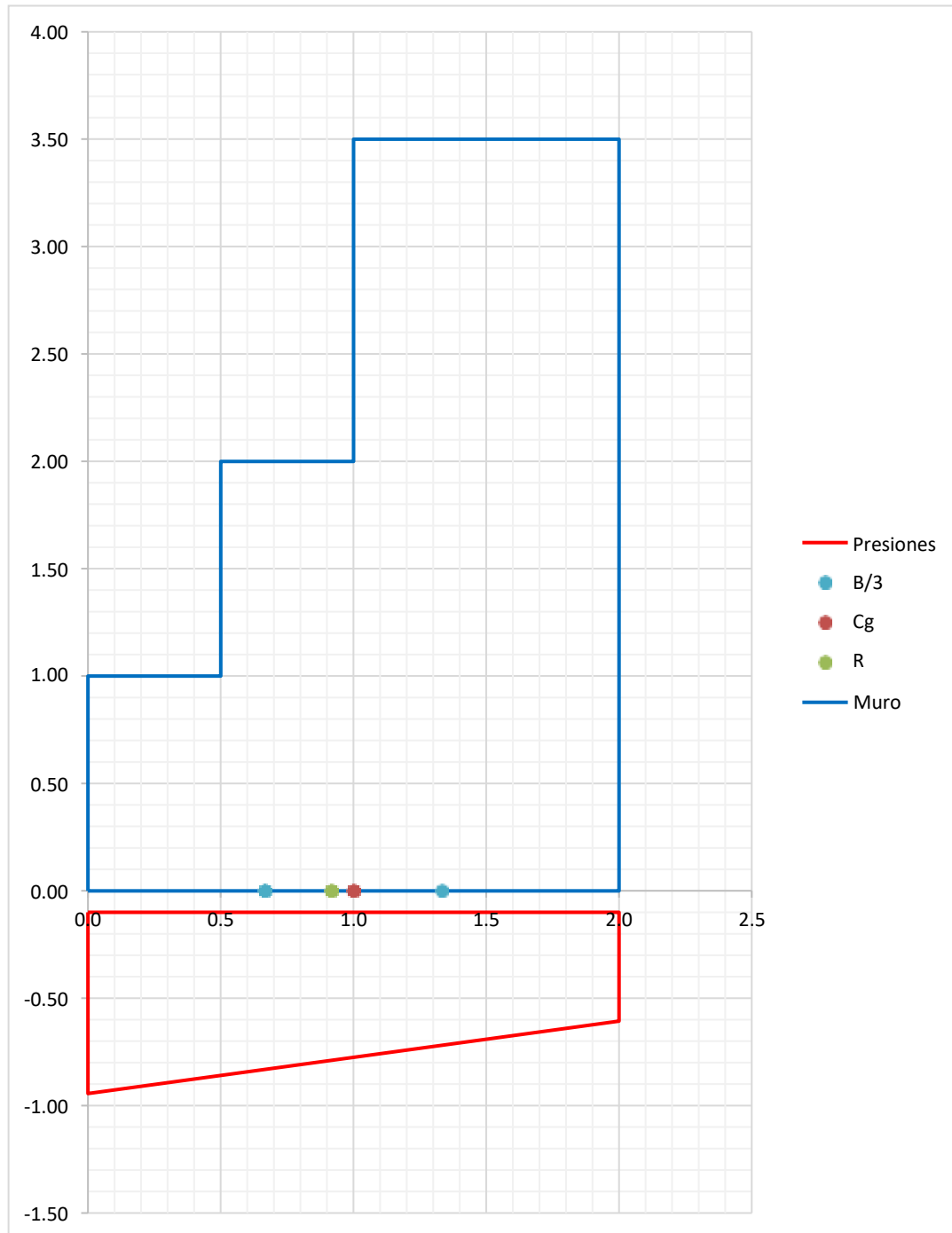
...  
**Conforme**



$$\sigma_2 = 0.51 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s = 1.05 \text{ kg/cm}^2$$

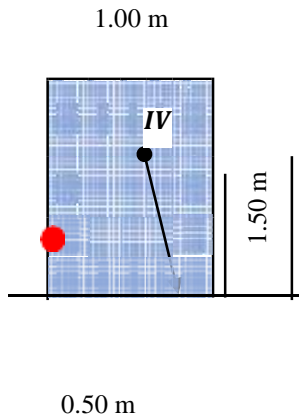
...  
**Conforme**

### 5 ESQUEMA DE PRESIONES:



## VERIFICACIÓN ENTRE BLOQUE Y BLOQUE:

### PRIMER BLOQUE:



#### Fuerzas estabilizantes:

$$\text{Peso (IV)} = 1.0 \times 1.50 \times 2.70 = 4.0500 \text{ tn}$$

$$\text{Momento (IV)} = 4.05 \text{ tn} \times 0.50 = 2.02500 \text{ tn-m}$$

#### Fuerzas desestabilizantes:

$$\text{Empuje} = \frac{E_A}{M_A} = - * K * \gamma * H^2 = 0.6553 \text{ tn}$$

$$\text{Momento} = 0.32765 \text{ tn-m}$$

#### Verificación por deslizamiento:

$$\text{FSD} = \frac{1.5}{0}$$

$$\frac{f * P}{E_A} \quad f = 0.500$$

$$\text{FSD} = 3.09 > 1.50 \quad \dots \text{Conforme}$$

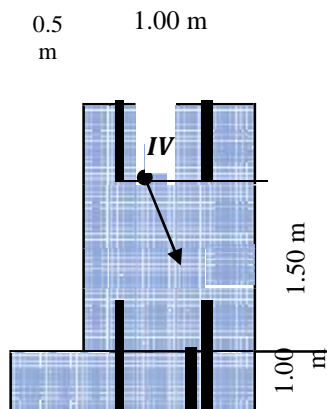
#### Verificación por volteo:

$$\text{FSV} = \frac{2.0}{0}$$

$$\frac{M_r}{M_A}$$

$$\text{FSV} = 6.18 > \frac{2.0}{0} \quad \dots \text{Conforme}$$

### SEGUNDO BLOQUE:



#### Fuerzas estabilizantes:

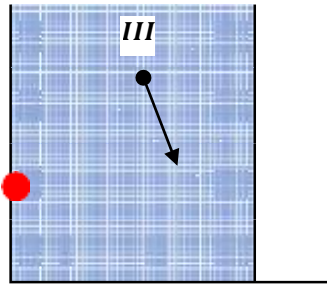
$$\text{Peso (IV)} = 1.00 \times 1.50 \times 2.70 = 4.0500 \text{ tn}$$

$$\text{Peso (II)} = 1.00 \times 1.50 \times 2.70 = 4.0500 \text{ tn}$$

$$\sum = 8.1000 \text{ tn}$$

$$\text{Momento (IV)} = 4.05 \text{ tn} \times 1.00 \text{ m} = 4.05000 \text{ tn-m}$$

$$\text{Momento (III)} = 4.05 \text{ tn} \times 0.75 \text{ m} = 3.03750 \text{ tn-m}$$



1.50 m

**Fuerzas desestabilizantes:**

$$\text{Empuje} = \frac{E_A}{M_A} = \frac{1}{2} * K * \gamma * H^2 = 1.8203 \text{ tn}$$

$$\text{Momento} = 1.51688 \text{ tn-m}$$

$$\Sigma = 7.0875 \text{ tn-m}$$

**Verificación por deslizamiento:**

$$\text{FSD} = \frac{1.5}{0}$$

$$\frac{f * P}{E_A} = f = 0.500$$

$$\text{FSD} = 2.22 > 1.50 \text{ ... Conforme}$$

**Verificación por volteo:**

$$\text{FSV} = \frac{2.0}{0}$$

$$\frac{M_r}{M_A}$$

$$\text{FSV} = 4.67 > \frac{2.0}{0} \text{ ... Conforme}$$

# ANEXO N.º 2 ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA CUENCA QUEBRADA LOS CHICOS

## I. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA SUB CUENCA QUEBRADA LOS CHILCOS

### MORFOLOGIA

#### ÁREA DE LA CUENCA (Ac)

Superficie drenada por la red hidrográfica aguas arriba del punto emisor.

$$Ac = 16.451 \text{ km}^2$$

#### PERÍMETRO (Pc)

Longitud de la línea de divortio aquarum

$$Pc = 20.19 \text{ Km}$$

#### ÍNDICE DE COMPACIDAD (Kc)

O índice de Gravelius, mide el grado de circularidad de la cuenca.

$$K_c = \frac{0.2821 \times P}{\sqrt{A}}$$

$$Kc = 0.28 \times (20.192) \times (16.4506)^{-1/2}$$

$$Kc = 1.39$$

Por lo tanto tenemos una cuenca ni alargada ni redondeada

#### FACTOR DE FORMA (F)

Parámetro adimensional que relaciona el ancho promedio y la longitud del cauce principal.

$$F = \frac{A}{L_{cp}^2}$$

$$F = 16.4506 / (8.4153)^2$$

$$F = 0.23$$

#### RECTANGULO EQUIVALENTE

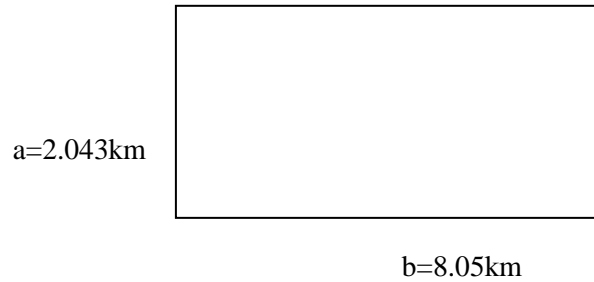
$$a = \frac{Kc \times A^{\frac{1}{2}}}{1.12} \times \left( 1 - \frac{1.12}{Kc} \times \sqrt{\left( \frac{Kc}{1.12} \right)^2 - 1} \right)$$

$$b = \frac{Kc \times A^{\frac{1}{2}}}{1.12} \times \left( 1 + \frac{1.12}{Kc} \times \sqrt{\left( \frac{Kc}{1.12} \right)^2 - 1} \right)$$



$$a = 2.043 \text{ km}$$

$$b = 8.054 \text{ km}$$



### PENDIENTE DE LA CUENCA ( $S_c$ )

Es el promedio de las pendientes de la cuenca. Está relacionada con el coeficiente de escorrentía y el grado de erosión de la cuenca.

**Según Alvord:**

$$S_c = \frac{E \times \sum L_{cn}}{A}$$

Donde: E : equidistancia entre curvas de nivel (km)

A : área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

Lcd : longitud de cada curva de nivel (km)

$$E = 0.050$$

$$A = 16.451$$

	2700	0.11	
	2700	2.027	
	2750	1.757	
	2800	3.211	
	2850	5.133	
	3600	1.789	
	3550	2.328	
	2900	5.193	
	3650	0.723	
	3350	0.685	
	3050	0.254	
	3000	0.516	
	2950	5.772	

	3000	4.754
	3050	4.473
	3850	0.049
	3100	4.794
	3150	5.101
	3800	1.111
	3250	5.856
	3200	5.409
	3350	5.228
	3300	6.329
	3400	5.366
	3450	5.81
	3650	2.51
	3750	1.628
	3600	2.919
	3700	1.862
	3500	7.201
	3550	3.504

$$\text{Suma } L_{cn} = 103.40$$

$$S_c = (0.05) \times (103.40) / (16.4506)$$

$$S_c = 0.31$$

$$S_c = 31 \%$$

#### LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL ( $L_{cp}$ )

$$L_{cp} = 8.415 \text{ Km}$$

#### LONGITUD AL CENTROIDE

$$L_c = 4.978 \text{ Km}$$

#### LONGITUD DE MÁXIMO RECORRIDO

$$L_{max} = 8.415 \text{ Km}$$

#### ALTITUD MEDIA ( $H$ )

Este parámetro es de suma utilidad para la generación de datos en regiones sin información.

$$\bar{H} = \frac{\sum H_i}{A}$$

hi = Altura correspondiente al área parcial Ai

Ai = Áreas parciales

Ac = Área de la cuenca

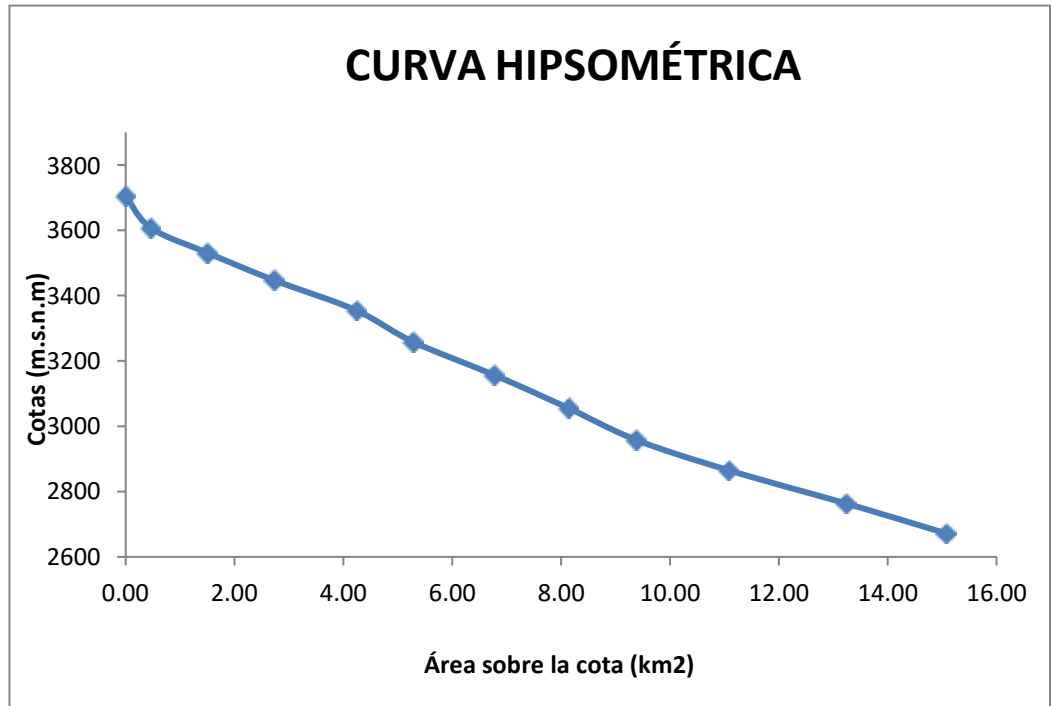
Cota			Área Parcial (km <sup>2</sup> )	hi*Ai	Área sobre cota	%(Ai/At)
2672	-	2762	1.379	3747.15	15.07	8.4
2763	-	2864	1.833	5157.36	13.24	11.1
2865	-	2957	2.165	6301.08	11.07	13.2
2958	-	3054	1.700	5111.25	9.37	10.3
3055	-	3156	1.238	3845.77	8.14	7.5
3157	-	3257	1.373	4401.85	6.76	8.3
3258	-	3353	1.485	4907.35	5.28	9.0
3354	-	3446	1.039	3532.43	4.24	6.3
3447	-	3530	1.516	5287.87	2.72	9.2
3531	-	3606	1.230	4390.33	1.49	7.5
3607	-	3704	1.036	3786.09	0.46	6.3
3705	-	3851	0.457	1727.59	0.00	2.8
Sumatoria			16.451	52196.1	-	-

$$H = 52196.107/16.451$$

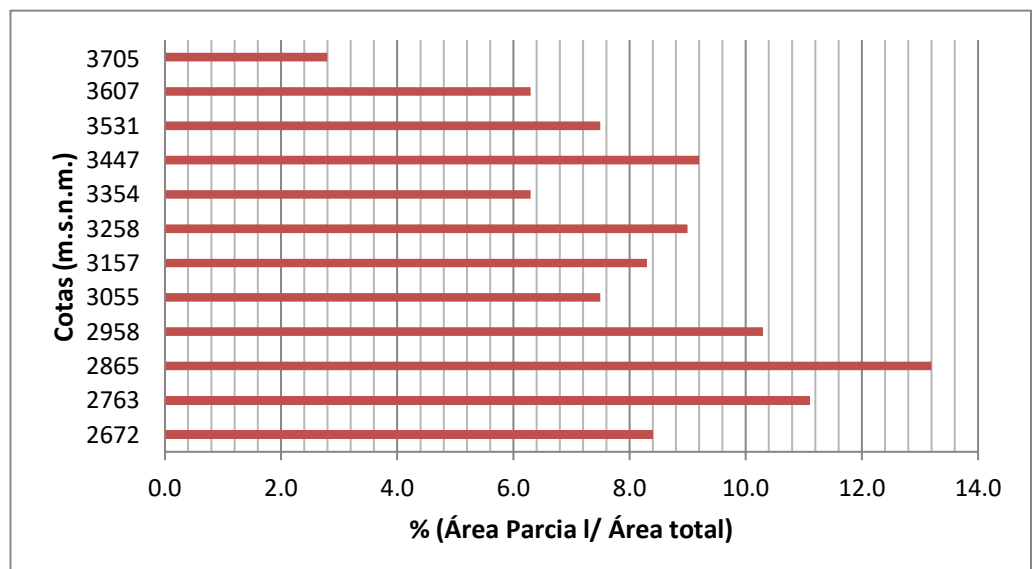
$$H = 3172.82 \text{ m}$$

**ALTITUD MAS FRECUENTE 3173**

### CURVA HIPSOMETRICA



### CURVA DE FRECUENCIA DE ALTITUDES



### PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL (S)

Es el promedio de las pendientes de la cuenca. Está relacionada con el coeficiente de escorrentía y el grado de erosión de la cuenca.

$$S = \left( \frac{\sum L_i}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{S_i}}} \right)^2$$

Donde :

Li : Longitud de cualquier tramo (m)

Si : Pendiente de cualquier tramo

$$S = 0.090$$

$$S = 9.00\%$$

Cota			Li	Si	Li/Si <sup>0.5</sup>
2672	-	2700	1082.1	0.03	6247.510
2700	-	2800	1757.2	0.06	7173.740
2800	-	2900	955	0.10	3019.980
2900	-	3000	764	0.13	2118.950
3000	-	3100	552.1	0.18	1301.310
3100	-	3200	522.2	0.19	1198.010
3200	-	3300	515	0.19	1181.490
3300	-	3400	635.1	0.16	1587.750
3400	-	3500	834.4	0.12	2408.710
3500	-	3600	502	0.20	1122.510
3600	-	3656	296.2	0.19	679.530
Sumatoria			8415.3	-	28039.49

### RELIEVE DE LA CUENCA

#### Coficiente de masividad (Cm)

Es la relación entre la altitud media del relieve y en la superficie proyectada.

$$\text{Coef. de masividad} = \frac{\bar{H}}{A}$$

$$Cm = 0.1929 \text{ 1/Km}$$

### Coeficiente orográfico (Co)

Es el producto entre la altitud media y el coeficiente de masividad

$$\text{Coef. orográfico} = \frac{\bar{H}^2}{A}$$

Co = 0.6119 Adimensional

### ANCHO PROMEDIO (B)

Es la razón entre el área de la cuenca y la longitud del cauce principal

$$B = \frac{A}{L \text{ max}}$$

B = 16.451 / 8.415

B = 1.95 Km

### RELACION DE CONFLUENCIA (Rc)

$$r_c = \frac{n_i}{n_{i+1}}$$

$n_i$  = número total de cursos  $i$   
 $n_{i+1}$  = número de cursos de orden inmediatamente superior,  $i+1$

Orden	Nº de Drenajes	Relación de Confluencias
1	38	1.81
2	21	1.11
3	19	19.00
4	1	
Rc pr =		7.305

Rc = 7.305

### RELACION DE LONGITUDES (RL)

$$r_L = \frac{L_i}{L_{i-1}}$$

$L_i$  = longitud media de todos los ríos de orden  $i$

$L_{i+1}$  = longitud media de todos los ríos de orden  $i - 1$

Orden	Nº de Drenajes	Long. Total	Long. Promedio	Relación de Longitudes
1	38	17.013	0.448	1.104
2	21	10.376	0.494	0.875
3	19	8.216	0.432	5.041
4	1	2.18	2.180	
			RL pr =	2.340

**Rc =** 2.340

### DENSIDAD DE DRENAJES (Dd)

$$D = \frac{\sum_{i=1}^N L_i}{A}$$

$D$   
 $L_j$   
 $A$   
 $N$

= densidad de drenaje (Km/Km2)  
= longitud total de los cursos de cada orden  
= área de la cuenca  
= orden del cauce principal

$\sum L =$  37.785

**Dd =** 2.297 Km / Km2

### FRECUENCIA DE RIOS (Fr)

$$F_{\text{rios}} = \frac{N^2}{\text{Área}}$$

**Nº Cursos de Agua =** 79

**Fr =** 4.802

## II. RESUMEN DE LOS PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS

<b>Parámetros Geomorfológicos Subcuenca Quebrada los Chilcos</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Medida</b>	<b>Unidad</b>
Área	16.451	Km <sup>2</sup>
Perímetro	20.19	Km
Longitud de máximo recorrido	8.415	Km
Índice de Gravelius	1.39	
Factor de forma	0.23	
Pendiente de laderas de la cuenca	31.00	%
Altitud media de la cuenca	3173	msnm
Ancho promedio	1.95	Km
Coeficiente de masividad	0.193	
Coeficiente orográfico	0.612	
Rectángulo equivalente	2.04	Km
	8.05	Km
Relación de confluencias	7.305	
Relación de longitudes	2.340	
Densidad de drenaje	2.297	Km / Km <sup>2</sup>
Frecuencia de ríos	4.802	
Cota máxima	3851	m
Cota mínima	2672	m
Pendiente del cauce principal	9%	%
Tiempo de concentración (Témez)	2.39	Horas
Tiempo de concentración (Bransby-Williams)	2.50	Horas
<b>Promedio Geométrico del Tc</b>	<b>2.45</b>	<b>Horas</b>



### III. CURVA NÚMERO Y PARÁMETROS DE HEC-HMS

#### 6.1. Número de Curva

<b>Condiciones Normales</b>			
<b>Área</b>	<b>Rango</b>	<b>NC medio</b>	<b>Área x NC</b>
10.696	74 - 81	77.50	828.933
5.844	81 - 90	85.50	499.649
16.540			1328.582
<b>NC promedio</b>			<b>80.327</b>

#### 6.2. Parámetros de Hec-Hms

<b>subcuenca</b>	<b>s/n</b>
Área	16.451
Longitud del Cauce (km)	8.42
Tiempo de Concentración (min)	146.9
Tiempo de retardo (min) = $0.6 * T_c$	88.1
Duración de Tormenta (min)	180

#### IV. CAUDAL DE DISEÑO POR EL MÉTODO RACIONAL

##### MÉTODO RACIONAL

$$Q = 0.278 CIA$$

Q : Descarga máxima de diseño (m<sup>3</sup>/s)

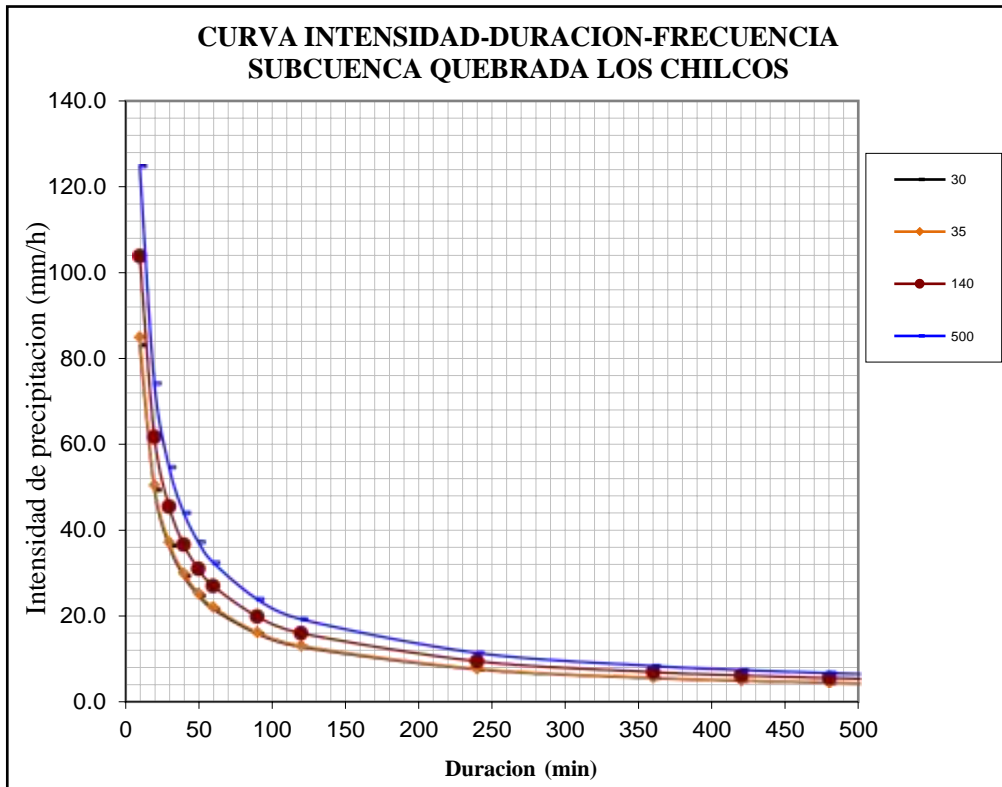
C : Coeficiente de escorrentía (Ver Tabla N° 01)

I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A : Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>).

**Tabla N° 01. Coeficientes de escorrentía Método Racional**

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05



$$I = \frac{I_0 \cdot T^{0.144}}{t^{0.75}}$$

I: Intensidad máxima (mm/h)

T: Período de retorno en años

t: Duración de la precipitación (min)

Párametros	Valores	
Tr	140	años
Tr	500	años
Tc	147	min
C	0.4	
I (Tr=140)	13.8	mm/h
I (Tr=500)	16.6	mm/h
A	16.45	Km <sup>2</sup>
Q (Tr=140)	25.31	m <sup>3</sup> /s
Q (Tr=500)	30.41	m <sup>3</sup> /s

V.

### RUGOSIDAD DE LA QUEBRADA LOS CHILCOS

#### Coefficiente de rugosidad de cauces naturales (n Manning)

Cowan propone un método, según el cual el cálculo del coeficiente de rugosidad, puede estimarse mediante la siguiente relación:  $n = m5 (n0 + n1 + n2 + n3 + n4)$

Tabla de Cowan para determinar la influencia de diversos factores sobre el coeficiente n

CONDICIONES DEL CANAL		VALORES	
Material Involucrado	Tierra	n0	0.02
	Corte en Roca		0.025
	Grava Fina		0.024
	Grava Gruesa		0.028
Grado de Irregularidad	Suave	n1	0
	Menor		0.005
	Moderado		0.01
	Severo		0.02
Variaciones de la Sección Transversal	Gradual	n2	0
	Ocasionalmente Alternante		0.05
	Frecuentemente Alternante		0.010-0.015
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Insignificante	n3	0
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy Alta		0.050-0.100
Grado de los Efectos por Meandro	Menor	m5	1
	Apreciable		1.15
	Severo		1.3

Fuente: Hidráulica de Tuberías y Canales, Arturo Rocha.

**n0 : Rugosidad base para un canal recto, uniforme, prismático y con rugosidad homogénea.**

**n1 : Rugosidad adicional debida a irregularidades superficiales del perímetro mojado a lo largo del tramo en estudio.**

- Ligeramente, para la mejor superficie que se puede alcanzar con un material dado

- Menor, para canales bien dragados, ligeramente erosionados o con taludes ligeramente socavados

-Moderados, para canales de pobre a regularmente dragados o con taludes moderadamente erosionables o reblandecidos

-Severo, para cauces naturales fuertemente reblandecidos o canales muy erosionables, también para canales excavados en roca con superficie muy irregular

**n2 : Rugosidad adicional equivalente debida a variación de forma y de dimensiones de las secciones a lo largo del tramo en estudio.**

- Gradual, si la sección cambia gradualmente en tamaño y forma

- Ocasional, cuando grandes y pequeñas secciones esta alternadas ocasionalmente, o cuando cambios de forma causan ocasionalmente movimientos del flujo principal de un lado a otro
- Frecuente, cuando hay grandes y pequeñas secciones alternadas frecuentemente o cuando los cambios de forma causan movimientos frecuentes en el flujo principal de un lado a otro.

### **n3 : Rugosidad equivalente debida a obstrucciones existentes en el cauce.**

La presencia de obstáculos tales como:

- Troncos de árbol, deshechos de flujo, atascamientos, pilas de puentes y estructuras similares

Para evaluar el efecto relativo de los obstáculos deben considerarse varios aspectos:

- La magnitud en que los obstáculos ocupan o reducen el área promedio de flujo
- La forma de dichos obstáculos (los objetos filosos o angulares)
- La posición o espaciamiento de los mismos, tanto transversalmente como longitudinal en el tramo

### **n4 Rugosidad adicional equivalente debida a la presencia de vegetación.**

Bajo

- Gramma o maleza densa, donde la profundidad del flujo es dos o tres veces la altura de la vegetación.

- Retoños de árboles o arbustos, donde la profundidad de flujo es tres o cuatro veces la altura de la vegetación.

Medio

- Gramma, donde la profundidad del flujo es una o dos veces la altura de la vegetación.
- Tallos y retoños de arboles con cobertura moderadas, donde la profundidad de flujo es dos o tres veces la altura de la vegetación.
- Vegetación de monte moderadamente denso a lo largo de las paredes de un canal sin vegetación significativa a lo largo del fondo, donde el radio hidráulico es mayor de 60 cm.

Alto

- Gramma, donde la profundidad promedio de flujo es aproximadamente igual a la altura de la vegetación.

- Arboles pequeños o arbustos junto con vegetación de monte con poco follaje y radio hidráulico mayor de 60 cm
- Arbustos y árboles como sauces de un año con montes en completo follaje a lo largo de las paredes, sin vegetación significativamente en el fondo y con radio hidráulico mayor de 60 cm

Muy Alto

- Gramma, donde la profundidad promedio de flujo sea menor que la mitad de la altura de la vegetación.
- Arbustos y árboles como sauces de un año, con montes en completo follaje en las paredes y a lo largo del fondo, con cualquier valor del radio hidráulico hasta 5 cm.

### **m5 : Factor de corrección para incorporar efecto de sinuosidad del cauce o presencia de meandros.**

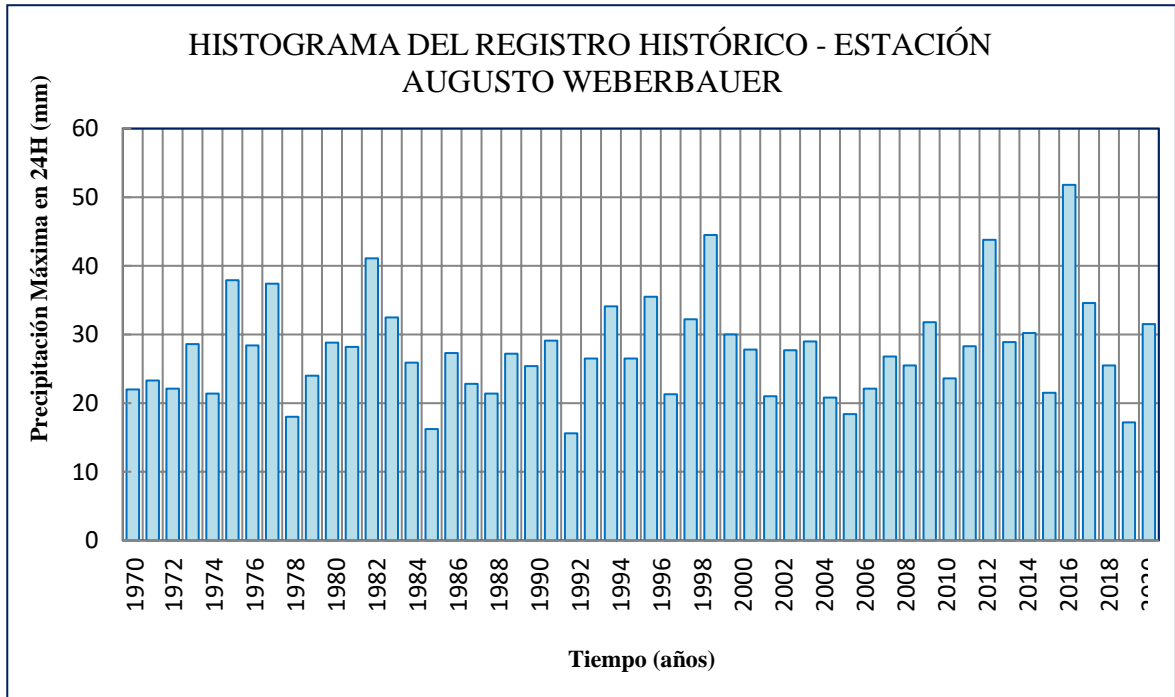
- Cuando se presentan curvas en el eje longitudinal del canal se presentan variaciones del coeficiente dependiendo del grado de curvatura
- Menor para valores de 1.0 a 1.2
- Apreciable para valores de 1.2 a 1.5
- Severa para valores iguales o mayores que 1.5

Determinación de la rugosidad del Cauce :

Coeficiente	Cauce		Riveras	
	Condición	Valor	Condición	Valor
n0	Grava Fina	0.024	Grava Fina	0.025
n1	Menor	0.005	Menor	0.005
n2	Gradual	0.000	Gradual	0.000
n3	Insignificante	0.000	Menor	0.010
n4	Baja	0.010	Media	0.015
m5	Menor	1.100	Menor	1.100
<b>n</b>		<b>0.043</b>		<b>0.061</b>

SIMBOLO	DESCRIPCION	FISIOGRAFÍA	AREA KM2	%
U	Área urbana	Montaña	0.637	<b>3.85%</b>
Ma	Matorral arbustivo	Montaña	4.480	<b>27.09%</b>
Pj	Pajonal andino	Montaña	3.075	<b>18.59%</b>
Agri	Agricultura costera y andina		8.347	<b>50.47%</b>
<b>TOTAL</b>			<b>16.54</b>	<b>100.00%</b>

Simbología	Formación Geológica	Litología	Área (Km2)	%
AU	Casco urbano	----	0.64	3.84%
Ki-ca	Formación Carhuaz	Areniscas, lutitas	1.99	12.06%
Ki-chim	Formación Chimú	Areniscas, lutitas	6.17	37.27%
Ki-f	Formación Farrat	Cuarcitas, areniscas	0.76	4.58%
Ki-pa	Formación Pariatambo	Dolomitas bituminosas, margas, calizas	0.39	2.36%
Ki-sa	Formación Santa	Calizas, lutitas, margas	0.18	1.10%
Ks-yu	Formación Yumagual	Calizas, lutitas, margas	2.69	16.26%
Po-vsp	Volcánico San Pablo	Tobas, aglomerados, brechas	1.34	8.11%
Qh-al	Depósitos Aluviales	Arenas, gravas, arcillas	<b>2.38</b>	<b>14.41%</b>
<b>TOTAL</b>			<b>16.54</b>	<b>100%</b>



**2.- PRUEBA DE DATOS DUDOSOS**  
(Método Water Resources Council)  
**ESTACIÓN AUGUSTO WEBERBAUER**

Nº	AÑO	ORDEN	P24	log(P24 )
1	1970	41	22.0	1.3424
2	1971	37	23.3	1.3674
3	1972	40	22.1	1.3444
4	1973	20	28.6	1.4564
5	1974	43	21.4	1.3304
6	1975	5	37.9	1.5786
7	1976	21	28.4	1.4533
8	1977	6	37.4	1.5729
9	1978	49	18.0	1.2553
10	1979	35	24.0	1.3802
11	1980	19	28.8	1.4594
12	1981	23	28.2	1.4502
13	1982	4	41.1	1.6138
14	1983	10	32.5	1.5119
15	1984	31	25.9	1.4133
16	1985	51	16.2	1.2095
17	1986	26	27.3	1.4362
18	1987	38	22.8	1.3579
19	1988	44	21.4	1.3304
20	1989	27	27.2	1.4346
21	1990	34	25.4	1.4048
22	1991	16	29.1	1.4639
23	1992	52	15.6	1.1931
24	1993	29	26.5	1.4232
25	1994	9	34.1	1.5328
26	1995	30	26.5	



				1.4232
27	1996	7	35.5	1.5502
28	1997	45	21.3	1.3284
29	1998	11	32.2	1.5079
30	1999	2	44.5	1.6484
31	2000	15	30.0	1.4771
32	2001	24	27.8	1.4440
33	2002	46	21.0	1.3222
34	2003	25	27.7	1.4425
35	2004	17	29.0	1.4624
36	2005	47	20.8	1.3181
37	2006	48	18.4	1.2648
38	2007	39	22.1	1.3444
39	2008	28	26.8	1.4281
40	2009	32	25.5	1.4065
41	2010	12	31.8	1.5024
42	2011	36	23.6	1.3729
43	2012	22	28.3	1.4518
44	2013	3	43.8	1.6415
45	2014	18	28.9	1.4609
46	2015	14	30.2	1.4800
47	2016	42	21.5	1.3324
48	2017	1	51.8	1.7143
49	2018	8	34.6	1.5391
50	2019	33	25.5	1.4065
51	2020	50	17.2	1.2355
52	2021	13	31.5	1.4983

**3.- PRUEBA DE LA BONDAD DEL AJUSTE - GRÁFICA DE PROBABILIDADES**

	<b>P24</b>	<b>log( P24)</b>
Numero de datos: <b>n</b>	52	
Promedio: <b>x</b>	27.7 5	1.43
Desviación estándar: <b>s</b>	7.35	0.11
Coficiente asimetría: <b>Cs</b>	1.01	0.18
<b>Cs/6: k</b>	0.17	0.03

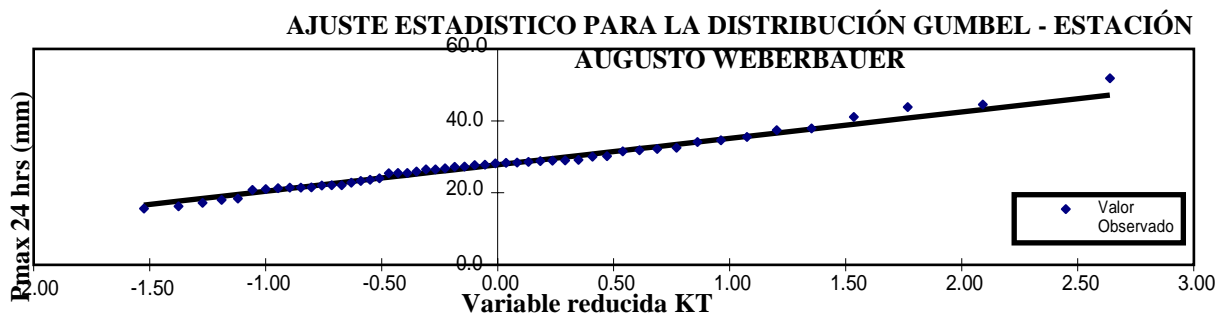
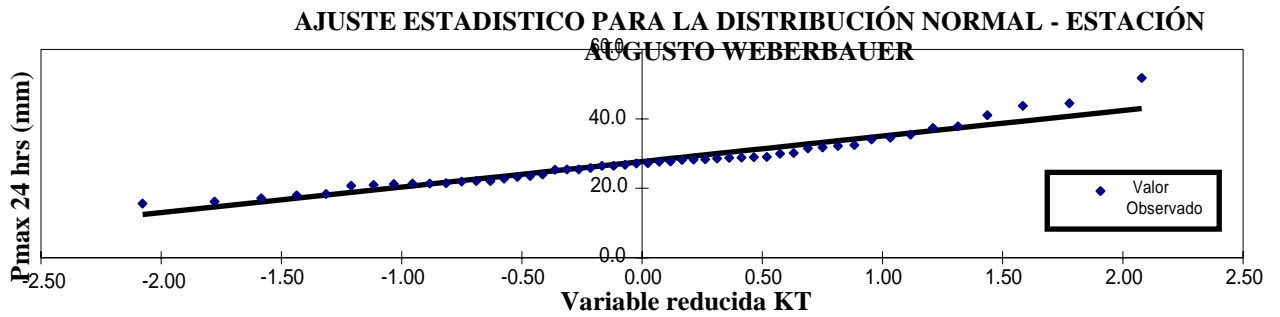
ESTACIÓN AUGUSTO WEBERBAUER														
N	T	P(X ≤xT)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		GUMBEL		LOGNOR MAL		PEARSON III		LOGPEAR SON III	
			P24	log( P24)	K <sub>T</sub>	ESPE RADO	K <sub>T</sub>	ESPE RADO	K <sub>T</sub>	ESPE RADO	K <sub>T</sub>	ESPE RADO	K <sub>T</sub>	ESPE RADO
1	53.00	1.89 %	51.8	1.7143	2.08	43.0	2.64	47.1	2.08	45.6	2.59	46.8	2.18	46.8
2	26.50	3.77 %	44.5	1.6484	1.78	40.8	2.09	43.1	1.78	42.3	2.08	43.1	1.84	43.0
3	17.67	5.66 %	43.8	1.6415	1.58	39.4	1.77	40.7	1.58	40.2	1.78	40.8	1.63	40.7
4	13.25	7.55 %	41.1	1.6138	1.44	38.3	1.53	39.0	1.44	38.7	1.56	39.2	1.47	39.0
5	10.60	9.43 %	37.9	1.5786	1.31	37.4	1.35	37.7	1.31	37.6	1.38	37.9	1.34	37.7
6	8.83	11.32 %	37.4	1.5729	1.21	36.6	1.20	36.6	1.21	36.6	1.23	36.8	1.22	36.7
7	7.57	13.21 %	35.5	1.5502	1.12	36.0	1.07	35.6	1.12	35.7	1.11	35.9	1.12	35.8
8	6.63	15.09 %	34.6	1.5391	1.03	35.3	0.96	34.8	1.03	34.9	1.00	35.1	1.03	35.0
9	5.89	16.98 %	34.1	1.5328	0.95	34.8	0.86	34.1	0.95	34.3	0.90	34.3	0.95	34.2
10	5.30	18.87 %	32.5	1.5119	0.88	34.2	0.77	33.4	0.88	33.6	0.80	33.7	0.87	33.6
11	4.82	20.75 %	32.2	1.5079	0.81	33.7	0.69	32.8	0.81	33.1	0.72	33.0	0.80	33.0
12	4.42	22.64 %	31.8	1.5024	0.75	33.3	0.61	32.2	0.75	32.5	0.64	32.5	0.74	32.4
13	4.08	24.53 %	31.5	1.4983	0.69	32.8	0.54	31.7	0.69	32.0	0.57	31.9	0.67	31.9
14	3.79	26.42 %	30.2	1.4800	0.63	32.4	0.47	31.2	0.63	31.5	0.50	31.4	0.61	31.4
15	3.53	28.30 %	30.0	1.4771	0.57	32.0	0.41	30.7	0.57	31.1	0.43	30.9	0.55	30.9
16	3.31	30.19 %	29.1	1.4639	0.52	31.6	0.35	30.3	0.52	30.7	0.37	30.5	0.50	30.5
17	3.12	32.08 %	29.0	1.4624	0.47	31.2	0.29	29.9	0.47	30.3	0.31	30.1	0.44	30.1
18	2.94	33.96 %	28.9	1.4609	0.41	30.8	0.24	29.5	0.41	29.9	0.26	29.6	0.39	29.7

19	2.79	35.85%	28.8	1.4594	0.36	30.4	0.18	29.1	0.36	29.5	0.20	29.2	0.34	29.3
20	2.65	37.74%	28.6	1.4564	0.31	30.0	0.13	28.7	0.31	29.1	0.15	28.8	0.28	28.9

21	2.52	39.62%	28.4	1.4533	0.26	29.7	0.08	28.4	0.26	28.7	0.10	28.5	0.23	28.5
22	2.41	41.51%	28.3	1.4518	0.21	29.3	0.04	28.0	0.21	28.4	0.05	28.1	0.18	28.2
23	2.30	43.40%	28.2	1.4502	0.17	29.0	-0.01	27.7	0.17	28.0	0.00	27.7	0.14	27.8
24	2.21	45.28%	27.8	1.4440	0.12	28.6	-0.06	27.3	0.12	27.7	-0.05	27.4	0.09	27.5
25	2.12	47.17%	27.7	1.4425	0.07	28.3	-0.10	27.0	0.07	27.4	-0.10	27.1	0.04	27.1
26	2.04	49.06%	27.3	1.4362	0.02	27.9	-0.14	26.7	0.02	27.0	-0.14	26.7	-0.01	26.8
27	1.96	50.94%	27.2	1.4346	-0.02	27.6	-0.19	26.4	-0.02	26.7	-0.19	26.4	-0.05	26.5
28	1.89	52.83%	26.8	1.4281	-0.07	27.2	-0.23	26.1	-0.07	26.4	-0.23	26.1	-0.10	26.2
29	1.83	54.72%	26.5	1.4232	-0.12	26.9	-0.27	25.8	-0.12	26.1	-0.27	25.7	-0.15	25.9
30	1.77	56.60%	26.5	1.4232	-0.17	26.5	-0.31	25.5	-0.17	25.8	-0.32	25.4	-0.20	25.6
31	1.71	58.49%	25.9	1.4133	-0.21	26.2	-0.35	25.2	-0.21	25.4	-0.36	25.1	-0.24	25.3
32	1.66	60.38%	25.5	1.4065	-0.26	25.8	-0.39	24.9	-0.26	25.1	-0.40	24.8	-0.29	24.9
33	1.61	62.26%	25.5	1.4065	-0.31	25.5	-0.43	24.6	-0.31	24.8	-0.44	24.5	-0.34	24.6
34	1.56	64.15%	25.4	1.4048	-0.36	25.1	-0.47	24.3	-0.36	24.5	-0.48	24.2	-0.39	24.3
35	1.51	66.04%	24.0	1.3802	-0.41	24.7	-0.51	24.0	-0.41	24.2	-0.53	23.9	-0.44	24.0
36	1.47	67.92%	23.6	1.3729	-0.47	24.3	-0.55	23.7	-0.47	23.9	-0.57	23.6	-0.49	23.7
37	1.43	69.81%	23.3	1.3674	-0.52	23.9	-0.59	23.4	-0.52	23.5	-0.61	23.3	-0.54	23.4
38	1.39	71.70%	22.8	1.3579	-0.57	23.5	-0.63	23.1	-0.57	23.2	-0.65	22.9	-0.59	23.1
39	1.36	73.58%	22.1	1.3444	-0.63	23.1	-0.67	22.8	-0.63	22.9	-0.70	22.6	-0.65	22.8
40	1.33	75.47%	22.1	1.3444	-0.69	22.7	-0.72	22.5	-0.69	22.5	-0.74	22.3	-0.70	22.5
41	1.29	77.36%	22.0	1.3424	-0.75	22.2	-0.76	22.2	-0.75	22.2	-0.78	22.0	-0.76	22.1
42	1.26	79.25%	21.5	1.3324	-0.81	21.8	-0.80	21.8	-0.81	21.8	-0.83	21.7	-0.82	21.8
43	1.23	81.13%	21.4	1.3304	-0.88	21.3	-0.85	21.5	-0.88	21.5	-0.88	21.3	-0.89	21.4
44	1.20	83.02%	21.4	1.3304	-0.95	20.7	-0.90	21.2	-0.95	21.1	-0.92	21.0	-0.96	21.1
45	1.18	84.91%	21.3	1.3284	-1.03	20.2	-0.95	20.8	-1.03	20.7	-0.97	20.6	-1.03	20.7
46	1.15	86.79%	21.0	1.3222	-1.12	19.5	-1.00	20.4	-1.12	20.2	-1.03	20.2	-1.11	20.3
47	1.13	88.68%	20.8	1.3181	-1.21	18.9	-1.06	20.0	-1.21	19.7	-1.08	19.8	-1.19	19.8
48	1.10	90.57%	18.4	1.2648	-1.31	18.1	-1.12	19.5	-1.31	19.2	-1.14	19.3	-1.29	19.3
49	1.08	92.45%	18.0	1.2553	-1.44	17.2	-1.19	19.0	-1.44	18.6	-1.21	18.8	-1.40	18.8
50	1.06	94.34%	17.2	1.2355	-1.58	16.1	-1.27	18.4	-1.58	17.9	-1.29	18.3	-1.54	18.2
51	1.04	96.23%	16.2	1.2095	-1.78	14.7	-1.38	17.6	-1.78	17.1	-1.38	17.6	-1.71	17.4
52	1.02	98.11%	15.6	1.1931	-2.08	12.5	-1.53	16.5	-2.08	15.8	-1.51	16.7	-1.97	16.2
n	52.00													

T: Periodo de retorno en años

P: Probabilidad de ocurrencia



### 5.- PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES EN 24 HORAS

#### ESTACIÓN AUGUSTO WEBERBAUER

Promedio :  $\bar{x}$  27.7     $\bar{y}$  1.4  
              = 50        = 29

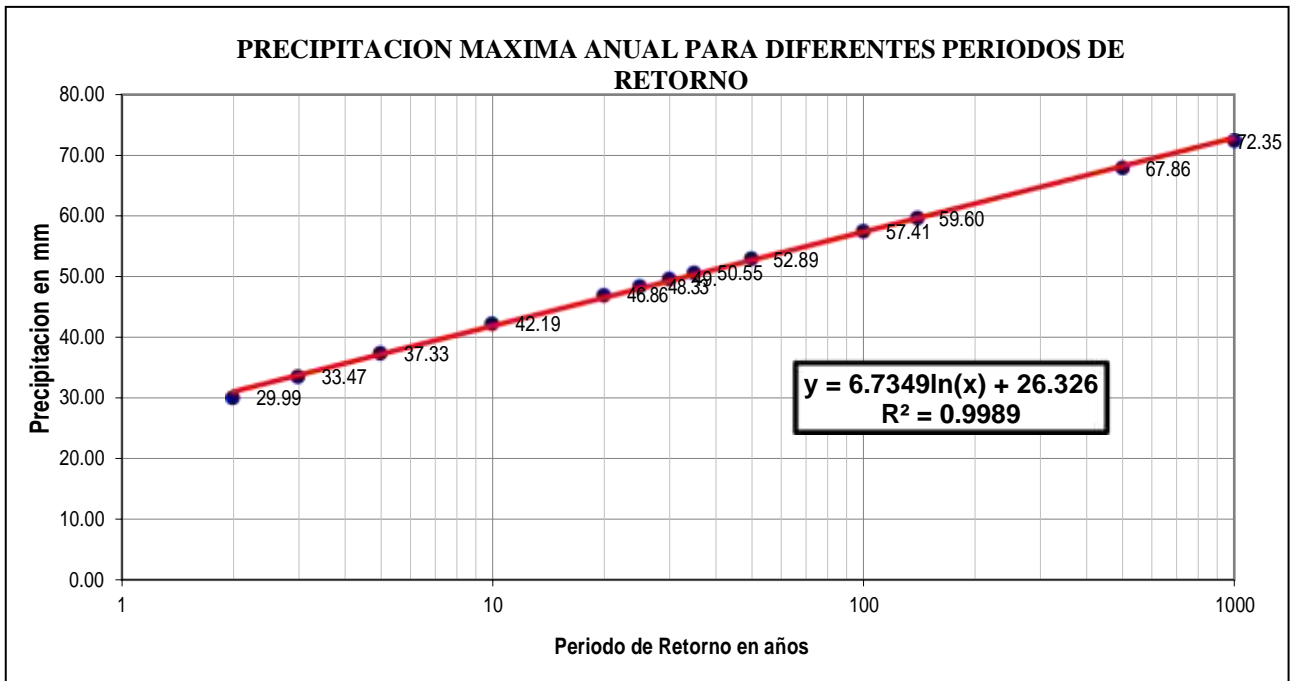
Desviación estándar :  $s$  7.35     $s_y$  0.1  
                              = 1        = 11

Cs/6 :  $k$  0.16     $k$  0.0  
          = 8        = 31

Coefficiente de corrección de Pmax por N°  
de lecturas (OMM)

$f(2$   
lecturas) 1.13  
=

T (años)	P(X ≤ x <sub>T</sub> )	DISTRIB. NORMAL		DISTRIB. GUMBELL		DISTRIB. LOGNORMAL			DISTRIB. PEARS ON III		DISTRIB. LOG PEARSON III			P <sub>MAX</sub> mm	P <sub>MAX</sub> (corregida) mm			
		K <sub>T</sub>	x <sub>T</sub>	K <sub>T</sub>	x <sub>T</sub>	K <sub>T</sub>	x <sub>T</sub>	10 <sup>x<sub>T</sub></sup>	K <sub>T</sub>	x <sub>T</sub>	K <sub>T</sub>	x <sub>T</sub>	10 <sup>x<sub>T</sub></sup>					
2	0.50 0	0.27 00	0.8	-0.16	26 .5	0.00	1.43	26.87	-	0.16	26.6	-	0.03	1.43	26.7	26.54	29.99	
3	0.66 7	0.30 43	0.9	0.25	29 .6	0.43	1.48	29.98	0.2	29.75	0.4	1.47	29.8	0	47	29.8	29.62	33.47
5	0.80 0	0.33 84	0.9	0.72	33 .0	0.84	1.52	33.29	0.7	33.53	0.8	1.52	33.2	3	52	33.2	33.04	37.33
10	0.90 0	1.37 28	0.2	1.30	37 .3	1.28	1.57	37.24	1.3	37.35	1.3	1.57	37.4	0	57	37.4	37.34	42.19
20	0.95 0	1.39 64	0.8	1.87	41 .5	1.64	1.61	40.85	1.8	41.73	1.7	1.62	41.4	0	62	41.4	41.47	46.86
25	0.96 0	1.40 75	0.6	2.04	42 .8	1.75	1.62	41.96	2.0	42.41	1.8	1.63	42.6	1	63	42.6	42.77	48.33
30	0.96 7	1.41 83	0.2	2.19	43 .8	1.83	1.63	42.86	2.1	43.75	1.9	1.64	43.6	0	64	43.6	43.84	49.54
35	0.97 1	1.41 90	0.7	2.31	44 .7	1.90	1.64	43.61	2.2	44.88	1.9	1.65	44.5	8	65	44.5	44.74	50.55
50	0.98 0	2.42 05	0.8	2.59	46 .8	2.05	1.66	45.33	2.5	46.46	2.1	1.67	46.5	5	67	46.5	46.81	52.89
100	0.99 0	2.44 33	0.9	3.14	50 .8	2.33	1.69	48.59	3.0	50.35	2.4	1.70	50.3	6	70	50.3	50.81	57.41
140	0.99 3	2.45 45	0.8	3.40	52 .7	2.45	1.70	50.14	3.2	51.68	2.6	1.72	52.1	0	72	52.1	52.74	59.60
500	0.99 8	2.48 88	0.9	4.39	60 .1	2.88	1.75	55.92	4.1	58.30	3.1	1.77	59.2	0	77	59.2	60.05	67.86
1000	0.99 9	3.50 09	0.5	4.94	64 .0	3.09	1.77	59.02	4.5	61.90	3.3	1.80	63.2	6	80	63.2	64.03	72.35



### 1.- PRECIPITACIONES MÁXIMAS DETERMINADOS APARTIR DE POLIGONOS DE THIESSEN

Subcuenca	2	5	10	20	25	30	35	50	100	140	500
Quebrada los Chilcos	29.99	37.33	42.19	46.86	48.33	49.54	50.55	52.89	57.41	59.60	67.86

### 2.- ECUACIÓN DE CURVA INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA

#### Quebrada los Chilcos

#### Lluvias máximas (mm/hora)

TR años	Ppt. Máx. 24 Horas	Duración (minutos)					
		5	10	15	20	30	60
500	67.86	16.47	19.59	21.68	23.30	25.78	30.66
100	57.41	13.94	16.57	18.34	19.71	21.81	25.94
50	52.89	12.84	15.27	16.90	18.16	20.09	23.90
25	48.33	11.73	13.95	15.44	16.59	18.36	21.84
20	46.86	11.37	13.53	14.97	16.09	17.80	21.17
10	42.19	10.24	12.18	13.48	14.48	16.03	19.06
5	37.33	9.06	10.78	11.93	12.82	14.18	16.87
2	29.99	7.28	8.66	9.58	10.30	11.39	13.55

Fuente: Elaboración propia siguiendo el Modelo de Dick Peschke.

#### Intensidades máximas (mm/hora)

TR años	Ppt. Máx. 24 Horas	Duración (minutos)					
		5	10	15	20	30	60
500	67.86	197.70	117.50	86.70	69.90	51.60	30.70
100	57.41	167.20	99.40	73.40	59.10	43.60	25.90
50	52.89	154.10	91.60	67.60	54.50	40.20	23.90
25	48.33	140.80	83.70	61.80	49.80	36.70	21.80
20	46.86	136.50	81.20	59.90	48.30	35.60	21.20
10	42.19	122.90	73.10	53.90	43.50	32.10	19.10
5	37.33	108.80	64.70	47.70	38.40	28.40	16.90
2	29.99	87.40	51.90	38.30	30.90	22.80	13.60

Fuente: Elaboración propia.

**Ecuación para generar curva intensidad - duración - frecuencia**

$$\text{Log (I)} = \text{Log (K)} + m \cdot \text{Log (T)} - n \cdot \text{Log (t)}$$

o también:  $Y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2$

$$I = \frac{10^{2.456} \cdot T^{0.144}}{t^{0.75}}$$

$$I = \frac{10^K \cdot T^m}{t^n}$$

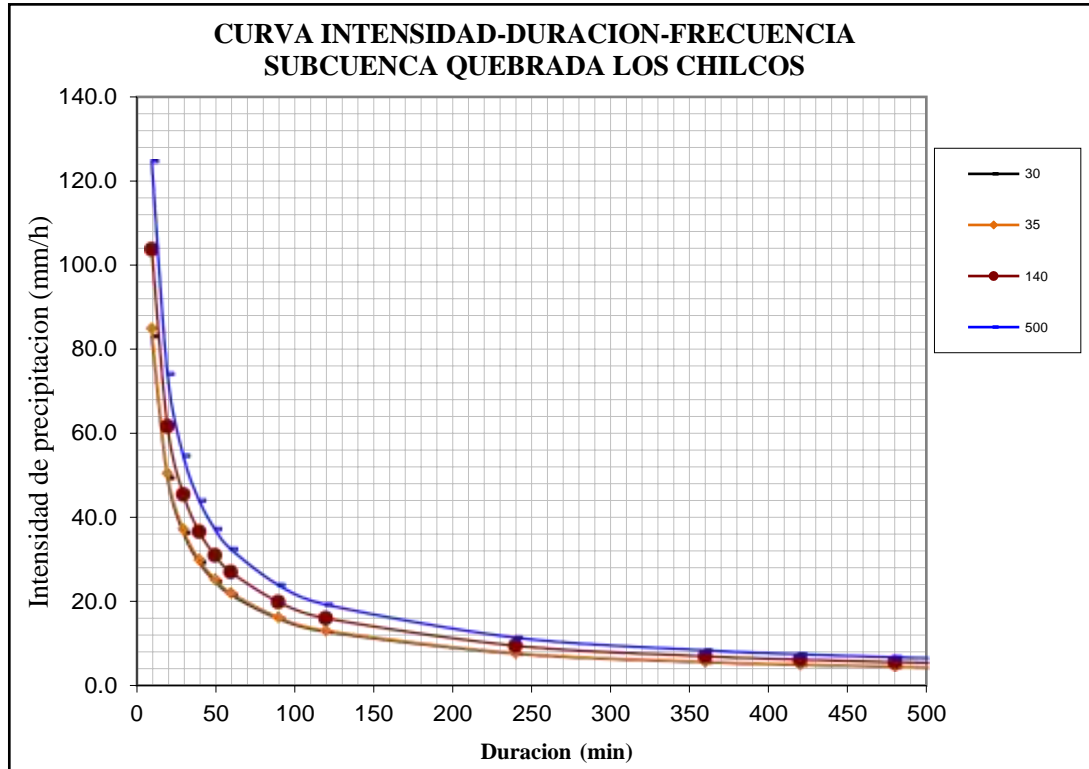
**3.- INTENSIDADES DE DISEÑO PARA DURACIONES MENORES A 24 HORAS  
(mm/hr)**

$$I = \frac{10^K \cdot T^m}{t^n}$$

K =	2.456
m =	0.144
n =	0.75

Subcuenca Quebrada los Chilcos											
DURACIÓN		PERÍODO DE RETORNO (años)									
Hr	min	2	5	10	20	30	35	50	140	200	500
0.17	10.00	56.23	64.17	70.91	78.36	83.08	84.94	89.43	103.73	109.20	124.62
0.33	20.00	33.44	38.16	42.17	46.60	49.41	50.52	53.18	61.69	64.95	74.12
0.50	30.00	24.68	28.16	31.12	34.39	36.46	37.28	39.24	45.52	47.92	54.69
0.67	40.00	19.89	22.70	25.08	27.72	29.39	30.05	31.63	36.69	38.63	44.08
0.83	50.00	16.83	19.20	21.22	23.45	24.86	25.42	26.76	31.04	32.68	37.29
1.00	60.00	14.68	16.75	18.51	20.45	21.68	22.17	23.34	27.07	28.50	32.53
1.50	90.00	10.83	12.36	13.66	15.09	16.00	16.36	17.22	19.98	21.03	24.00
2.00	120.00	8.73	9.96	11.01	12.16	12.90	13.19	13.88	16.10	16.95	19.34
4.00	240.00	5.19	5.92	6.55	7.23	7.67	7.84	8.26	9.58	10.08	11.50
6.00	360.00	3.83	4.37	4.83	5.34	5.66	5.79	6.09	7.07	7.44	8.49
7.00	420.00	3.41	3.89	4.30	4.76	5.04	5.15	5.43	6.30	6.63	7.56
8.00	480.00	3.09	3.52	3.89	4.30	4.56	4.66	4.91	5.70	6.00	6.84
10.00	600.00	2.61	2.98	3.29	3.64	3.86	3.95	4.15	4.82	5.07	5.79
11.00	660.00	2.43	2.77	3.07	3.39	3.59	3.67	3.87	4.49	4.72	5.39
12.00	720.00	2.28	2.60	2.87	3.17	3.37	3.44	3.62	4.20	4.42	5.05
24.00	1440.00	1.35	1.55	1.71	1.89	2.00	2.05	2.15	2.50	2.63	3.00





**4.- HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO PARA TIEMPO DE RETORNO DE 140 AÑOS  
Quebrada los Chilcos**

Periodo de retorno (años)	TR =	140
---------------------------	------	-----

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDAD ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
10	103.7	17.3	17.3	0-10	0.53
20	61.7	20.6	3.3	10-20	0.58
30	45.5	22.8	2.2	20-30	0.65
40	36.7	24.5	1.7	30-40	0.74
50	31.0	25.9	1.4	40-50	0.87
60		27.1	1.2	50-60	1.07

	27.1				
70	24.1	28.1	1.1	60-70	1.41
80	21.8	29.1	1.0	70-80	2.20
90	20.0	30.0	0.9	80-90	<b>17.29</b>
100	18.5	30.8	0.8	90-100	3.28
110	17.2	31.5	0.7	100-110	1.70
120	16.1	32.2	0.7	110-120	1.21
130	15.2	32.9	0.7	120-130	0.96
140	14.3	33.5	0.6	130-140	0.80
150	13.6	34.1	0.6	140-150	0.69
160	13.0	34.6	0.6	150-160	0.62
170	12.4	35.1	0.5	160-170	0.55
180	11.9	35.6	0.5	170-180	0.51

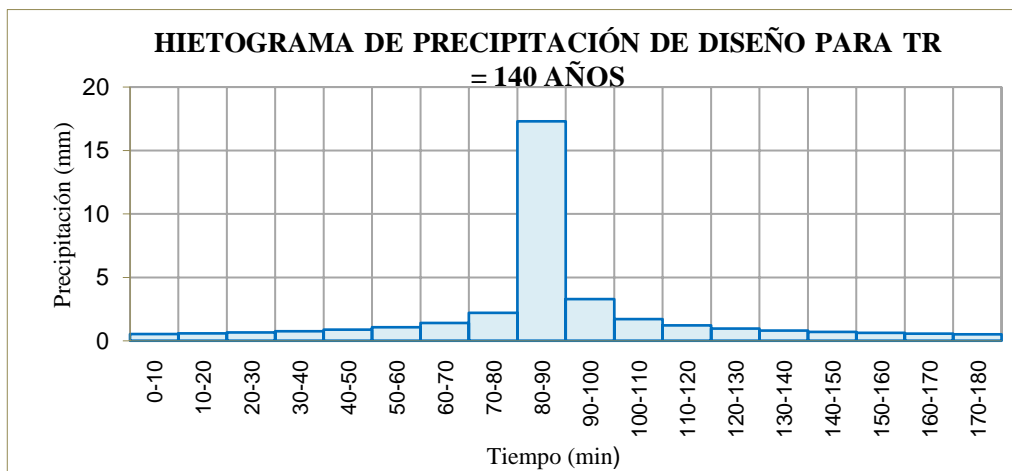
**Curva Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF)**

$$I = \frac{10^{2.4563 - 0.1441T}}{t^{0.75}}$$

I: Intensidad máxima (mm/h)

T: Período de retorno en años

t: Duración de la precipitación (min)



#### 4.- HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO PARA TIEMPO DE RETORNO DE 500 AÑOS Quebrada los Chilcos

Periodo de retorno (años)	TR =	500
---------------------------	------	-----

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDAD ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
10	124.6	20.8	20.8	0-10	0.64
20	74.1	24.7	3.9	10-20	0.70
30	54.7	27.3	2.6	20-30	0.78
40	44.1	29.4	2.0	30-40	0.89
50	37.3	31.1	1.7	40-50	1.05
60	32.5	32.5	1.5	50-60	1.28
70	29.0	33.8	1.3	60-70	1.69
80	26.2	35.0	1.1	70-80	2.64
90	24.0	36.0	1.0	80-90	<b>20.77</b>
100	22.2	37.0	1.0	90-100	3.94
110	20.6	37.9	0.9	100-110	2.04
120	19.3	38.7	0.8	110-120	1.45
130	18.2	39.5	0.8	120-130	1.15
140	17.2	40.2	0.7	130-140	0.96
150	16.4	40.9	0.7	140-150	0.83
160	15.6	41.6	0.7	150-160	0.74
170	14.9	42.2	0.6	160-170	0.67
180	14.3	42.8	0.6	170-180	0.61

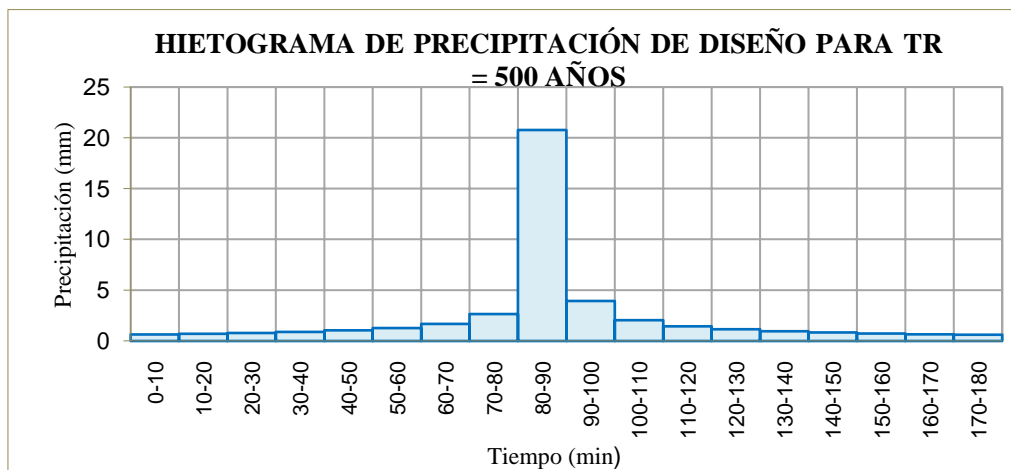
#### Curva Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF)

$$I = \frac{10^{2.4563 - 0.1441T}}{t^{0.75}}$$

I: Intensidad máxima (mm/h)

T: Período de retorno en años

t: Duración de la precipitación (min)



# ANEXOS N°3 ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA CUENCA POR SOCAVACION

**DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE LOS MUROS DE ENCAUZAMIENTO - QUEBRADA CHILCOS**

Para determinar la altura de muro se utilizó los resultados del modelamiento hidráulico con Hec Ras

Lo cual se muestra en la tabla siguiente

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flo w Area	Top Width	Froude # Chl	Tirante
	(m3/s)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)		(m)
864	14.4	2706.55	2707.26	0.028323	2.99	5.14	8.54	1.17	0.71
860	14.4	2706.43	2707.2	0.023034	2.85	5.4	8.28	1.07	0.77
850	14.4	2706.15	2706.82	0.034821	3.15	4.84	8.55	1.28	0.67
840	14.4	2705.87	2706.63	0.023265	2.68	5.68	9.32	1.06	0.76
830	14.4	2705.6	2706.56	0.012153	2.23	6.7	8.72	0.78	0.96
820	14.4	2705.4	2706.26	0.019893	2.77	5.46	7.55	1	0.86
810	14.4	2705.23	2706.29	0.007079	1.95	8.17	9.06	0.62	1.06
800	14.4	2704.96	2705.89	0.01859	3	5.07	5.95	1	0.93
795	14.4	2704.67	2705.1	0.117361	4.45	3.33	8.34	2.2	0.43
768	14.4	2703.42	2704.04	0.038204	2.75	5.34	11.6	1.28	0.62
757	14.4	2702.96	2703.78	0.023115	2.72	5.4	8.16	1.06	0.82
750	14.4	2702.78	2703.38	0.046186	3.22	4.53	8.72	1.42	0.60
740	14.4	2702.55	2703.67	0.004146	1.59	9.34	8.86	0.49	1.12
730	14.4	2702.42	2703.65	0.003017	1.45	10.3	8.91	0.42	1.23
720	14.4	2702.54	2703.31	0.020163	2.67	5.6	8.05	1	0.77
710	14.4	2701.76	2702.96	0.030091	2.97	4.99	7.69	1.15	1.20
700	14.4	2701.5	2702.87	0.012656	2.38	6.39	7.55	0.79	1.37
690	14.4	2701.49	2702.56	0.019587	2.95	5.39	6.86	0.99	1.07
680	14.4	2701.02	2702.34	0.010534	2.56	6.38	6.9	0.76	1.32
670	14.4	2700.94	2702.26	0.008582	2.52	6.73	6.64	0.71	1.32
660	14.4	2700.85	2701.94	0.017108	3.15	5.16	5.72	0.97	1.09
650	14.4	2700.61	2701.59	0.026671	3.52	4.45	5.59	1.19	0.98
640	14.4	2700.37	2701.33	0.027665	3.44	4.5	5.93	1.2	0.96

630	14.4	2700.13	2701.07	0.028503	3.36	4.55	6.26	1.21	0.94
620	14.4	2699.89	2700.94	0.018085	2.93	5.23	6.35	0.98	1.05
610	14.4	2699.65	2700.73	0.018718	3.03	5.18	6.66	1	1.08
600	14.4	2699.4	2700.72	0.009821	2.43	6.45	6.68	0.73	1.32
590	14.4	2699.45	2700.46	0.017661	2.91	5.45	6.84	0.97	1.01
580	14.4	2699.29	2700.31	0.011057	2.42	6.49	7.42	0.78	1.02
575	14.4	2699.29	2700.14	0.017948	2.77	5.66	7.64	0.97	0.85
570	14.4	2699.08	2699.87	0.02998	3.25	4.72	6.99	1.22	0.79
560	14.4	2698.63	2699.64	0.021561	3.17	4.97	6.2	1.07	1.01
550	14.4	2698.25	2699.2	0.030824	3.67	4.33	5.74	1.27	0.95
540	14.4	2697.94	2698.83	0.033695	3.78	4.2	5.78	1.32	0.89
530	14.4	2697.63	2698.51	0.033087	3.76	4.23	5.8	1.31	0.88
520	14.4	2697.32	2698.2	0.031983	3.72	4.3	5.85	1.29	0.88
510	14.4	2697.15	2698.3	0.011846	2.61	5.94	6.33	0.8	1.15
500	14.4	2697.02	2698.11	0.014164	2.9	5.73	6.36	0.89	1.09
490	14.4	2696.89	2697.98	0.013363	2.84	5.87	6.45	0.87	1.09
480	14.4	2696.76	2697.84	0.013877	2.87	5.8	6.52	0.89	1.08
470	14.4	2696.58	2697.71	0.013743	2.83	5.89	6.62	0.88	1.13
460	14.4	2696.34	2697.44	0.020722	3.16	5.2	6.48	1.05	1.10
450	14.4	2696.1	2697.28	0.018537	2.92	5.3	6.64	0.97	1.18
440	14.4	2695.86	2697.07	0.019536	2.98	5.2	6.76	1	1.21
430	14.4	2695.62	2696.87	0.019568	3.02	5.44	9.6	1.01	1.25
420	14.4	2695.24	2696.2	0.050459	3.93	3.73	5.73	1.5	0.96
410	14.4	2694.83	2695.87	0.033496	3.74	4.27	5.93	1.31	1.04
400	14.4	2694.45	2695.32	0.044835	4.16	3.88	5.84	1.51	0.87
395	14.4	2694.25	2695.54	0.009625	2.58	6.48	6.4	0.75	1.29
390	14.4	2694.04	2695.25	0.017414	3.29	5.02	5.39	1	1.21
380	14.4	2693.77	2694.81	0.029818	3.89	4.31	5.52	1.27	1.04
37	14.4	2693.4	2694.	0.0367	4.06	3.9	5.44	1.37	0.98

0			38	6		7			
360	14.4	2693.11	2694.23	0.02233	3.57	4.58	5.47	1.11	1.12
350	14.4	2692.81	2693.9	0.029287	3.73	4.16	5.11	1.23	1.09
340	14.4	2692.51	2693.81	0.017643	3.25	5.07	5.47	1	1.30
330	14.4	2692.16	2693.19	0.037702	4.19	3.84	4.95	1.41	1.03
320	14.4	2691.82	2692.82	0.035787	4.19	3.85	4.86	1.39	1.00
310	14.4	2691.47	2692.47	0.035595	4.15	3.85	4.79	1.36	1.00
300	14.4	2691.15	2692.26	0.025742	3.84	4.32	4.93	1.19	1.11
290	14.4	2690.94	2692.2	0.017079	3.39	4.98	5.17	0.99	1.26
280	14.4	2690.74	2691.9	0.022383	3.61	4.5	5.03	1.1	1.16
270	14.4	2690.53	2691.85	0.014213	2.95	5.32	5.37	0.85	1.32
260	14.4	2690.32	2691.74	0.01127	3.03	5.88	5.59	0.83	1.42
250	14.4	2690.23	2691.68	0.009813	2.68	6.16	5.79	0.73	1.45
240	14.4	2690.15	2691.6	0.00999	2.52	6.15	6.3	0.71	1.45
230	14.4	2690	2691.27	0.020662	3.11	4.75	5.19	0.96	1.27
220	14.4	2689.85	2690.72	0.041871	3.82	3.93	5.28	1.36	0.87
210	14.4	2689.62	2690.42	0.038851	3.39	4.25	5.78	1.26	0.80
200	14.4	2689.37	2690.45	0.015744	2.51	5.74	6.04	0.82	1.08
190	14.4	2689.12	2690.36	0.010509	2.34	6.25	6.02	0.69	1.24
180	14.4	2688.87	2690.02	0.01888	3	5.02	6	0.96	1.15
170	14.4	2688.59	2689.66	0.030837	3.33	4.33	5.22	1.15	1.07
160	14.4	2688.32	2689.41	0.027547	3.17	4.55	5.41	1.09	1.09
150	14.4	2688.04	2689.2	0.024849	3.03	4.75	5.33	1.02	1.16
140	14.4	2687.75	2688.9	0.027446	3.15	4.57	5.24	1.08	1.15
130	14.4	2687.46	2688.84	0.015558	2.64	5.49	5.49	0.83	1.38
120	14.4	2687.17	2688.5	0.01796	3.2	4.87	5.15	0.95	1.33
110	14.4	2686.89	2688.19	0.022729	3.5	4.45	4.86	1.06	1.30
100	14.4	2686.62	2687.17	0.160831	5.57	3.35	7.98	2.6	0.55
90	14.4	2686.35	2687.44	0.008834	2.23	7.63	7.76	0.7	1.09

80	14.4	2686.08	2687.52	0.001237	1.02	14.65	10.96	0.28	1.44
70	14.4	2685.9	2687.36	0.005226	2.15	8.92	6.76	0.57	1.46
60	14.4	2685.77	2687.37	0.002458	1.52	10.8	7.93	0.39	1.60
50	14.4	2685.64	2687.26	0.005339	2.21	8.85	7.16	0.58	1.62
40	14.4	2685.59	2686.77	0.018721	3.4	4.89	4.62	1.03	1.18
35	14.4	2685.4	2686.39	0.034483	3.94	3.91	4.8	1.35	0.99
30	14.4	2685.2	2686.06	0.054799	4.17	3.53	5.01	1.55	0.86
20	14.4	2684.93	2686.42	0.005039	2.1	7.68	6.28	0.55	1.49
10	14.4	2684.8	2686.08	0.01813	3.05	5.22	6.1	0.94	1.28
5	14.4	2684.68	2685.72	0.030081	3.66	4.2	5.26	1.26	1.04
0	14.4	2684.57	2685.54	0.039318	3.67	4.11	6.03	1.39	0.97

#### Precisiones respecto a los resultados proporcionados por hec ras

- Las velocidades mostradas en la tabla corresponden a las velocidades media en la sección
- El tirante mostrado corresponde al tirante máximo de la sección
- La pendiente mostrada corresponde a la pendiente de la línea de energía.

#### Análisis del planteamiento de los muros de encauzamiento

- La velocidad y los tirantes serán usados en el cálculo del borde libre, la estimación de la socavación y D50 del enrocamiento. En un cauce estable normalmente las velocidades y los tirantes son menores en las márgenes que en la zona central, dicha condición no se cumple en los cauces irregulares con transporte de sedimentos, donde la sección de mayor profundidad y velocidad varía en las diferentes avenidas lo cual estaría en contacto con las obras de encauzamiento. Bajo esta consideración como mínimo se deberá diseñar con las velocidades medias y tirantes medios de las secciones evaluadas.
- La pendiente de la línea de energía coincide con la pendiente del terreno por lo que, para el diseño se considerará la pendiente promedio aguas arriba y aguas abajo del puente.

Resumen de parámetros	Valor
Caudal de simulación TR=140años	<b>14.4</b>
Longitud evaluada aguas arriba (m):	<b>864.33</b>
Pendiente promedio aguas arriba (m):	<b>0.024</b>
Ancho medio aguas arriba (m):	<b>6.6</b>
Tirante medio aguas arriba (m):	<b>1.08</b>
Velocidad media aguas arriba (m/s)	<b>3.09</b>
Estación final de muro A. Arriba:	<b>864.33</b>
Estación de inicio de muro A. Abajo:	<b>0</b>



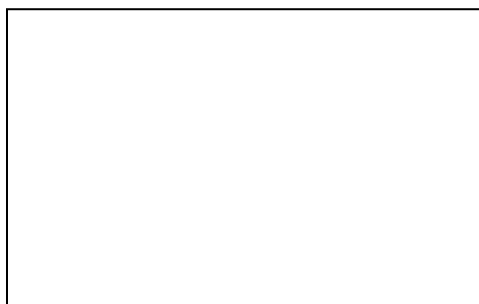
### Estimación del borde Libre

Borde Libre (BL) =  $\zeta e$   $e = V^2/2g$

Caudal máximo m <sup>3</sup> /s		$\zeta$	$\zeta$	e	BL	H <sub>M</sub> = y + BL
3000	4000	2	1.0	0.49	0.49	y : Tirante de diseño (m)
2000	3000	1.7				y = 1.08
1000	2000	1.4				>>>>>> H <sub>M</sub> = 1.56
500	1000	1.2				Por Procesos Constructivos
100	500	1.1				>>>>>> H <sub>M</sub> = <b>2.50 (1)</b>

### CALCULO DE LA SOCAVACIÓN

#### 1. Profundidad de socavación general



#### a) Suelos Granulares

#### Método de Lischvan – Levediev (1953)

$$H_s = \left( \frac{\alpha h^{5/3}}{0.68 \beta \varphi D^{0.28}} \right)^{\frac{1}{1+z}}$$

$\beta$

$$\alpha = \frac{Q}{h^3 B \mu}$$

$$z = 0.394557 - 0.04136 \text{Log} D_m - 0.00891 \text{Log}^2 D_m$$

$$\varphi = -0.54 + 1.5143 \gamma_m \text{ si } \gamma_m > \frac{1.0t}{1.0t} \text{ (lecho movil)}$$

Donde:

H<sub>s</sub> – h: Profundidad de socavación (m)

h: Tirante de agua (m)

D<sub>m</sub>: Diámetro característico del lecho (mm)

$\beta$ : Coeficiente de frecuencia.

- $\mu$ : Factor de corrección por contracción del cauce.  
 $\phi$ : Factor de corrección por forma de transporte de sedimentos.  
 $z$ : exponente variable en función del diámetro medio de la partícula  
 $Q$ : caudal  
 $B$ : ancho de la superficie libre  
 $V$ : Velocidad

Determinación de  $\mu$ . - Si el factor de corrección es menor que 1 contribuye a la socavación, si no hay obstáculos se considera el valor de 1

**Tabla N° 01. Factor de corrección por contracción del cauce  $\mu$  (Juárez B. y Rico R)**

V (m/s)	Luz libre (m)													
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200	
<1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99
>4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99

Para puentes de una sola luz, la luz libre es la distancia entre estribos. Para puentes de varios tramos, la luz libre es la mínima distancia entre dos pilares consecutivos, o entre el pilar y estribo más próximos.

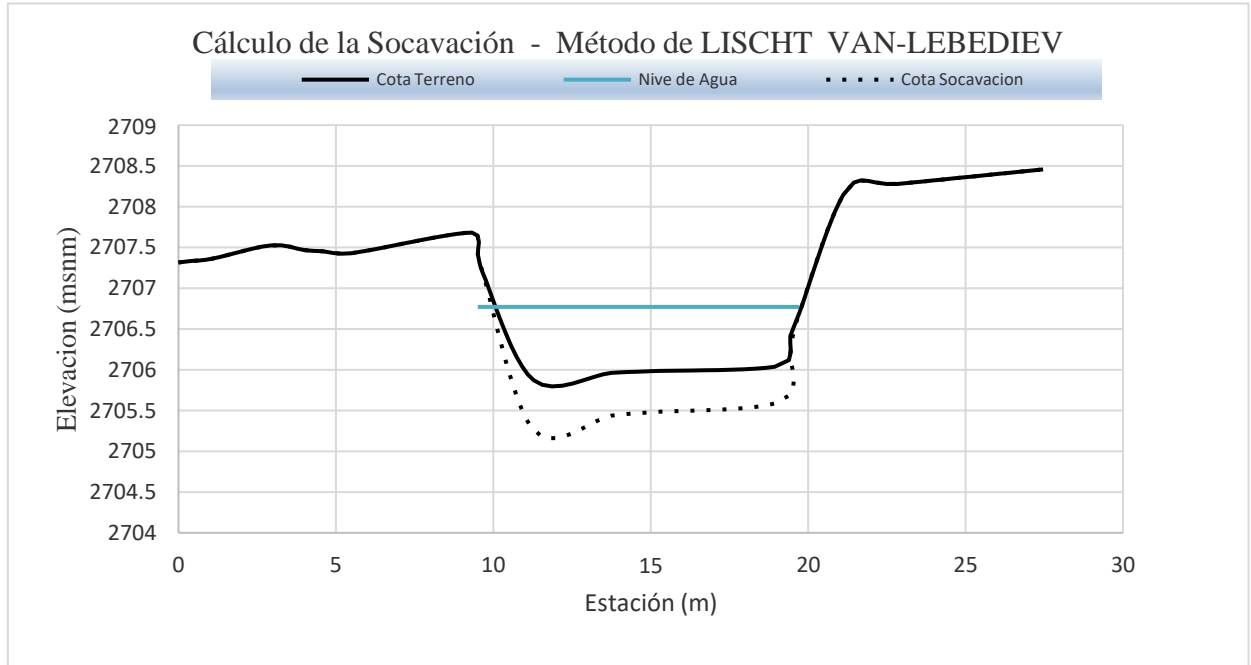
**Tabla N° 02. Cálculo de Socavación según Lischvan Levediev**

	Parámetros Hidráulicos	Valor
	Q (m <sup>3</sup> /s)	21.7
	h (m)	0.90
	B (m)	9.63
	A (m <sup>2</sup> )	6.99
	V (m/s)	3.32
	Dm (mm)	1.5
	Luz (mínima para $\mu$ )	9.17
	Tiempo de Retorno	500
	Peso específico muestra de	1.5

agua (Tn/m <sup>3</sup> )	
$\mu$	0.91
$\alpha$	2.9
$\beta$	1.06
$\phi$	1.73
z	0.39
Hs (m)	1.51
Prof. Max.Socav. (ds) (m)	<b>0.61</b>

Estación	Cota Terreno	Nive de Agua	Tirante	Socavación	Cota Socavación
0	2707.314	2706.77	0.00	0.00	2707.31
0.388	2707.332	2706.77	0.00	0.00	2707.33
1.06	2707.359	2706.77	0.00	0.00	2707.36
2.931	2707.524	2706.77	0.00	0.00	2707.52
4.001	2707.466	2706.77	0.00	0.00	2707.47
4.582	2707.451	2706.77	0.00	0.00	2707.45
5.483	2707.427	2706.77	0.00	0.00	2707.43
9.323	2707.68	2706.77	0.00	0.00	2707.68
9.51	2707.411	2706.77	0.00	0.00	2707.41
9.672	2707.178	2706.77	0.00	0.00	2707.18
11.282	2705.869	2706.77	0.90	0.61	2705.26
13.735	2705.959	2706.77	0.81	0.52	2705.44
15	2705.98	2706.77	0.79	0.50	2705.48
19.157	2706.051	2706.77	0.72	0.44	2705.62
19.432	2706.409	2706.77	0.36	0.14	2706.27
19.71	2706.687	2706.77	0.08	0.00	2706.68
21.242	2708.22	2706.77	0.00	0.00	2708.22
22.853	2708.277	2706.77	0.00	0.00	2708.28

27.46	2708.456	2706.77	0.0 0	0.00	2708.46
30	2708.39	2706.77	0.0 0	0.00	2708.39



## 2. Profundidad de socavación por Contracción

### Método de Laursen

Para determinar si el flujo aguas arriba está transportando materiales de lecho, se calcula la velocidad crítica para inicio de transporte de sedimentos  $V_c$  de la partícula  $D_{50}$  y compararla con la velocidad media de la corriente en el cauce principal o en las laderas aguas arriba de la apertura del puente.

**Agua Clara  $V < V_c$**

**Lecho móvil  $V > V_c$**

$$V_c = \frac{1}{\gamma} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$V_c = 6.19 h^{1/6} \gamma^{1/3}$$

**Tabla N° 03.  
Velocidad Crítica**

Parámetros Hidráulicos	Valor
Vmedia(HecRas) (m/s)	3.32
h	0.9

	0
D50	0.2
Vc (m/s)	0.4

Vc: Velocidad crítica por encima de la cual el material de lecho con tamaño D50

h: Profundidad del flujo aguas arriba

D50: Diámetro de la partícula de lecho en una mezcla cuyo 50% es menor (m)

- Calculo de la socavación por contracción en lecho móvil

$$\frac{H_s}{h_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^{6/7} \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{K_1}$$

Hs- h2: Profundidad media de socavación por contracción (m)

HS: Profundidad media del flujo en el cauce en la sección . contraída del puente después de la socavación (m)

h1: Profundidad media del flujo en el cauce principal y laderas que transportan sedimentos aguas arriba del puente (m)

h2: Profundidad media del flujo en la sección contraída del puente antes de la socavación.

Puede usarse h1 en cauces arenosos con lecho móvil, caso en el que el hoyo dejado por la socavación es rellenado con sedimentos (m).

Q1: Caudal en la sección aguas arriba del cauce principal y laderas que transportan sedimentos. No incluye flujo sobre las laderas del río con agua clara (m<sup>3</sup>/s).

Q2: Caudal en la sección contraída del puente y laderas que transportan sedimentos. No incluye flujo sobre las laderas del río con agua clara (m<sup>3</sup>/s)

B1: Ancho del cauce principal y laderas en la sección aguas arriba que transportan sedimentos (m)

B2: Ancho neto del cauce principal y laderas que transportan sedimentos en la sección contraída sustrayendo el ancho de las pilas (m)

K1 Exponente en función del modo de transporte de sedimento, de la velocidad de

corte aguas arriba del puente y de la velocidad de caída del material del lecho.

**Tabla N° 04. valores de K1**

V/w	k1	Modo de Transporte del sedimento de lecho
< 0.50	0.59	Mucho Material en contacto con el lecho

0.50 a 2.0	0.64	Algo del material del lecho suspendido
> 2.0	0.69	Mucho material del lecho suspendido

$V_*$ : velocidad cortante en el cauce principal o ladera en la sección aguas arriba (m/s)

$w$ : velocidad de caída para  $D_{50}$  (m/s)

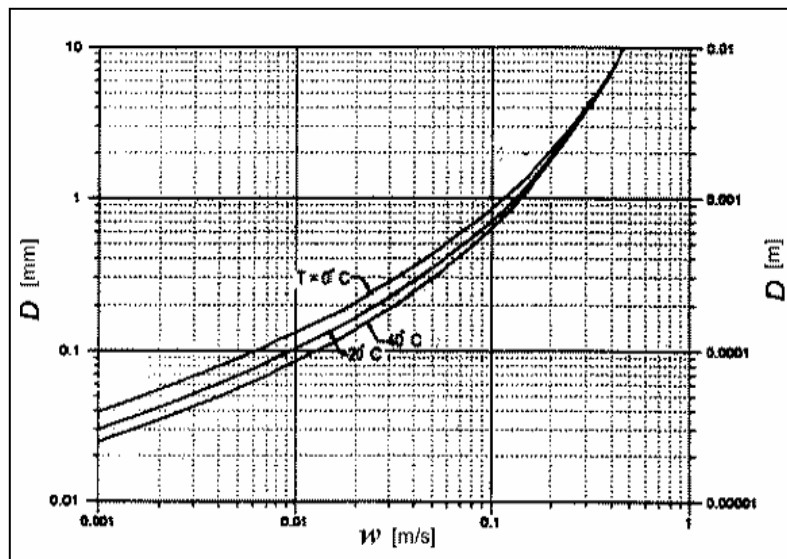
$g$ : aceleración de la gravedad = 9.8 m/s<sup>2</sup>

$I_1$ : gradiente hidráulico en la sección de aguas arriba del puente (m/m)

$D_{50}$ : diámetro de la partícula de lecho en una mezcla cuyo 50% es menor (m)

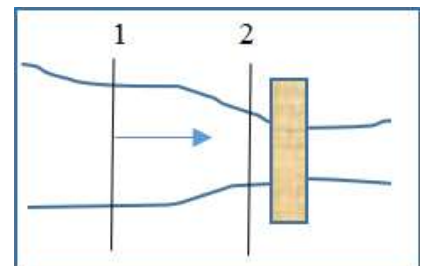
$V_*$  \_\_\_\_\_

**Figura N° 01. Velocidad de caída ( $w$ ) para partículas de arena Hec-18**



**Tabla N° 05. Datos iniciales - Laursen**

Parámetros Hidráulicos	Valor
$Q_1$ (m <sup>3</sup> /s)	21.7
$Q_2$ (m <sup>3</sup> /s)	21.7
$B_1$ (m)	8.96
$B_2$ (m)	9.63
$h_1$	0.85
$h_2$	0.9



	0
$k_1$	0.6 4
Hs	0.8 1
<b>Hs- h<sub>2</sub>(Socavación en m)</b>	<b>0.0 0</b>

### Método de Straub

Hs-h<sub>1</sub>: Profundidad de socavación, (m)

B<sub>1</sub>: Ancho de la superficie libre del cauce aguas arriba de la contracción (m)

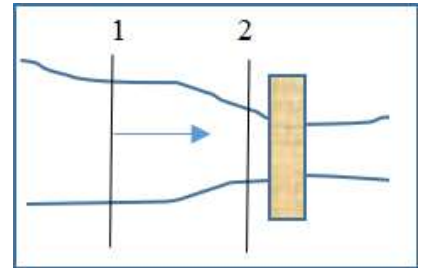
B<sub>2</sub>: Ancho de la superficie libre del cauce en la contracción (m)

h<sub>1</sub>: Tirante del Flujo aguas arriba de la contracción(m)

$$H_s = \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{0.642} h_1$$

**Tabla N° 06.**  
**Socavación -**  
**Straub**

Parámetros Hidráulicos	Valor
B <sub>1</sub> (m)	8.9 6
B <sub>2</sub> (m)	9.6 3
h <sub>1</sub>	0.8 5
Hs	0.8 1
<b>Hs- h<sub>1</sub>(Socavación en m)</b>	<b>0.0 0</b>



Resumen del cálculo de la socavación

Método	Tipo
	General
Lischtvan – Levediev	0.61
Laursen	-
Straub	-
Artamonov	-
Hire (Hec ras)	-
Froehlich (Hec ras)	-
<b>Seleccionado</b>	<b>0.61</b>


# ANEXO N° 4

# FICHAS DE

# RECOLECCION DE

# DATOS




UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE -CAJAMARCA			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>ENCUESTA</b> ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS A ZONAS SUSCEPTIBLES	<b>NÚMERO DE VIVIENDA</b>	
<b>GUÍA</b>	<b>CENEPRED-2014</b>		
<b>FECHA:</b>		<b>REVISADO POR:</b>	

**ENCUESTA POR VIVIENDA**

1. Número de pisos:
2. Estado de vivienda:  
 Muy bueno  Buena  Regular  Malo  Muy malo
3. Número de personas

GRUPO ETARIO	TOTAL POBLACION	HOMBRES	MUJERES
0 a 1 año			
Mayor a 1 y menor o igual a 5 años			
Mayor a 5 y menor o igual a 18 años			
Mayor a 18 y menor o igual a 50 años			
Mayor a 50 y menor o igual a 60 años			
Mayor a 60 años			

4. Material Predominante  
 Ladrillo  Adobe o tabal  Estera o madera
5. Servicios básicos  
 Luz  Agua  Desague
6. Cumplimiento de procesos constructivo de acuerdo a normas  
 Si  NO
7. Conocimiento sobre ocurrencias pasadas el desastre por erosión hídrica  
 Si  NO
8. Distancia de ubicación de las viviendas expuestas  
 Muy cerca, 0-25 m  Cercana 25-50m

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE -CAJAMARCA			
	ENCUESTA	ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS A ZONAS SUSCEPTIBLES	NÚMERO DE VIVIENDA
	GUIA	CENEPRED-2014	
FECHA:		REVISADO POR:	
<p>Medianamente cerca 50- 100 m <input type="checkbox"/>      Alejada 100- 250m <input type="checkbox"/></p> <p>Muy alejada mayor a 250m <input type="checkbox"/></p> <p>9. Antigüedad de construcción</p> <p>De 40 a 50 años <input type="checkbox"/>      De 30 a 40 años <input type="checkbox"/>      De 20 a 30 años <input type="checkbox"/></p> <p>De 10 a 20 años <input type="checkbox"/>      De 5 a 10 años <input type="checkbox"/></p> <p>10. Actividad económica de la población</p> <p>Ocupada <input type="checkbox"/>      Desocupada <input type="checkbox"/>      No PEA <input type="checkbox"/></p> <p>11. Ingreso familiar promedio</p> <p>Igual o menor a S/300 <input type="checkbox"/>      De S/ 301 - S/500 <input type="checkbox"/>      De S/501- S/750 <input type="checkbox"/></p> <p>12. Conocimiento y cumplimiento de la normatividad Ambiental</p> <p>Si <input type="checkbox"/>      No <input type="checkbox"/></p>			
FUENTE: ADAPTADA DE CENEPRED, (2014)			

# ANEXO N° 5

# FOTOGRAFÍAS

*FIGURA 15. BM-1 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO*



*FIGURA 16. MEDICION DE TIRANTE*



*FIGURA 17. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO*



*FIGURA 18. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO*



*FIGURA 19. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO*



*FIGURA 20. ZONA DE ESTUDIO QUEBRADA LOS CHILCOS*



*FIGURA 21. ZONA DE ESTUDIO QUEBRADA LOS CHILCOS*

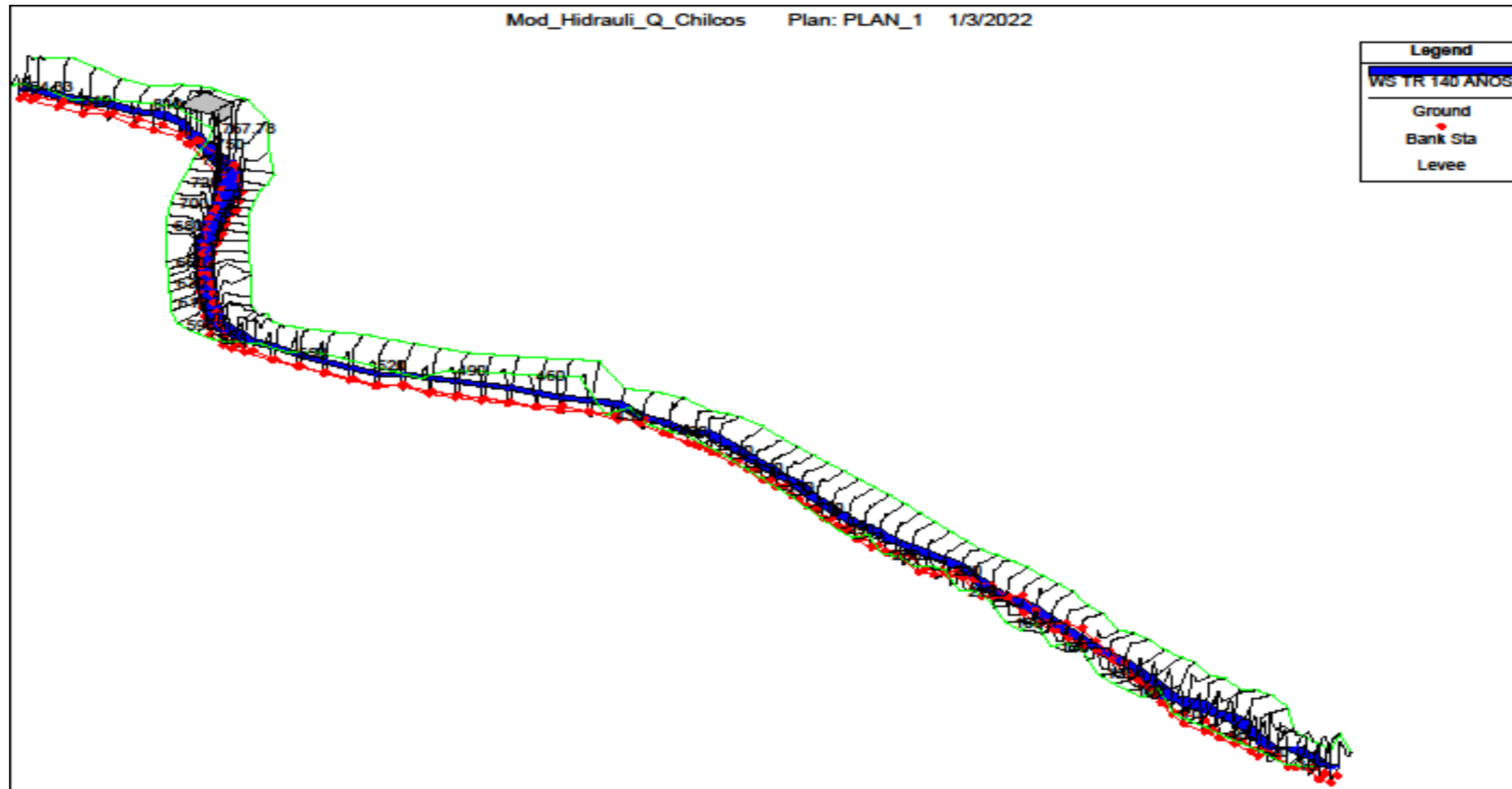


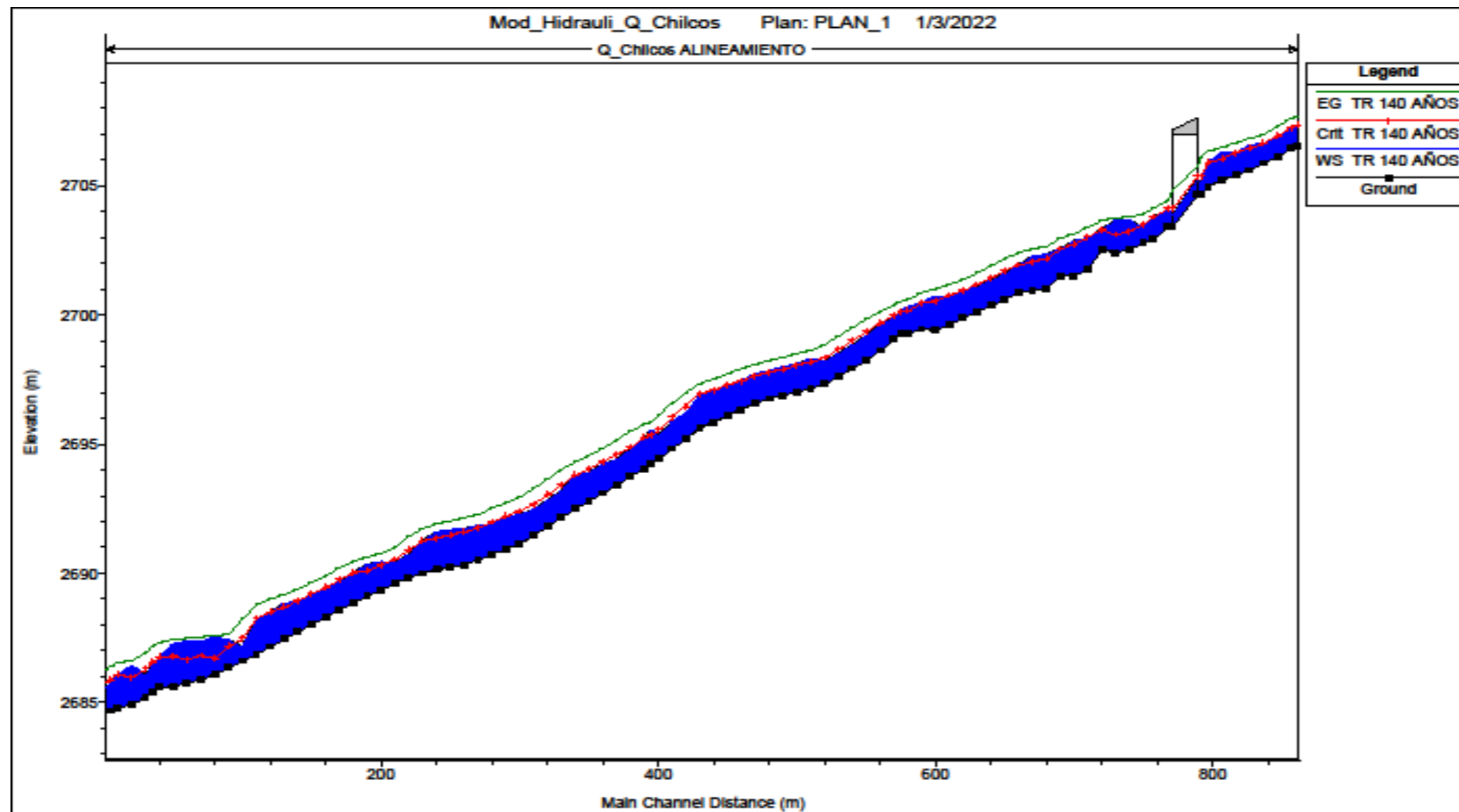
*FIGURA 22. REALIZANDO ENCUESTAS*



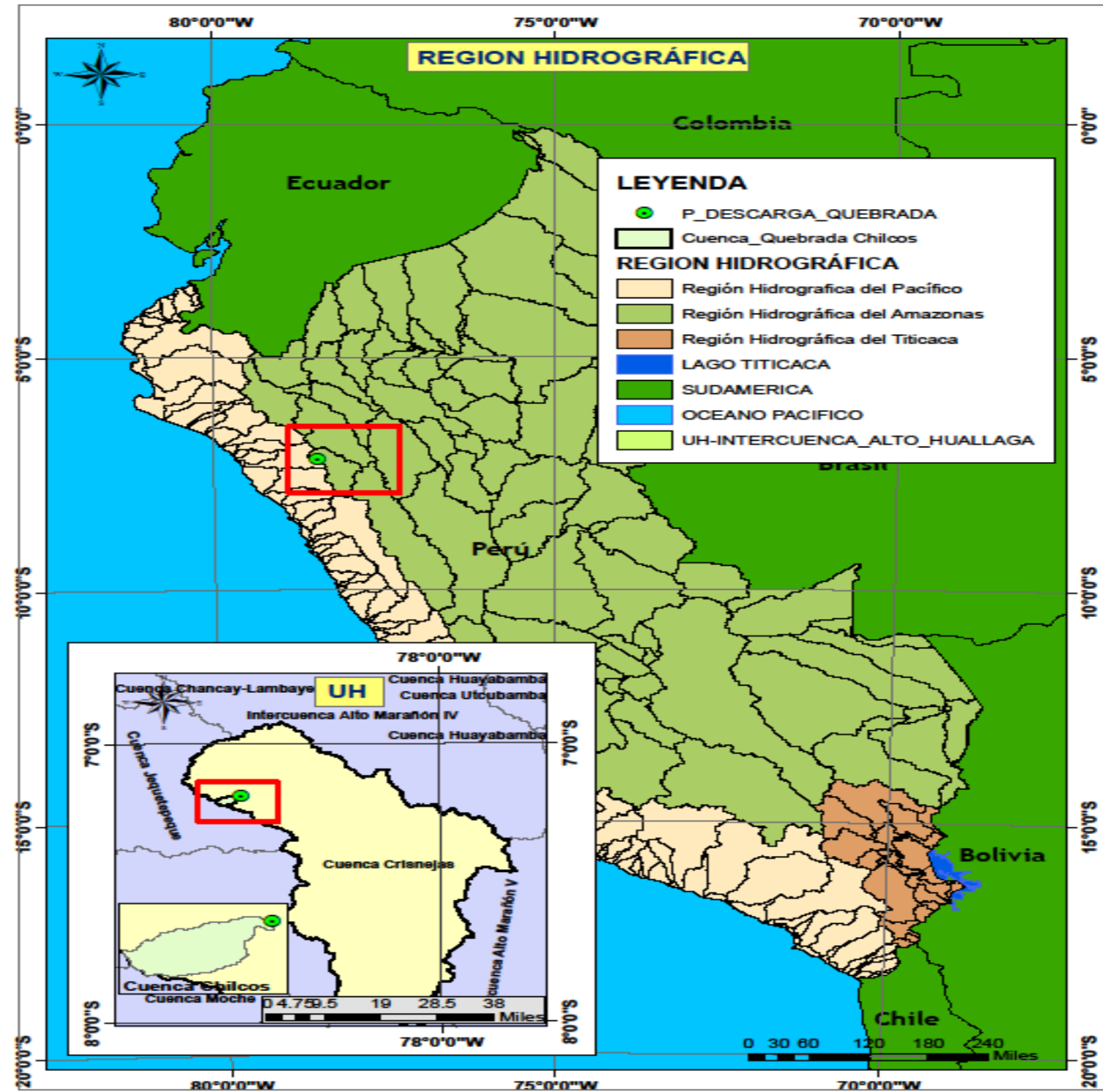
**ANEXO N°6 MODELAMIENTO DE LA  
QUEBRADA LOS CHICLOS -ZONA DE ESTUDIO**

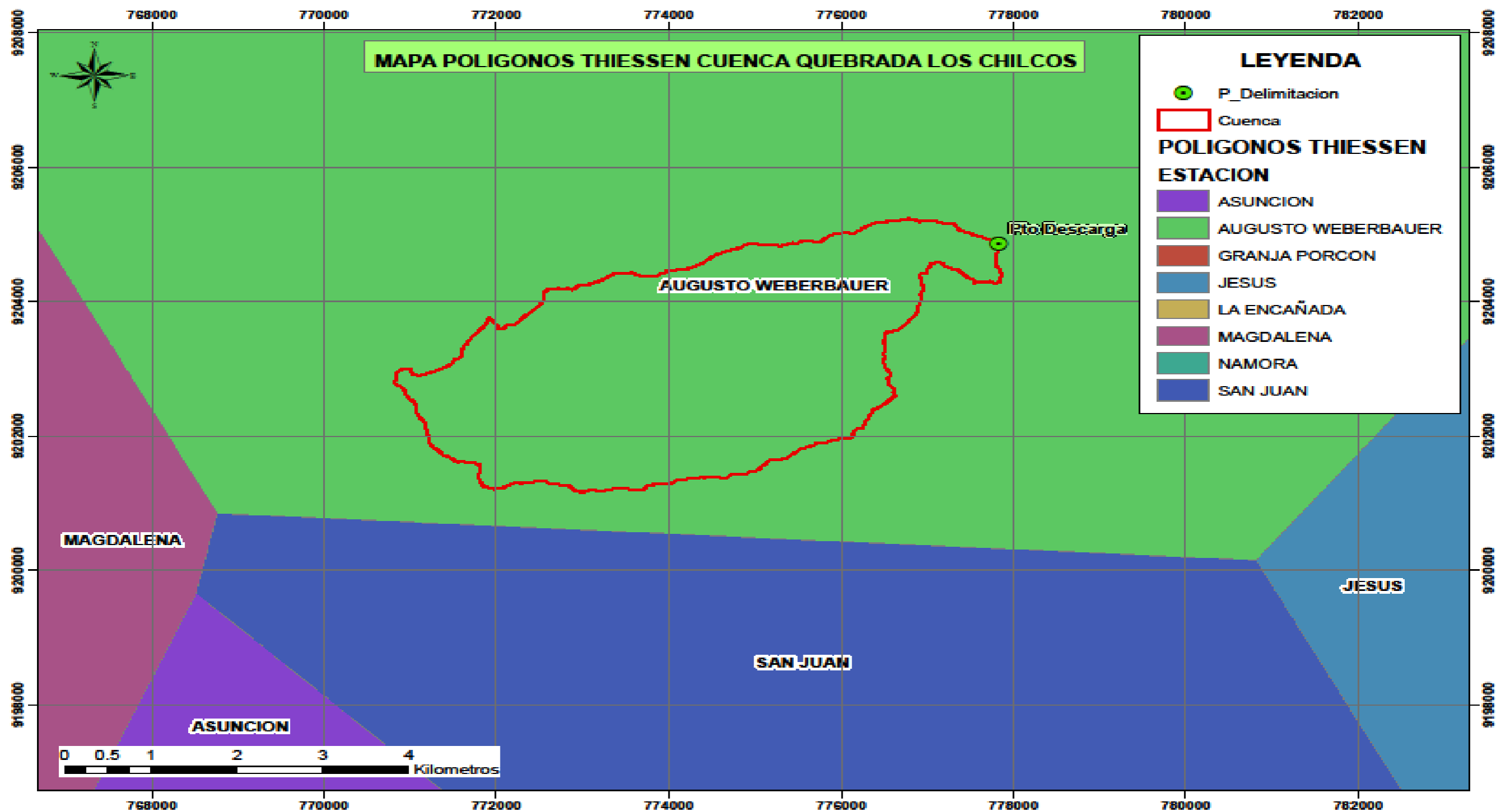


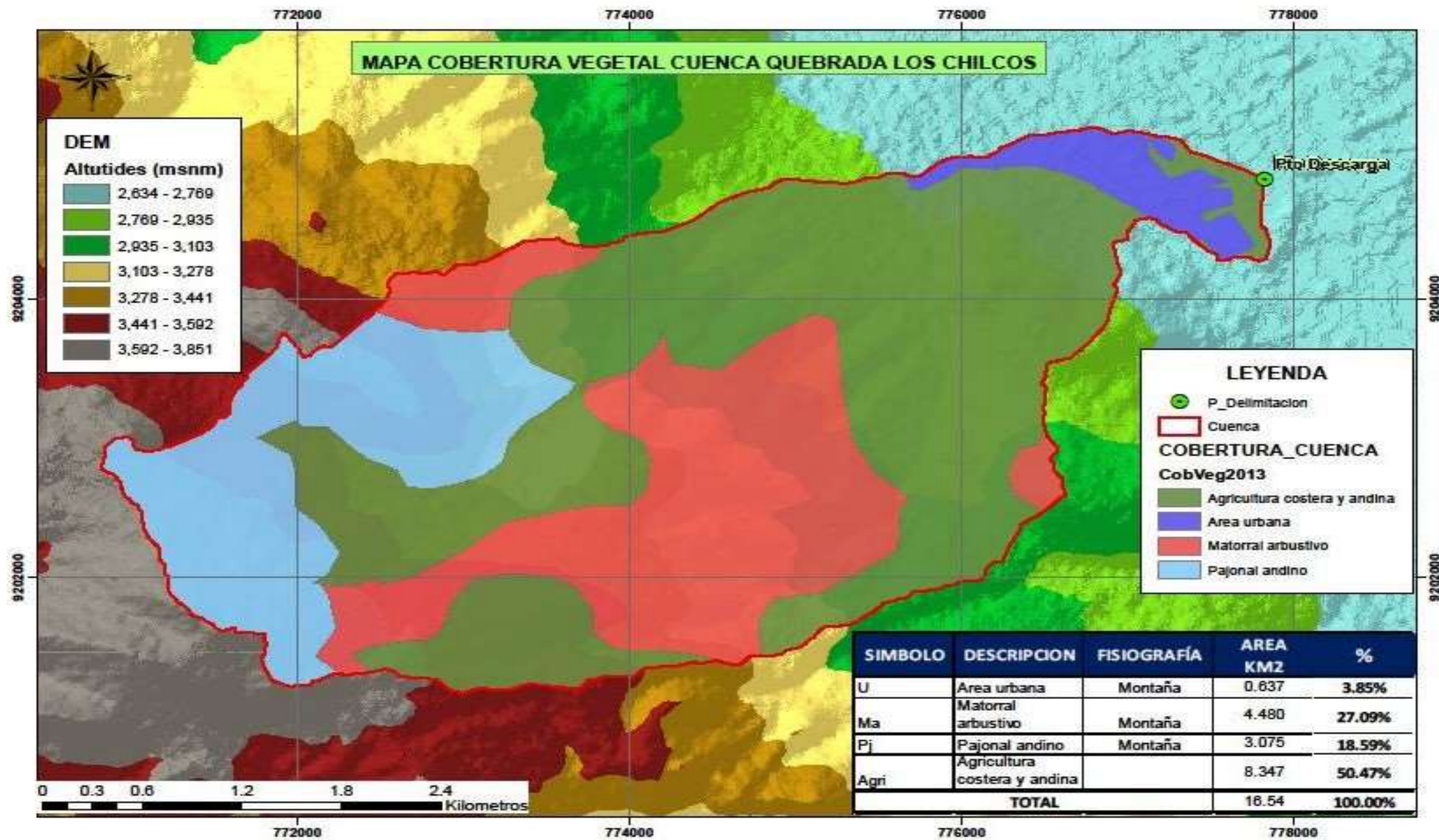


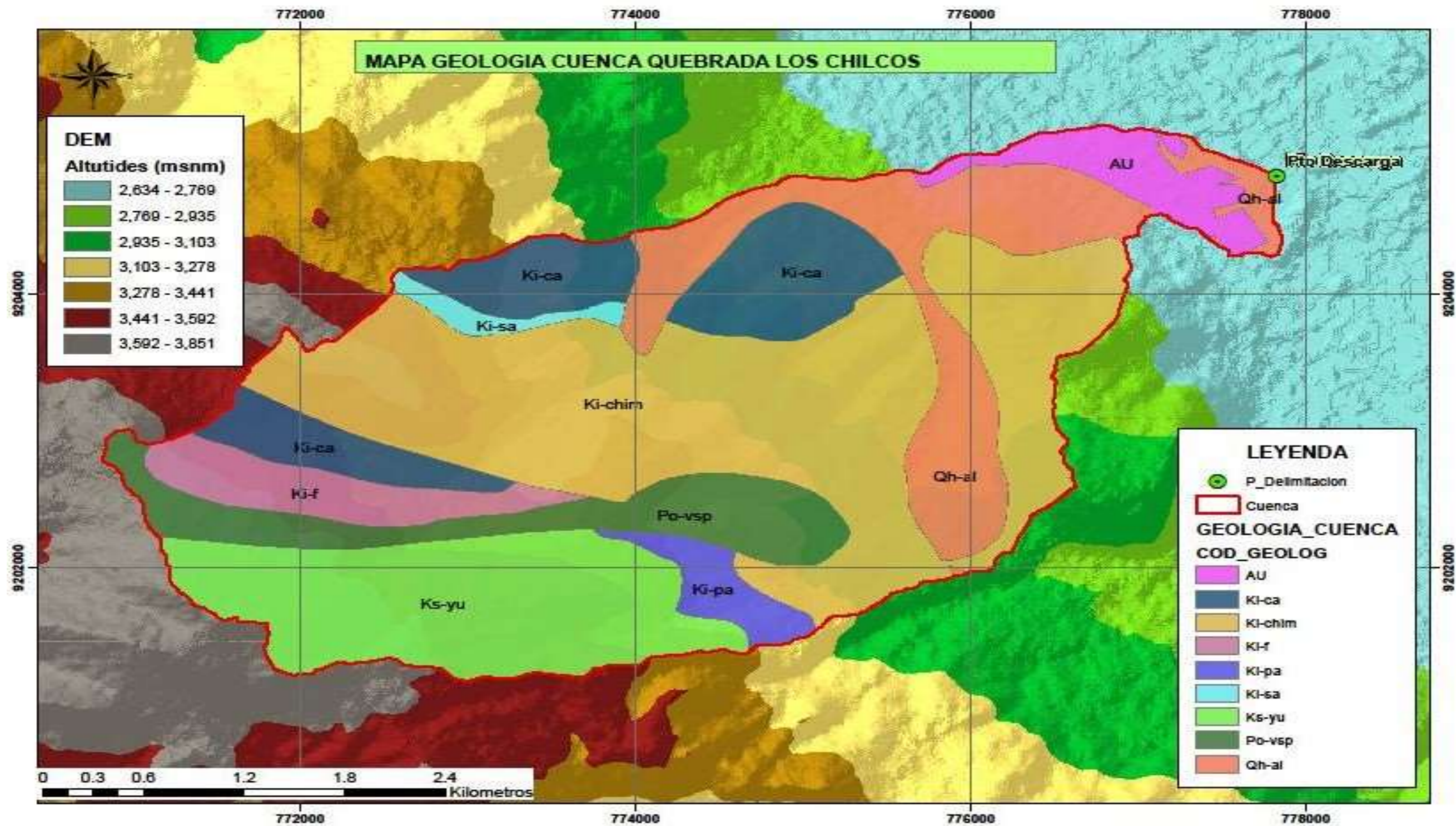


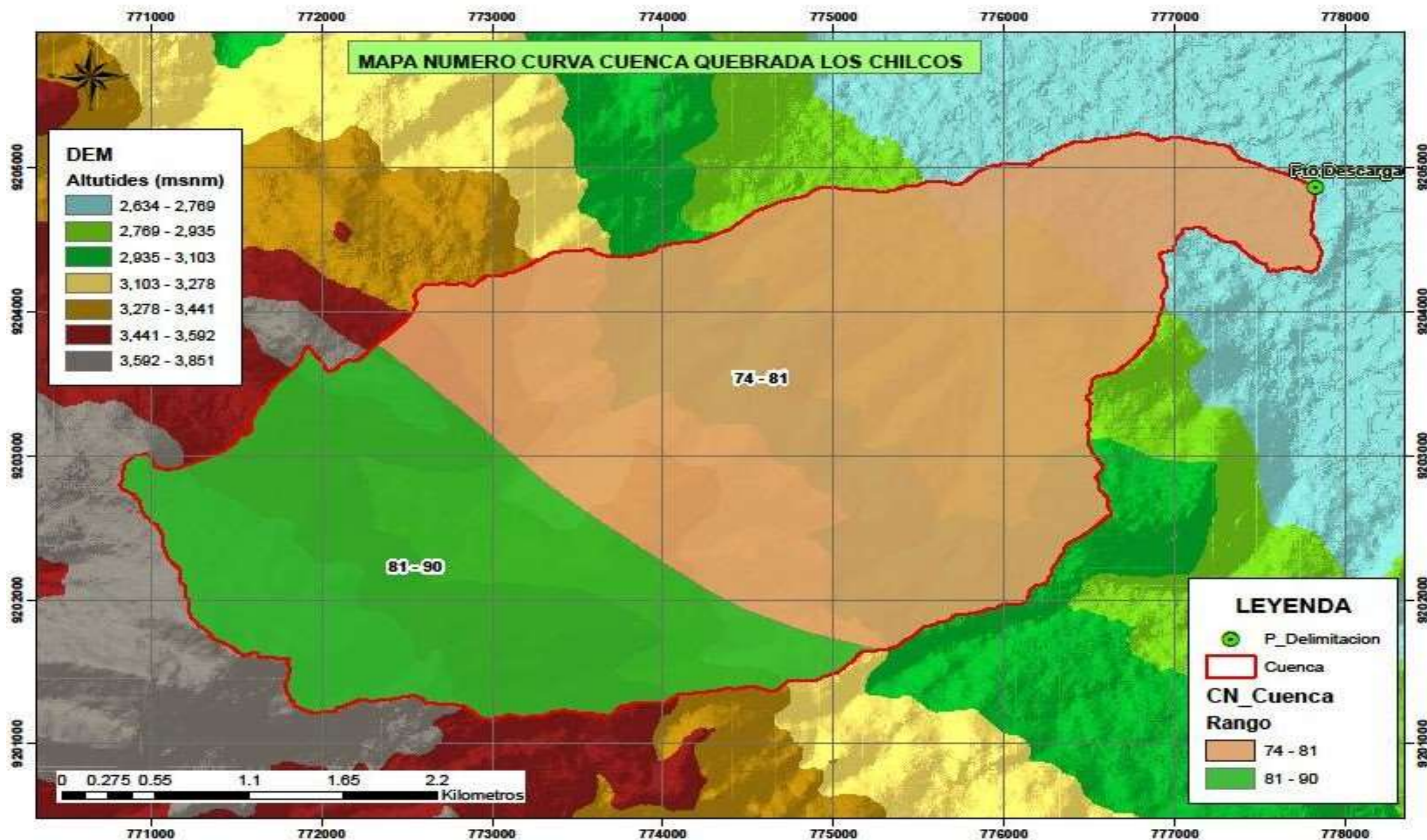
# ANEXO N°7 PLANOS DE DISEÑO HIDROLOGICO- ZONA DE ESTUDIO



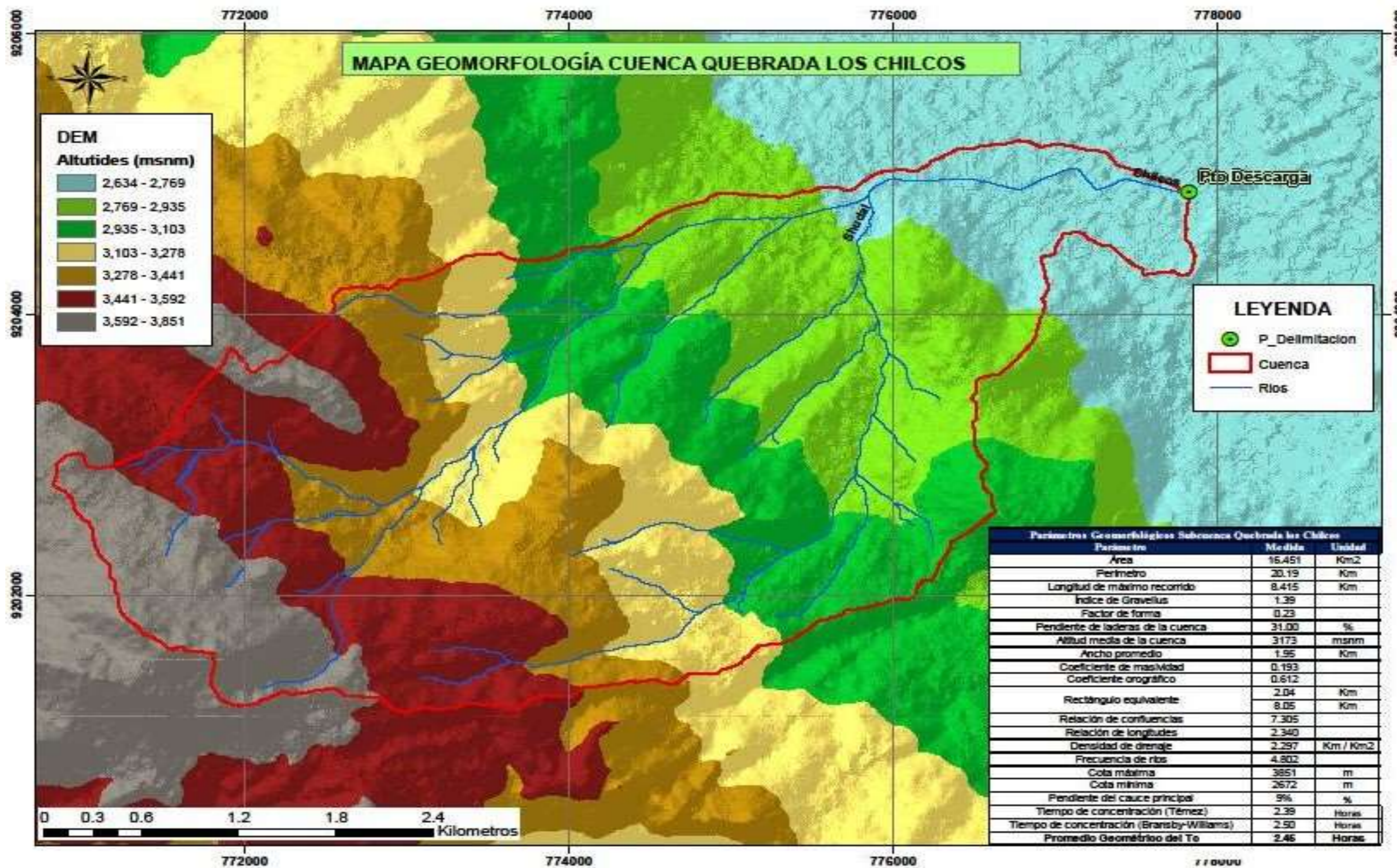


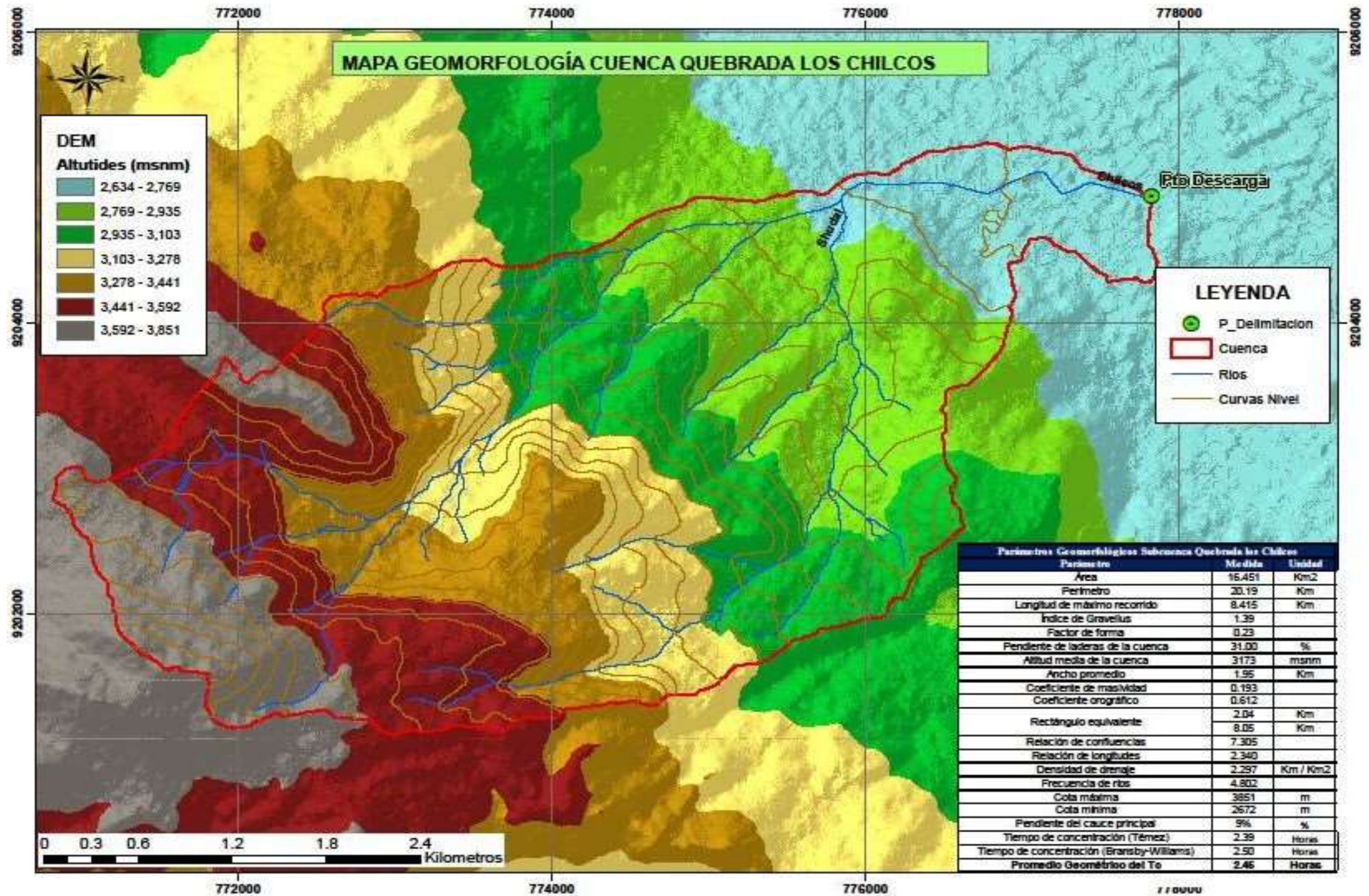




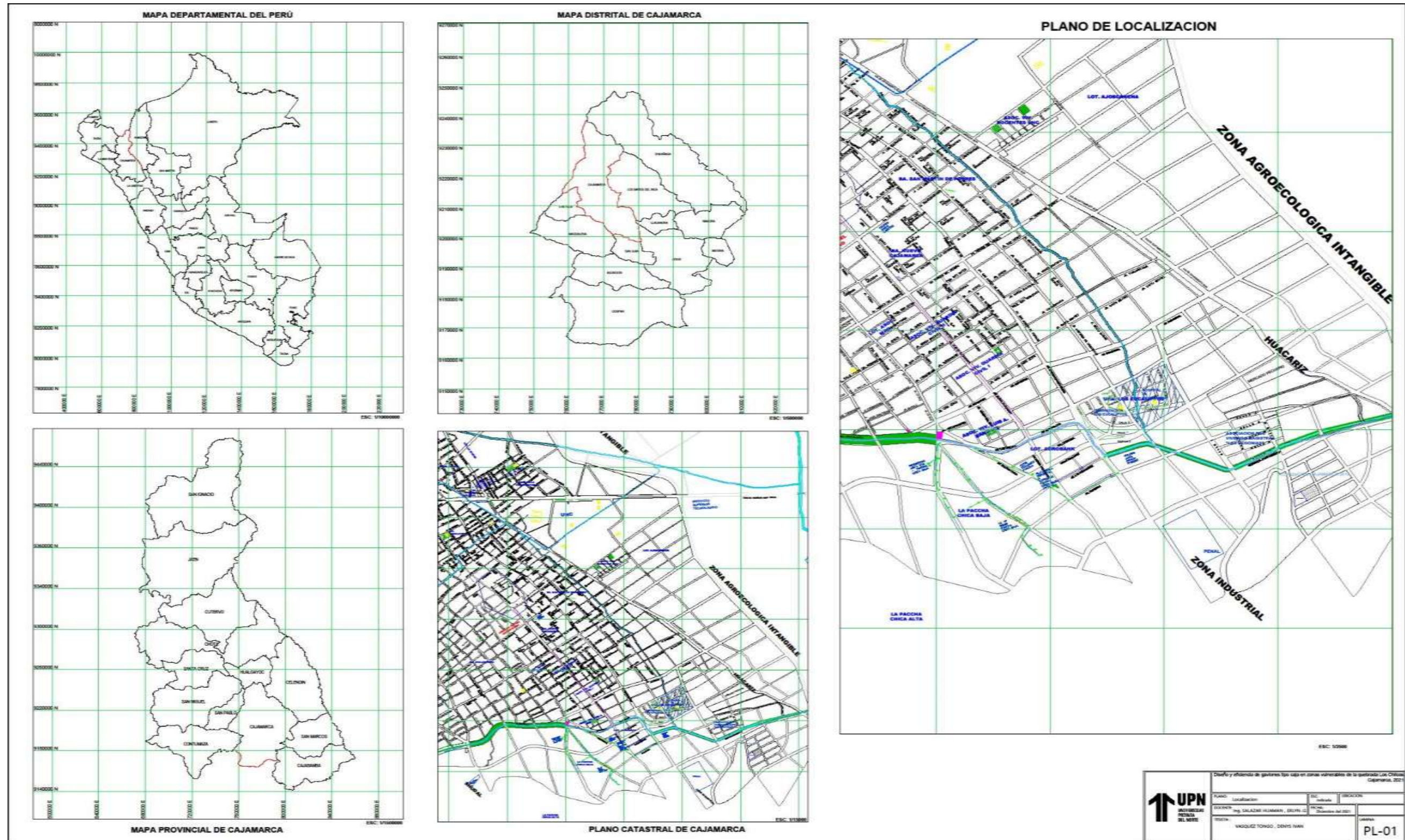


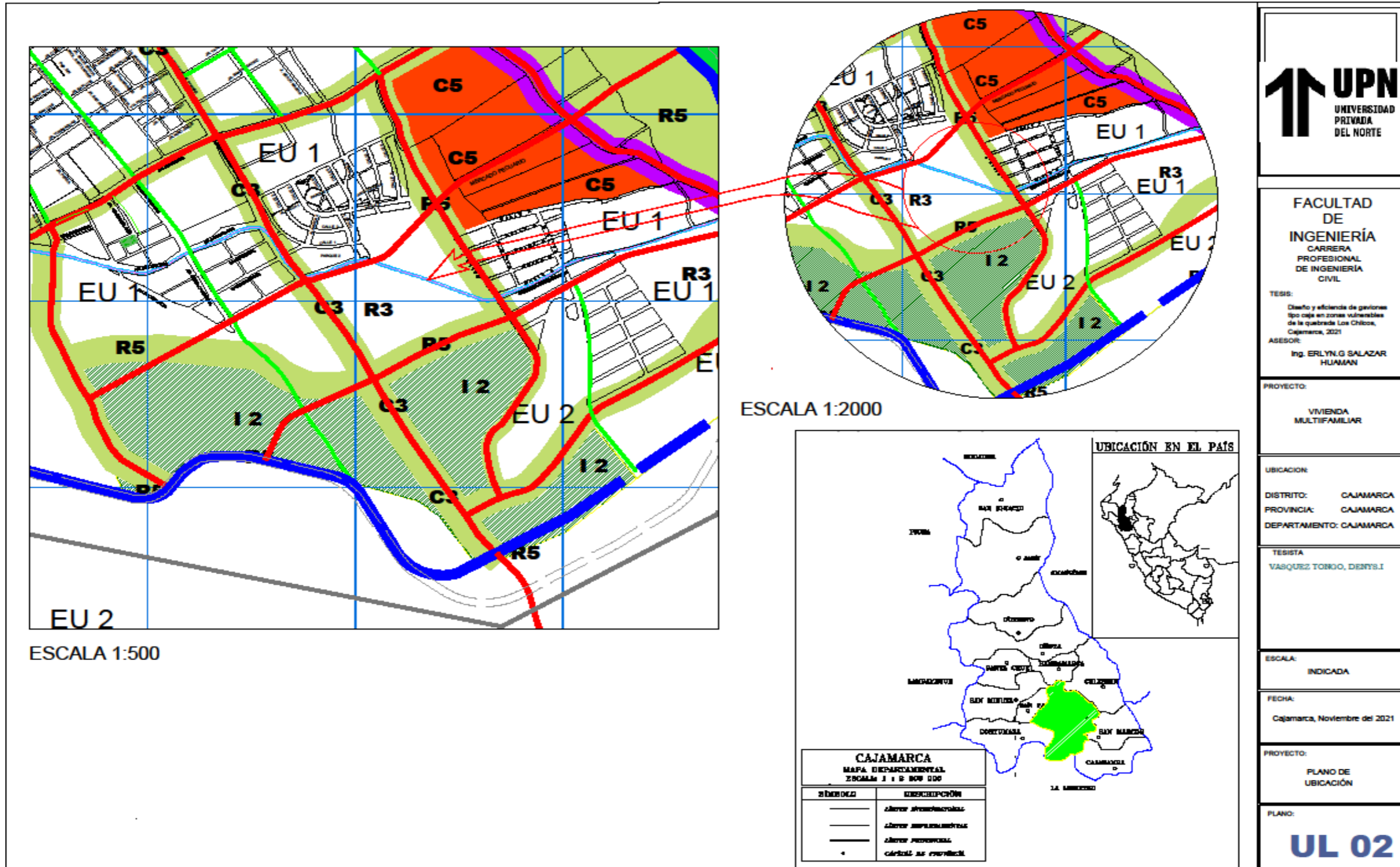


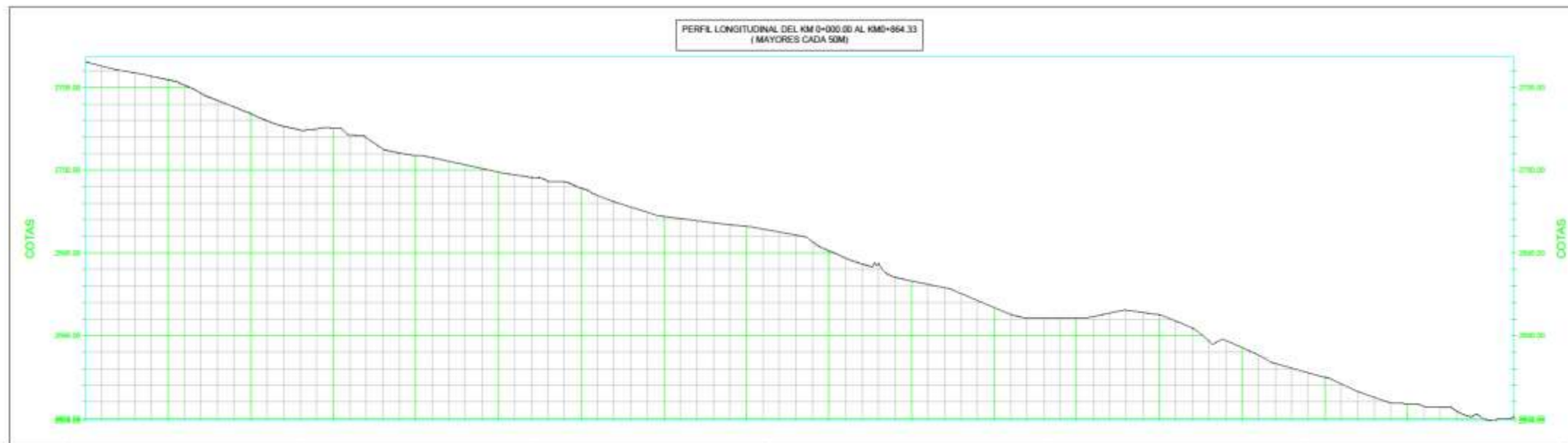
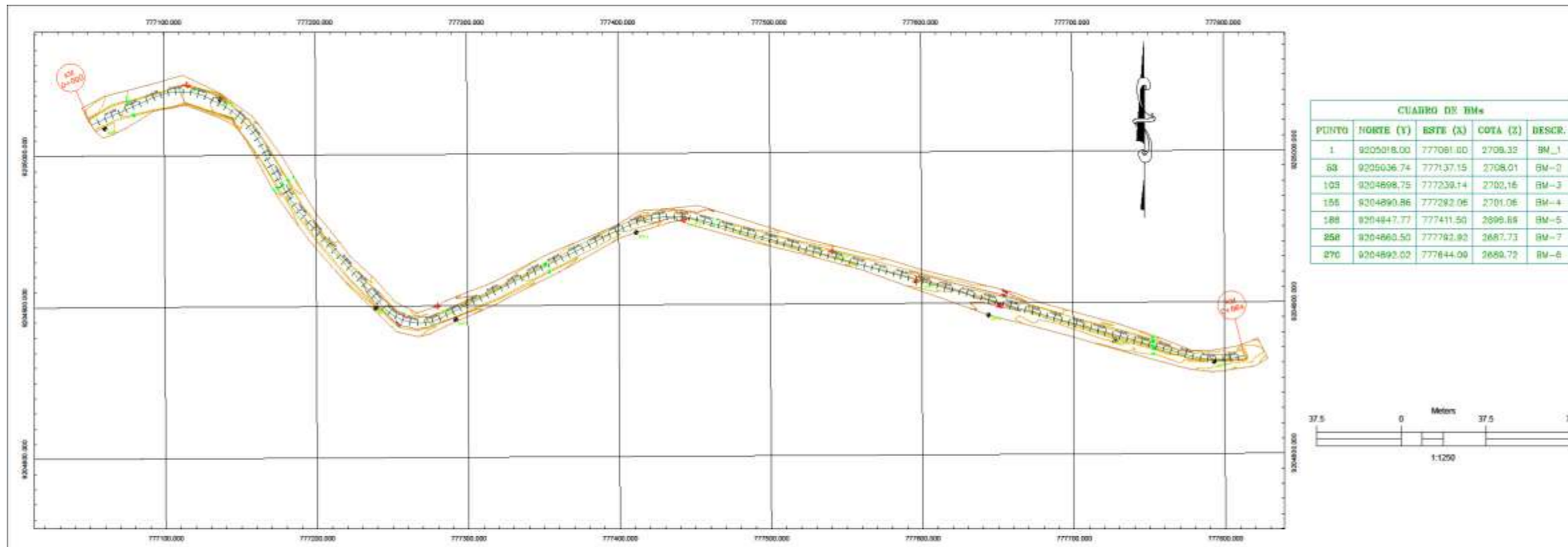




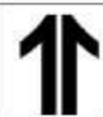
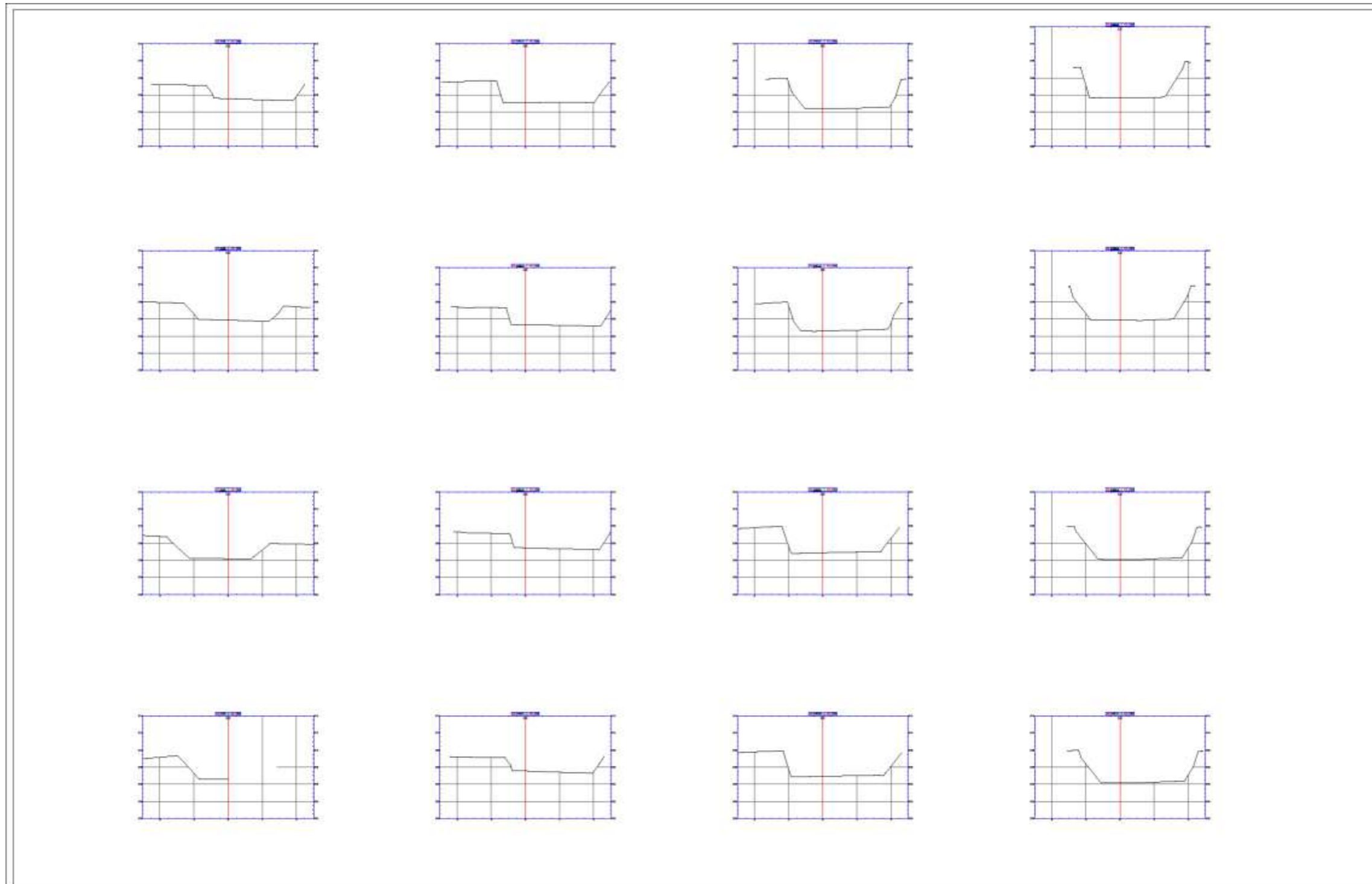
# ANEXO N°7 PLANOS DE TOPOGRAFIA







	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>		Diseño: VASQUEZ TONGO DENYS IVAN	Aprobo:	REVISIONES		Diseño y eficiencia de gaviones tipo caja en zonas vulnerables de la quebrada Los Chilcos, Cajamarca, 2021. "PLANTA PERFIL"	PLANO: <b>PLANTA PERFIL</b>	ESCALA: 1/1250
			Dibujo: VASQUEZ TONGO DENYS IVAN		N°	FECHA		UBICACIÓN: <b>DEL KM 0+ 000 AL KM 0+ 640</b>	FECHA: 14-11-2021
			Verifico: Ing. Eryln G Salazar Huamán						PLANO N°: 0-001
			Presento: VASQUEZ TONGO DENYS IVAN						



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

Diseño: VASQUEZ TONGO DENYS J  
 Dibujo: VASQUEZ TONGO DENYS J  
 Verifico: Ing. Eriyn G Salazar Huaman  
 Presento: VASQUEZ TONGO DENYS J

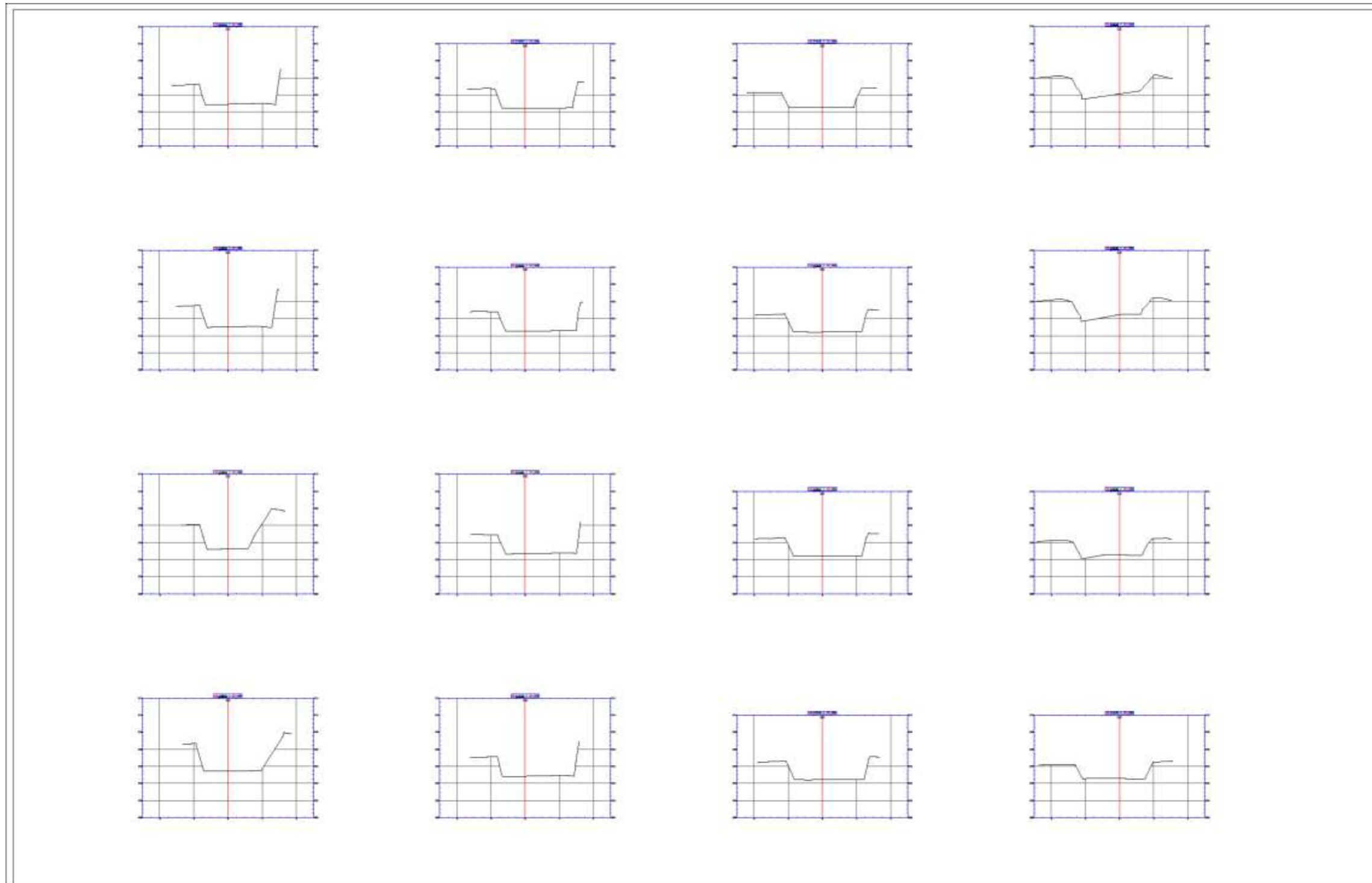
Aprobo:

REVISIONES		
N°	FECHA	OBSERVACIONES

PRODUCCION DE PLANOS  
 "SECCIONES TRANSVERSALES"

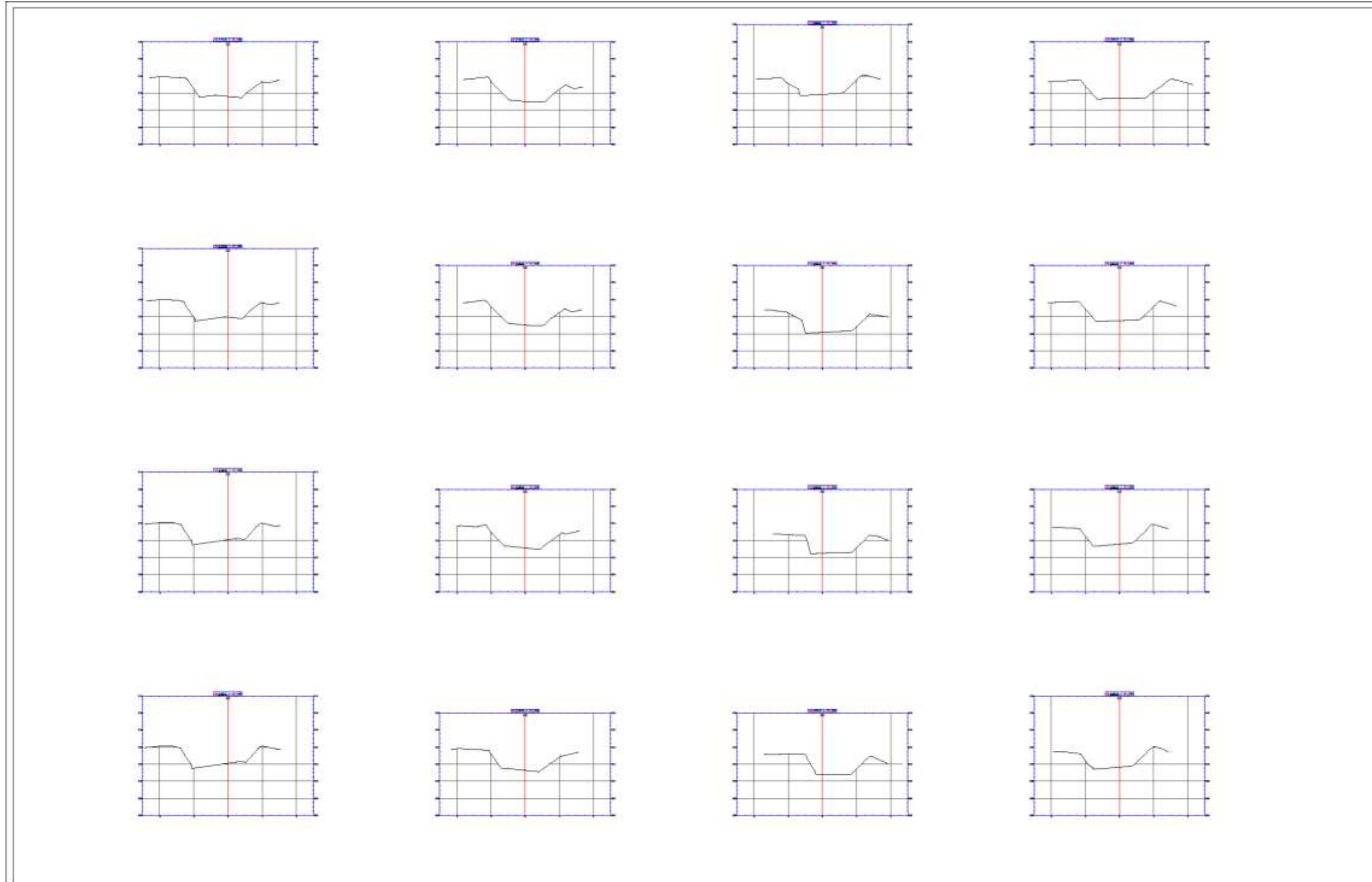
PLANO: **SECCIONES**  
 UBICACION: **DEL KM 0+000 AL KM 0+93.940**


ESCALA: 1:200  
 FECHA: 14-11-2021  
 PLANO N°: 0-001

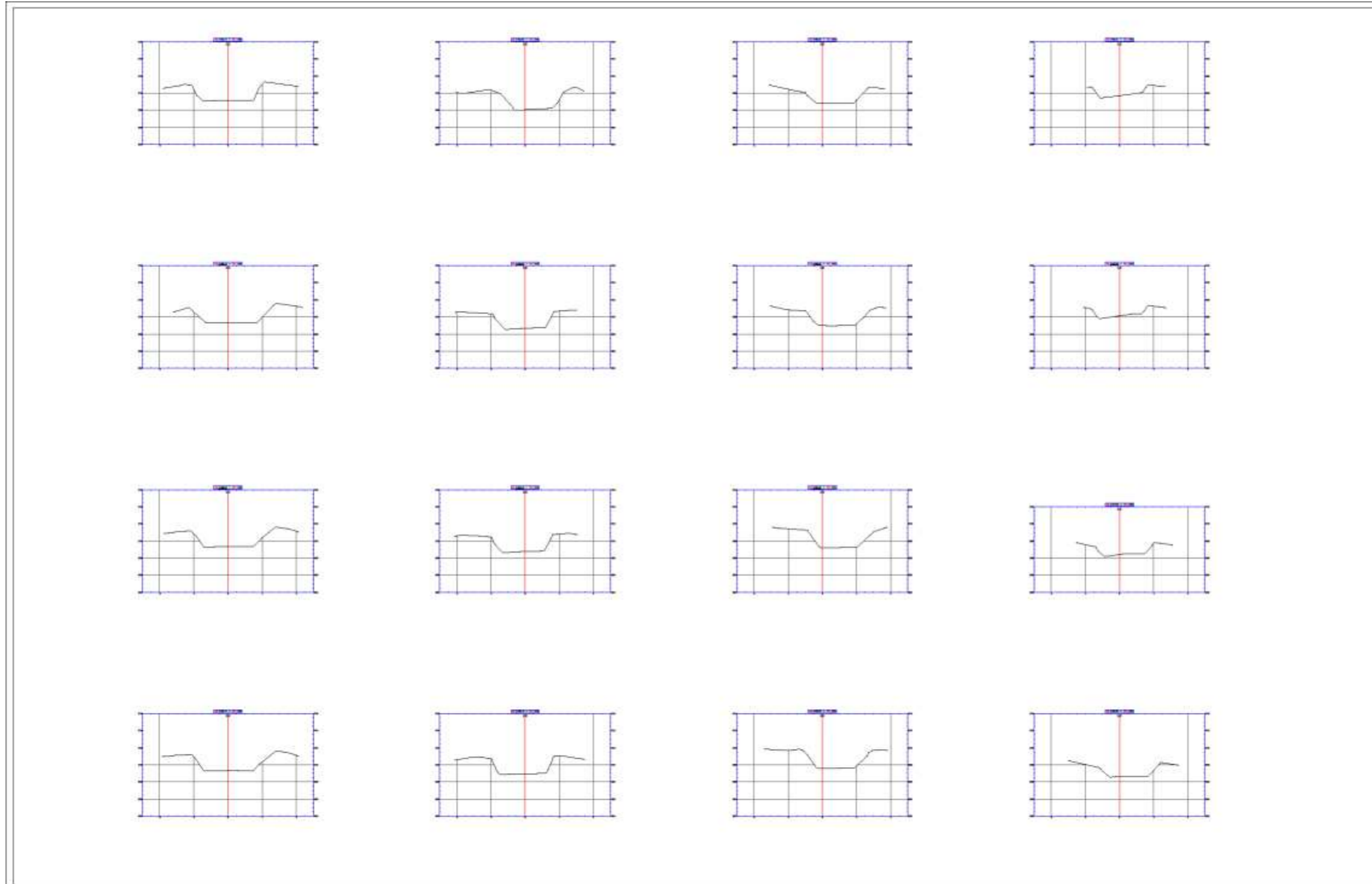


	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	Diseño: VASQUEZ TONGO DENYS I	Aprobó:	REVISIONES		PRODUCCION DE PLANOS "SECCIONES TRANSVERSALES"	PLANO: <b>SECCIONES</b>	ESCALA: 1:200	
		Dibujo: VASQUEZ TONGO DENYS I		N°	FECHA		OBSERVACIONES	UBICACIÓN: DEL KM 0 + 98.940 AL KM 0 + 160.380	FECHA: 14-11-2021
		Verifico: ING. ERLYN G. SALAZAR HUAMAN							PLANO N°: 0-002
		Presentó: VASQUEZ TONGO DENYS I							

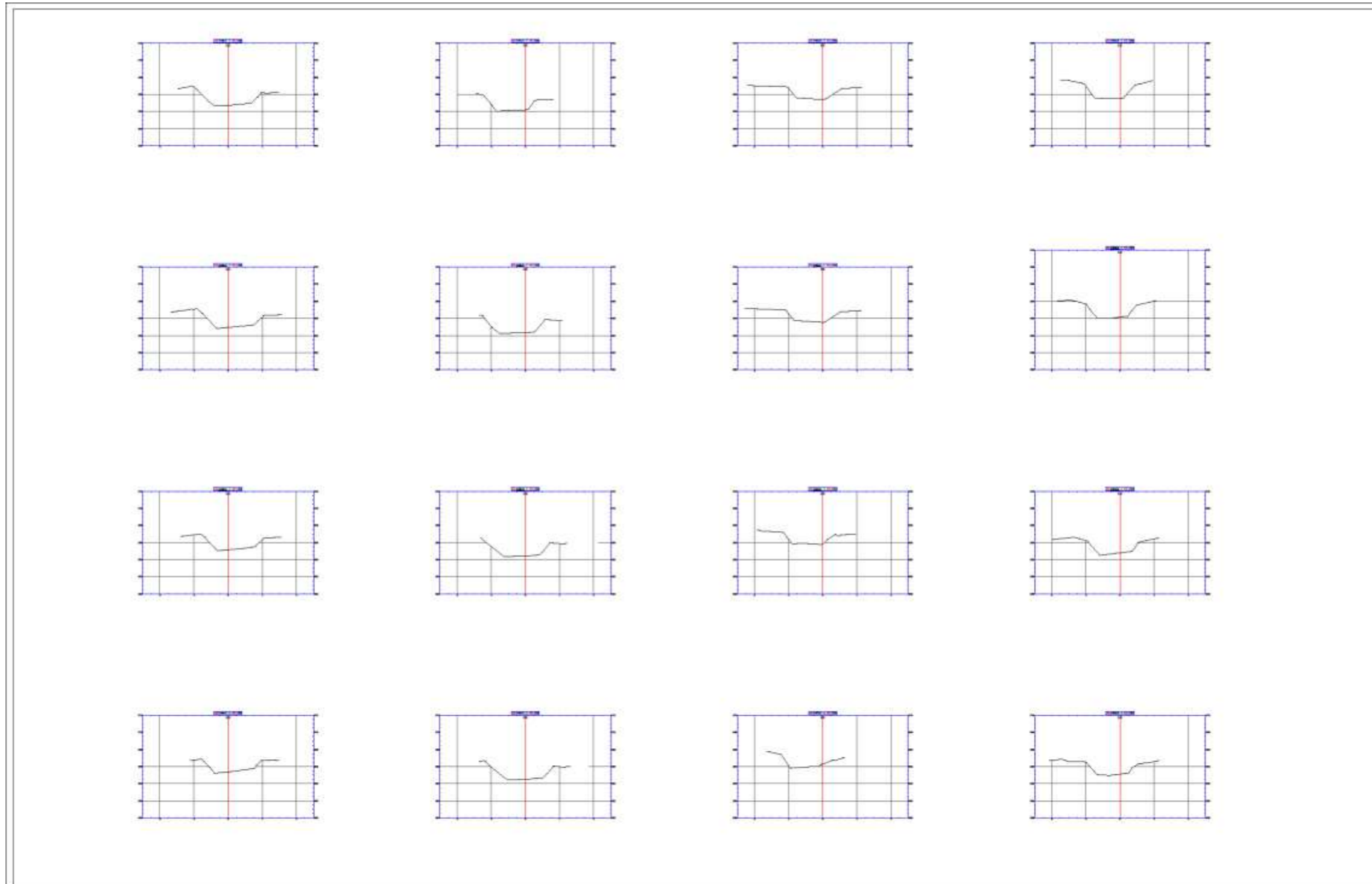





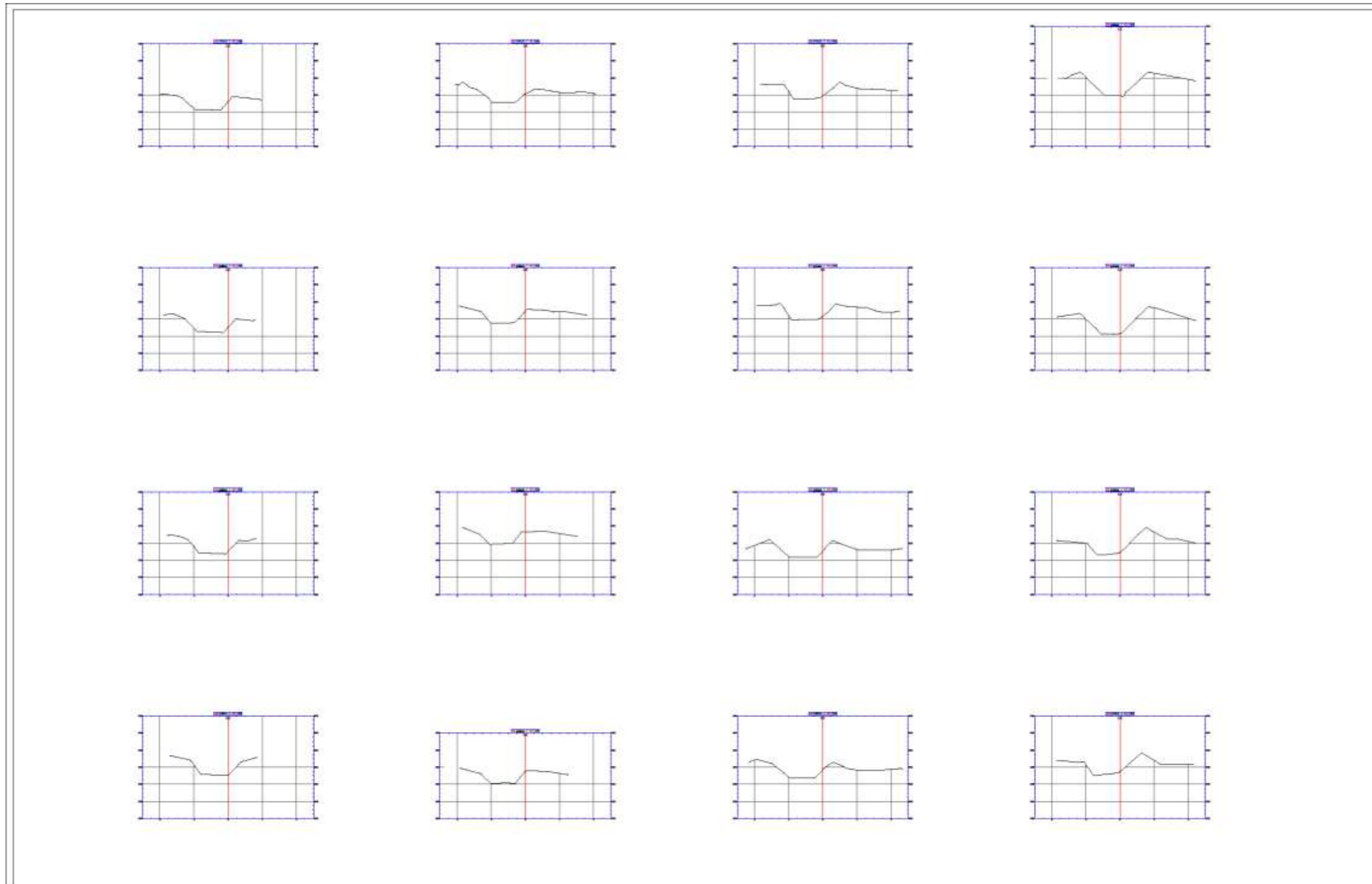
	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	Diseño: VASQUEZ TONGO DENYS IVAN	Aprobó:	REVISIONES		PRODUCCION DE PLANOS "SECCIONES TRANSVERSALES"	PLANO: <b>SECCIONES</b>	ESCALA: 1:200
		Dibujo: VASQUEZ TONGO DENYS IVAN		N°	FECHA		OBSERVACIONES	FECHA: 14-11-2021
		Verifico: ING. ERLYN G SALAZAR HUAMAN						PLANO N°: 0-001
		Presentó: VASQUEZ TONGO DENYS IVAN						UBICACIÓN: DEL KM 0 + 163.710 AL KM 0 + 279.160



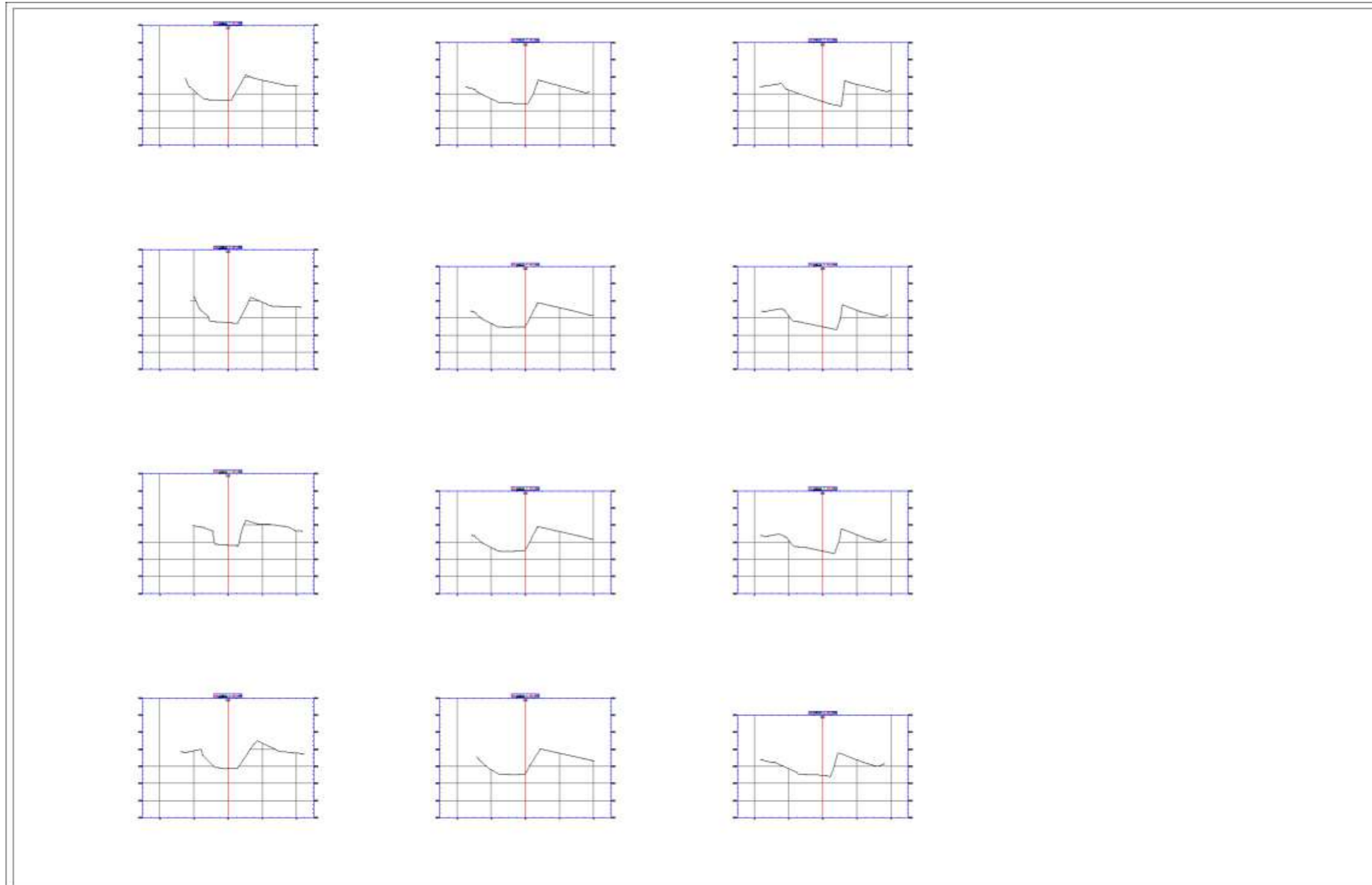
	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	Diseño: VASQUEZ TONGO DENYS IVAN	Aprobo:	REVISIONES		PRODUCCION DE PLANOS "SECCIONES TRANSVERSALES"	PLANO: <b>SECCIONES</b>	ESCALA: 1:200
		Dibujo: VASQUEZ TONGO DENYS IVAN		N°	FECHA		OBSERVACIONES	FECHA: 14-11-2021
		Verifico: ING. ERLYN G SALAZAR HUAMAN						PLANO N°: 0-004
		Presenta: VASQUEZ TONGO DENYS IVAN						UBICACIÓN: <b>DEL KM 0 + 284.160 AL KM 0 + 438.410</b>



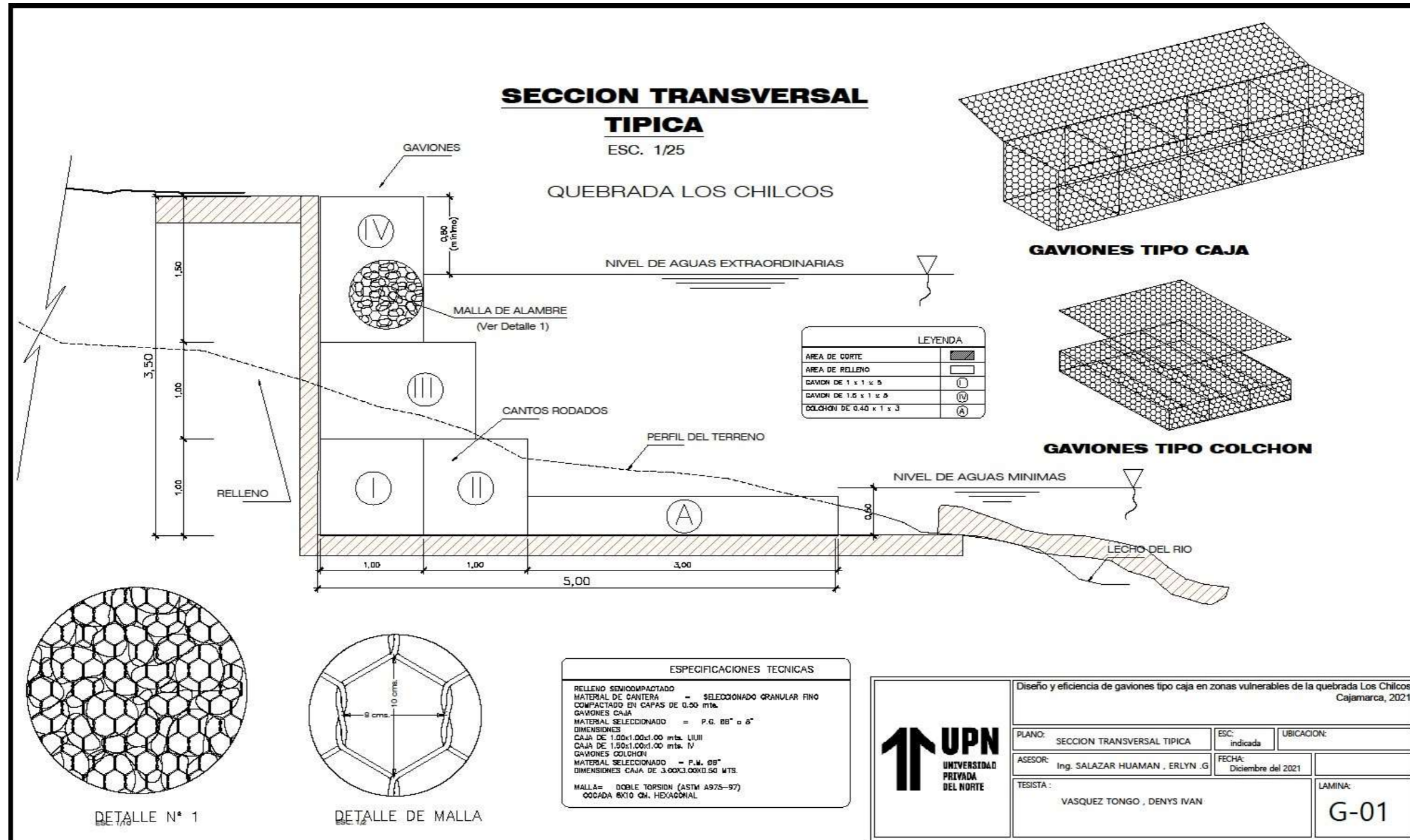
	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	Diseño: VASQUEZ TONGO DENYS IVAN	Aprobó:	REVISIONES		PRODUCCION DE PLANOS "SECCIONES TRANSVERSALES"	PLANO: SECCIONES	ESCALA: 1:200
		Dibujo: VASQUEZ TONGO DENYS IVAN		N°	FECHA		OBSERVACIONES	FECHA: 14-11-2021
		Verificó: ING. ERLYN G SALAZAR HUAMAN						
		Presentó: VASQUEZ TONGO DENYS IVAN						
							UBICACIÓN: DEL KM 0+ 444.410 AL KM 0 + 554.040	PLANO N°: 0-05



	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	Diseño: VASQUEZ TONGO DENYS IVAN	Aprobo:	REVISIONES		PRODUCCION DE PLANOS "SECCIONES TRANSVERSALES"	PLANO: <b>SECCIONES</b>	ESCALA: 1:200
		Dibujo: VASQUEZ TONGO DENYS IVAN		N°	FECHA		OBSERVACIONES	FECHA: 14-11-2021
		Verifico: ING. LUIS HUMAN GUILICHE						
		Presento: VASQUEZ TONGO DENYS IVAN						
							UBICACION: <b>DEL KM 0+ 589.04 AL KM 0 + 794.040</b>	PLANO N°: 0-06



	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	Diseño: VASQUEZ TONGO DENYS IVAN	Aprobó: 	REVISIONES		PRODUCCION DE PLANOS "SECCIONES TRANSVERSALES"	PLANO: SECCIONES	ESCALA: 1:200
		Dibujo: VASQUEZ TONGO DENYS IVAN		N°	FECHA		OBSERVACIONES	FECHA: 14-11-2021
		Verifico: ING. ERLYN G. SALAZAR HUAMAN						
		Presentó: VASQUEZ TONGO DENYS IVAN						
							UBICACIÓN: DEL KM 0+ 809.040 AL KM 0+ 884.340	PLANO N°: 0-007



## *ANEXO N°8 Operacionalización de variables.*

Tabla 142  
*Operacionalización de variables.*

HIPOTESIS	TIPOS DE VARIABLES	VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADOR
NIVEL DE RIESGO POR INUNDACION EN LA ZONA DE HUACARIZ SECTOR- 24 MEDIANTE DISEÑO DE GAVIONES TIPO CAJA EN LA QUEBRADA LOS CHILCOS-CAJAMARCA 2021 ES MUY ALTO.	INDEPENDIENTE	Peligro / Amenaza	Evento externo representado por un fenómeno físico de origen natural o antrópico, se manifiesta en sitios específicos y durante un tiempo de exposición determinado. Puede ocasionar daño físico, económico, ambientales y sociales (EPILAS, 2004).	Muy Alto
				Alto
				Medio
				Bajo
		Vulnerabilidad		Muy Alto
				Alto
	DEPENDIENTE	Riesgo	Estimación matemática de probables pérdidas de vida, de daños a los bienes materiales, a la propiedad y a la economía para un periodo específico, área conocida de un evento específico de emergencia (INDECI, 2006).	Medio
				Bajo
				Muy Alto
				Alto

*Fuente:* Elaboración Propia.