ISSN impreso 1996-6660 / ISSN online 2519-5719
DOI: https://doi.org/10.31381/perfilesingenieria. v21i22.7131

Estructura hidráulica como solución a las inundaciones en el distrito de Santa Bárbara de Carhuacayán, Junín

Hydraulic structure as a solution to flooding in the Santa Bárbara de Carhuacayan district, Junín.

Gerardo Eduardo Roca Bonifacio, Leandro Gutiérrez Serrano, Maiquel López Silva, Hugo Paucar Honorio, Naylin Mónica Hernández Vásquez, Henry Cristhian Vílchez García

RECIBIDO: 20 de agosto de 2024
ACEPTADO: 24 de noviembre de 2024

RESUMEN

En Perú, muchas poblaciones se establecen cerca de ríos para aprovechar los recursos hídricos, lo que conlleva riesgos de inundación y erosión, especialmente en épocas de máximas avenidas. El río Carhuacayán, afectado por intensas lluvias entre diciembre y marzo, genera material de arrastre hacia sus márgenes que causa socavación y colmatación, los que amenazan la estabilidad de las zonas habitadas.

Este estudio tuvo como objetivo determinar los parámetros hidráulicos y geomorfológicos necesarios para diseñar defensas ribereñas que mitiguen estos riesgos. Se analizaron las características geológicas e hidrológicas del área y se calculó la socavación mediante métodos numéricos y empíricos. A partir de estos datos, se diseñaron y modelaron estructuras como muros de gaviones y diques.

Entre los resultados, se identificaron las áreas vulnerables, se calcularon parámetros morfométricos, el caudal de diseño y el perfil de socavación, y se definieron las dimensiones óptimas para las estructuras de protección. Además, se realizó una evaluación del impacto ambiental y se elaboró el presupuesto del proyecto.

Se concluyó que la construcción de defensas ribereñas en las zonas inundables mitigará eficazmente los riesgos de desbordes e inundaciones, y garantizará la estabilidad y seguridad de los asentamientos humanos. Este enfoque integral combina protección frente a eventos naturales con sostenibilidad ambiental y viabilidad económica.

Palabras Clave: impacto ambiental, socavación general, defensa ribereña, gavión, inundación.

ABSTRACT

In Peru, many populations are established near rivers to take advantage of water resources, which carries risks of flooding and erosion, especially during periods of high river flow. The Carhuacayan River, affected by heavy rainfall between December and March, generates debris that is carried to its banks, causing undermining and siltation that threaten the stability of inhabited areas.

The aim of this study was to determine the hydraulic and geomorphological parameters needed to design riverbank defenses to mitigate these risks. The geological and hydrological characteristics of the area were analyzed, and scouring was calculated using numerical and empirical methods. Based on this data, structures such as gabion walls and dikes were designed and modeled.

Among the results, vulnerable areas were identified, morphometric parameters were calculated, the design flow rate and scour profile were determined, and the optimal dimensions for the protection structures were defined. Additionally, an environmental impact assessment was conducted, and a project budget was developed.

It was concluded that the construction of riverbank defenses in flood-prone areas will effectively mitigate the risks of overflow and flooding, ensuring the stability and safety of human settlements. This comprehensive approach combines protection against natural events with environmental sustainability and economic feasibility.

Keywords: environmental impact, general scour, riverbank defense, gabion, flooding.

Cómo citar:

G. E. Roca Bonifacio, L. Gutiérrez Serrano, M. López-Silva, H. Paucar Honorio, N. M. . Hernández Vásquez, y H. C. Vílchez García, «Estructura hidráulica como solución a las inundaciones en el distrito de Santa Bárbara de Carhuacayán, Junín», *Perfiles_Ingeniería*. vol. 21, n.º 22, pp. 28–50, dic. 2024.

© Los autores. Este artículo Open Access está publicado bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC-BY 4.0).

1. Introducción

En el Perú, existe una tendencia preocupante en la ubicación de centros poblados en las cercanías o márgenes de ríos, con el fin de acceder a los recursos hídricos. Esto puede traer beneficios en un inicio; sin embargo, la fuerza de la naturaleza puede provocar que dichas zonas queden inundadas y erosionadas en temporadas de máximas avenidas. En este contexto, el proyecto titulado "Propuesta de defensa ribereña como solución para zonas inundadas en el distrito de Santa Barbara de Carhuacayán-Junín" se suma a la discusión sobre la importancia de implementar medidas preventivas para mitigar los efectos adversos de eventos naturales.

El flujo del cauce del río Carhuacayán, con las crecidas por efecto de las precipitaciones pluviales, produce material de arrastre con tendencia hacia las zonas laterales del cauce del río, lo que origina problemas de socavación y colmatación. Existe, sobre todo, riesgo cuando se presentan máximas avenidas entre los meses de diciembre a marzo. Un buen servicio la defensa ribereña depende en gran medida de un buen sistema de drenaje, tanto de las aguas pluviales como de las provenientes de escorrentías superficiales. Las acumulaciones de agua producto de la precipitación pluvial, aun en pequeñas cantidades, presentan un peligro.

Por ello, ante esta problemática, se busca realizar una propuesta de solución viable, que considere la construcción de defensas ribereñas como estrategia integral para proteger las zonas vulnerables en el tramo de estudio, y que contemple el uso de instrumentos y softwares como ArcGis Pro, HEC RAS, Gawac, Google Earth y Excel.

2. Objetivos

- Realizar un estudio detallado para obtener los parámetros hidráulicos y geomorfológicos necesarios para el diseño óptimo de defensas ribereñas en la microcuenca del río Carhuacayán, con el fin de mitigar los riesgos de inundación y erosión en el asentamiento humano de Santa Bárbara de Carhuacayán, garantizando la estabilidad y seguridad de la zona de estudio.

- Obtener las dimensiones reales para el diseño de la defensa ribereña en los picos más altos de inundación calculados

- Obtener el presupuesto del proyecto y realizar una evaluación de impacto ambiental

3. Fundamentos teóricos

3.1 Ubicación del proyecto

El proyecto se desarrolla en los márgenes del río Carhuacayán, ubicado en el distrito Santa Bárbara de Carhuacayán, provincia de Yauli, departamento de Junín. Se tiene en cuenta que está dentro de la cuenca hidrográfica del Mantaro.

ISSN (Digital): 2519-5719

3.2 Defensa ribereña

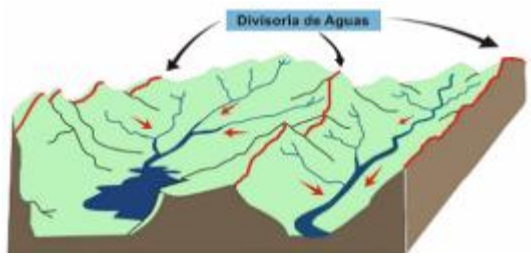
Una defensa ribereña se define como una estructura construida e implementada para proteger la margen derecha e izquierda de las áreas adyacentes a un río. Permite reducir la erosión, socavamiento y desbordes producidos por la dinámica hidrológica (Meléndez, 2020, p. 1). Estas defensas ribereñas aportarán una adecuada protección de los márgenes de los cauces, y considerarán factores zonales y económicos, sin dejar de lado el factor ambiental.

3.3 Cuenca hidrográfica

Podemos definir como cuenca hidrográfica a los espacios territoriales delimitados por un parteaguas, donde las precipitaciones se concentran en la parte más alta de las montañas escurriendo y desembocando en un punto en común, el cual se denomina salida de la cuenca, que puede estar formado por un lago o el mar denominado cuenca endorreica y exorreica respectivamente (SEMARNAT, 2013).

Figura 1

Divisoria de aguas en una cuenca



Nota: Tomado de Foro Peruano para el Agua-GWP Perú (2011)

3.4 Geomorfología

Según Gaspari (2012), el análisis morfométrico de un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve y drenaje permite conocer las características físicas de una cuenca, lo cual facilita la comparación entre varias cuencas, así como ayuda a la interpretación de la funcionalidad hidrológica y en la definición de las estrategias para la formulación de su manejo. La geomorfología de una cuenca representa las características físicas que desempeñarán un papel esencial en la respuesta hidrológica de una cuenca hidrográfica. Recíprocamente, el carácter hidrológico de la misma contribuye considerablemente a formar sus características físicas.

Figura 2

Cuenca hidrográfica del Mantaro

4. Metodología

4.1 Parámetros morfológicos

Partiendo de la delimitación de la cuenca, se realizará el cálculo de los parámetros morfológicos de la cuenca. Dentro de los datos obtenidos tenemos el área, perímetro, longitud de la cuenca, pendiente de la cuenca, orden del río, índice de compacidad, factor de forma, relación de elongación y densidad de drenaje.

4.2 Orden de los ríos

Refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de una red de drenaje. Se asigna un orden a cada uno de ellos en forma creciente desde su origen hasta su desembocadura.

4.3 Periodo de retorno

Para hallar el periodo de retorno, nos apoyaremos en el manual de hidrología del Ministerio de Transporte y Comunicaciones mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

R: Riesgo admisible (%)

n: Vida útil de las obras (en años)

ISSN (Digital): 2519-5719

T: Periodo de retorno (en años)

4.4 Socavación (Método de Lacey)

La metodología propuesta por Lacey está basada únicamente en el caudal unitario que pasa por la sección determinada del cauce y un factor "f" que propone el mismo autor para diferentes materiales del que estaría conformado el lecho del río. Consta de 3 etapas: hallar la profundidad de socavación por debajo de la superficie del agua en la máxima avenida, hallar la profundidad de socavación por debajo de la superficie del agua ajustada y hallar la profundidad de socavación por debajo del lecho del río.

$$D_S = 1.35(\frac{q^2}{f})^{\frac{1}{3}}$$

Asimismo, el valor Ds tiene que ser corregido de acuerdo con Lacey. Para poder corregir el valor Ds, se debe seleccionar el valor de corrección según las características del río. Para tal fin, se muestra la siguiente ecuación:

$$D_{Sa} = Ksa * D_s$$

Luego se procederá a encontrar la profundidad de socavación por debajo del lecho del río, donde hallaremos el tirante máximo del agua (Y) de cada sección transversal del río. Esto se hará restando la cota de agua con la cota mínima del lecho del río. Una vez calculados los tirantes, procedemos a calcular la profundidad de socavación por debajo del lecho del río. Para ello, nos apoyaremos de la siguiente ecuación:

$$d_{Sa} = Dsa - Y$$

5 Resultados

5.1 Delimitación de la zona de estudio

La zona de estudio del proyecto de defensa ribereña es un tramo en especial ubicado en las coordenadas 359153.00 m E y 8761200.00 m S hasta el tramo 359646.00 m E y 8760898.00 m S debido a que existen antecedentes que entre esos tramos se desborda constantemente el río Carhuacayán. La delimitación de la zona de estudio y zona donde afecta principalmente el desborde del río es el siguiente.

Figura 3

Distancia representativa del área de estudio

Nota: Tomado de Google Earth

5.2 Parámetros morfométricos y caudal de diseño

De la delimitación de la cuenca del río Mantaro en el software ArcGis se obtuvieron los siguientes parámetros:

- Área: 602.16 km^2
- Perímetro: 155.07 km
- Longitud del río: 49.75 km
- Densidad de drenaje: 0.8160 km/km^2

Con el programa River se obtuvo el siguiente caudal de diseño:

- Q diseño: 64.22 m^3/s

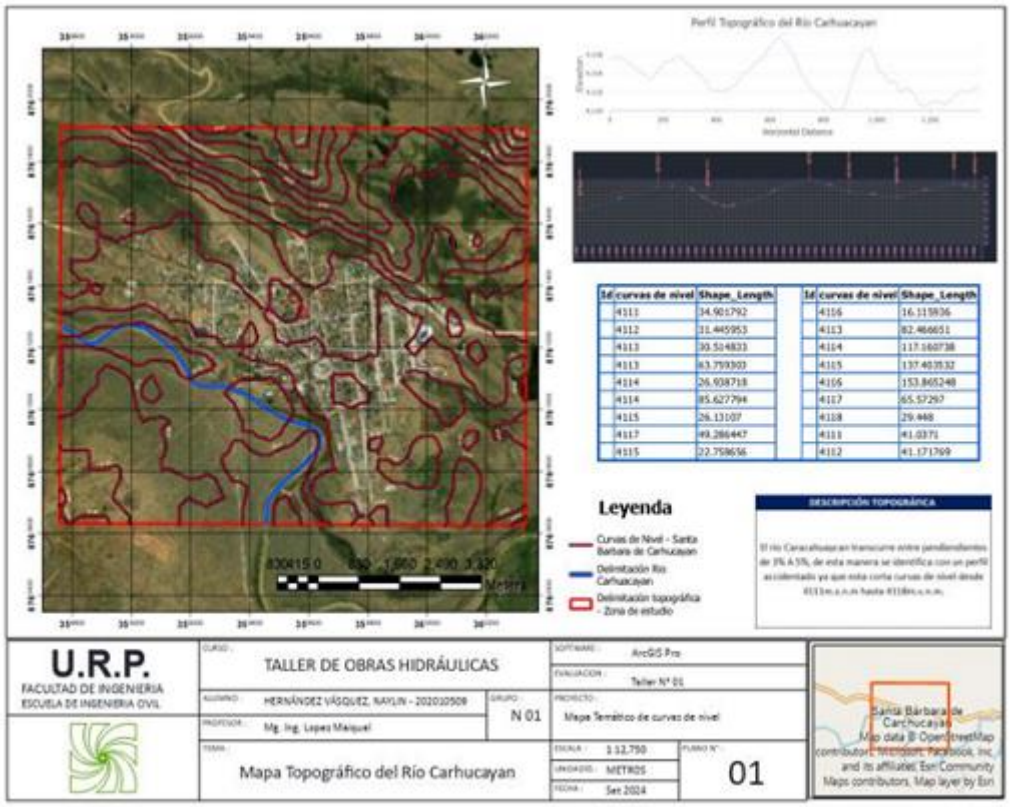
5.3 Plano topográfico

Su topografía presenta curvas de nivel desde 4109 m.s.n.m. hasta 4179 m.s.n.m. para un radio de estudio de 608.74 m. Asimismo, la longitud de río estudiada es de 1388 m pasando por cotas desde 4111 m.s.n.m. hasta 4118 m.s.n.m. Se debe tener en cuenta que el perfil del río es secuencial hasta la cota 4114 m.s.n.m. Desde ese punto presenta variaciones +- en las cotas. Finalmente, se puede concluir que el río presenta un perfil accidentado ya que presenta pendientes entre 2.32 % hasta 5.86 %.

ISSN (Digital): 2519-5719

Figura 4

Mapa topográfico del río Carhuacayán



Id	curvas de nivel	Shape_Length
	4111	34.901792
	4112	31.445953
	4113	30.514833
	4113	63.759303
	4114	26.938718
	4114	85.627794
	4115	26.13107
	4117	49.286447
	4115	22.759656

Id	curvas de nivel	Shape_Length
	4116	16.115936
	4113	82.486651
	4114	117.160738
	4115	137.403532
	4116	153.865248
	4117	65.57297
	4118	29.448
	4111	41.0371
	4112	41.171769

5.4 Plano geológico

Para obtener las unidades litoestratigráficas nos apoyamos del sistema de información geográfica del Estado denominado GEOCATMIN. Paso siguiente, se representará en el software ArcGis Pro. Teniendo en cuenta la delimitación, lo recortamos a las unidades litoestratigráficas para obtener solo las geologías que se necesitan.

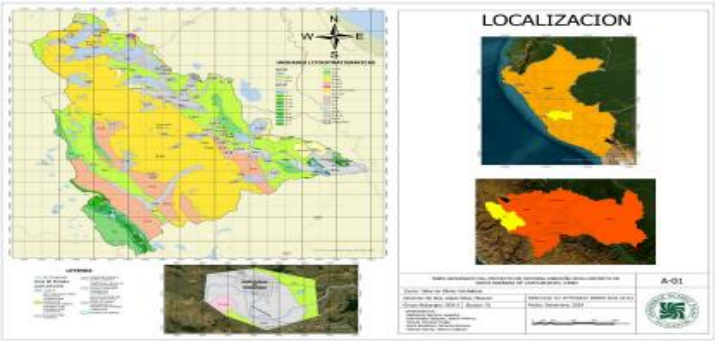
El estudio geológico es una etapa fundamental en cualquier proyecto de construcción, ya que proporciona información esencial sobre las características del terreno donde se llevará a cabo la obra. Este análisis incluye la identificación de las diferentes litoestratigráficas presentes, como areniscas, materiales residuales no consolidados, lutitas, entre otros. En el caso específico del proyecto de la defensa ribereña, nos enfocaremos en la geología del depósito aluvial (Qh-al) presente en la zona de estudio.

La zona de estudio está compuesta por diversas litoestratigráficas, que incluyen areniscas, materiales residuales no consolidados, lutitas, entre otros. Sin embargo, para este análisis, nos enfocaremos en la geología específica del área del proyecto de la defensa ribereña.

Depósito Aluvial (Qh-al): El área del proyecto se caracteriza por la acumulación de grava, arena, limo y arcilla, con clastos de subangulosos a angulosos de diversas composiciones.

Figura 5

Mapa geológico de la zona de estudio

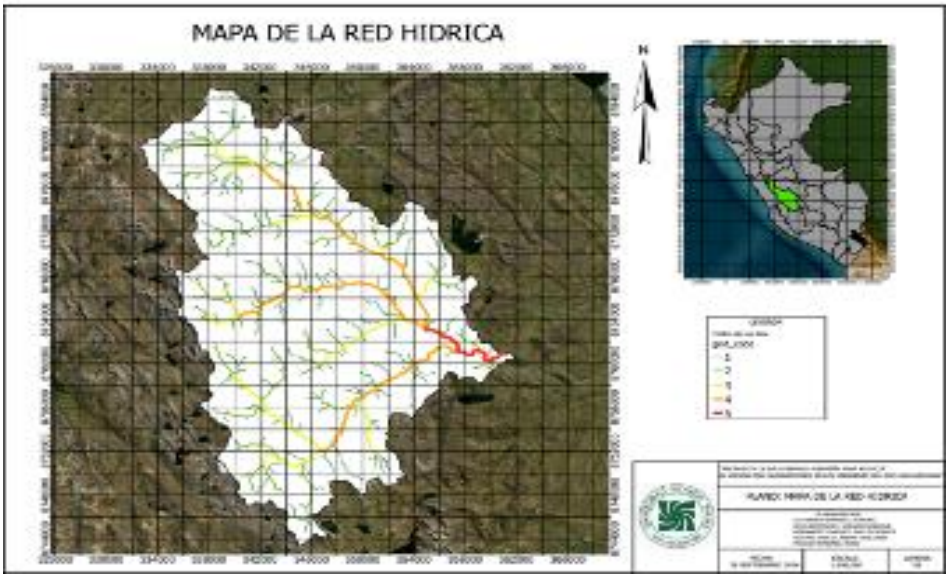


5.5 Órdenes de los ríos

Refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de una red de drenaje. Se asigna un orden a cada uno de ellos en forma creciente desde su origen hasta su desembocadura.

Figura 6

Mapa de red hídrica



ISSN (Digital): 2519-5719

5.6 Perfiles del tirante

Vista en 2D del potencial máximo tirante de agua en el tramo de estudio.

Figura 7

Modelamiento en HEC-RAS

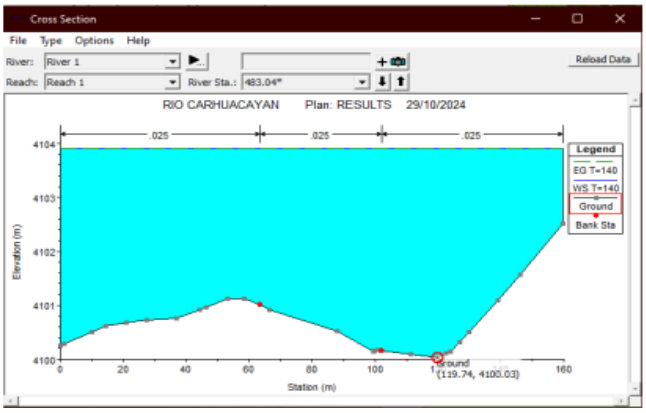
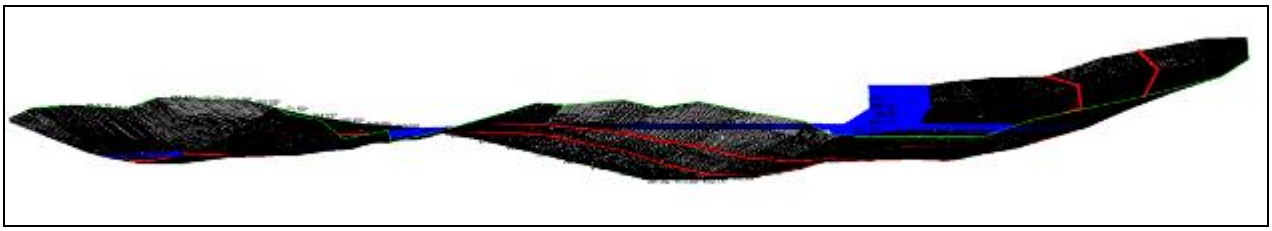


Figura 8

Vista en 3D de los tirantes de agua en el tramo de estudio



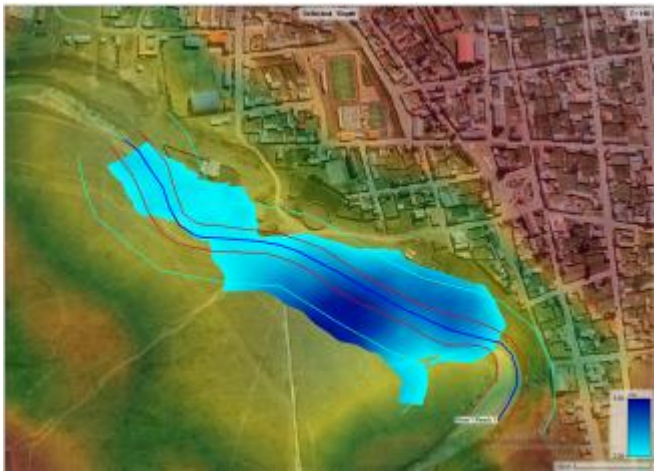
5.7 Áreas inundadas en los márgenes del río

La modelación de inundación con HEC-RAS nos ha proporcionado que existe una gran posibilidad de que ocurra una inundación en el distrito de Santa Barbara de Carhuacayan por lo que se necesita implementar medidas estructurales para mitigar estos casos.

Para el tramo estudio, existe una población en el margen derecho del río por lo que, según la modelación hidráulica en HEC-RAS, existe la probabilidad de que se inunde una parte de esta población que se encuentra más aledaña al río.

Figura 9

Zona inundada en el tramo de estudio



5.8 Socavación

Etapa I: Para la profundidad de socavación por debajo de la superficie del agua (Ds); para esta etapa necesitamos el caudal unitario (q), el cual se obtiene dividiendo el caudal máximo (Q=64.22 m^3/s) entre los anchos de encauzamiento que nos proporciona el HEC-RAS.

Una vez obtenido el caudal unitario (q), procedemos a seleccionar el valor del factor de Lacey (f), el cual varía dependiendo del tipo de suelo del lecho del río. Se usó el valor f=4.75

Ya teniendo los datos procedemos a calcular el Ds por medio de una plantilla de Excel para cada ancho de encauzamiento.

Etapa II: Para la profundidad de socavación por debajo de la superficie del agua ajustada; el valor de Ds tiene que ser corregido de acuerdo a Lacey como nos muestra la siguiente ecuación.

Para poder corregir el valor de Ds, tenemos que seleccionar el valor de corrección según características del río, el cual vendría a ser Z=1.5. Ya teniendo seleccionado el factor de corrección, procedemos a corregir el Dsa.

Etapa III: Para la profundidad de socavación por debajo del lecho del río, se halla el tirante máximo del agua (Y) de cada sección transversal del río, de modo que la calculamos restando la cota de agua con la cota mínima del lecho del río. Una vez calculados los tirantes, procedemos a calcular la profundidad de socavación por debajo del lecho del río.

ISSN (Digital): 2519-5719

Tabla 1

Resumen de la socavación general

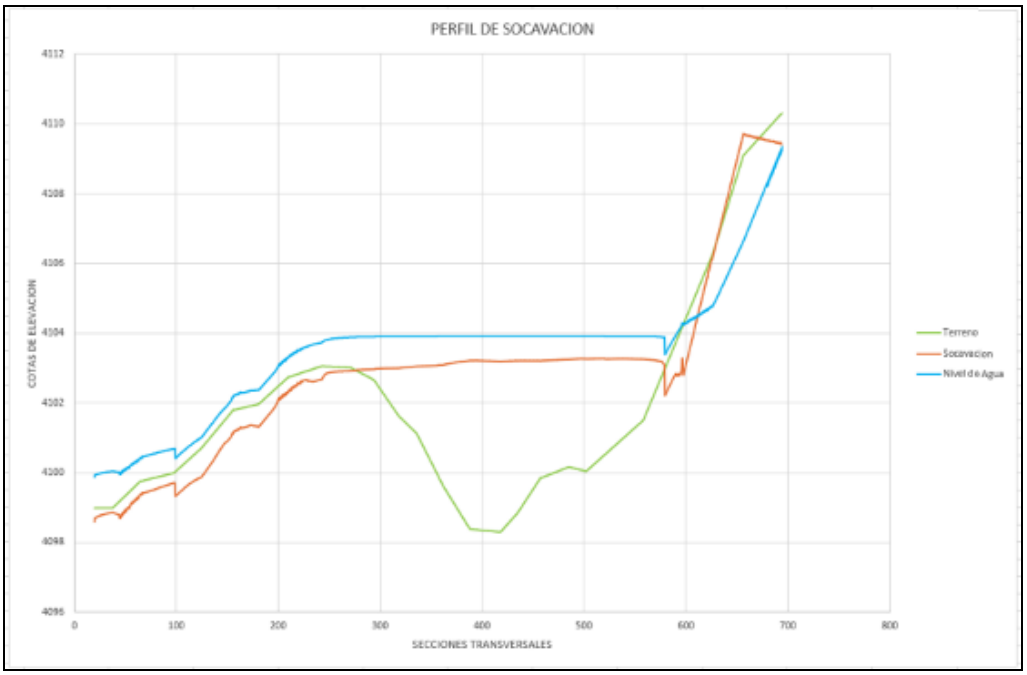
				Cota minima	Cota de agua	Cota critica					ANCHO DE ENCAUZAMIENTO						
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	Ymax	Ds	Dsa	dsa	Socav. Cota
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		m				
Reach 1	694	T=140	64.22	4110.31	4109.35	4109.35	4109.71	0.007382		24.19	34.17	0	0.96	1.22	1.83	0.87	4109.44
Reach 1	693.5	T=140	64.22	4110.29	4109.21	4109.31	4109.69	0.010805		20.95	31.75	0	1.08	1.28	1.93	0.85	4109.44
Reach 1	693	T=140	64.22	4110.28	4109.27	4109.27	4109.64	0.007445		24.1	34.09	0	1.01	1.22	1.84	0.83	4109.45
Reach 1	692.5	T=140	64.22	4110.26	4109.13	4109.24	4109.62	0.010943		20.87	31.76	0	1.13	1.28	1.93	0.80	4109.46
Reach 1	692	T=140	64.22	4110.24	4109.2	4109.2	4109.56	0.007423		24.15	34.2	0	1.04	1.22	1.83	0.79	4109.45
Reach 1	691.5	T=140	64.22	4110.23	4109.07	4109.17	4109.55	0.01079		20.98	31.81	0	1.16	1.28	1.92	0.76	4109.47
Reach 1	691	T=140	64.22	4110.21	4109.13	4109.13	4109.49	0.007436		24.13	34.16	0	1.08	1.22	1.83	0.75	4109.46
Reach 1	690.5	T=140	64.22	4110.2	4109	4109.1	4109.48	0.010699		21.03	31.81	0	1.20	1.28	1.92	0.72	4109.48
Reach 1	690	T=140	64.22	4110.18	4109.06	4109.06	4109.42	0.007308		24.28	34.25	0	1.12	1.22	1.83	0.71	4109.47
Reach 1	689.5	T=140	64.22	4110.16	4108.94	4109.03	4109.4	0.010291		21.36	32.12	0	1.22	1.27	1.91	0.69	4109.47
Reach 1	689	T=140	64.22	4110.15	4108.99	4108.99	4109.35	0.007382		24.17	34.12	0	1.16	1.22	1.84	0.68	4109.47
Reach 1	688.5	T=140	64.22	4110.13	4108.87	4108.96	4109.33	0.010394		21.27	32.04	0	1.26	1.28	1.92	0.66	4109.47
Reach 1	688	T=140	64.22	4110.12	4108.91	4108.91	4109.27	0.007435		24.13	34.16	0	1.21	1.22	1.83	0.62	4109.50
Reach 1	687.5	T=140	64.22	4110.1	4108.78	4108.88	4109.26	0.010808		20.96	31.79	0	1.32	1.28	1.93	0.61	4109.49
Reach 1	687	T=140	64.22	4110.08	4108.84	4108.84	4109.21	0.007436		24.12	34.14	0	1.24	1.22	1.84	0.60	4109.48
Reach 1	686.5	T=140	64.22	4110.07	4108.71	4108.81	4109.19	0.010807		20.95	31.77	0	1.36	1.28	1.93	0.57	4109.50
Reach 1	686	T=140	64.22	4110.05	4108.77	4108.77	4109.14	0.007445		24.11	34.11	0	1.28	1.22	1.84	0.56	4109.49
Reach 1	685.5	T=140	64.22	4110.04	4108.63	4108.73	4109.12	0.011045		20.8	31.72	0	1.41	1.29	1.93	0.52	4109.52
Reach 1	685	T=140	64.22	4110.02	4108.7	4108.7	4109.06	0.007435		24.14	34.21	0	1.32	1.22	1.83	0.51	4109.51
Reach 1	684.5	T=140	64.22	4110	4108.57	4108.67	4109.05	0.010711		21.03	31.85	0	1.43	1.28	1.92	0.49	4109.51
Reach 1	684	T=140	64.22	4109.99	4108.63	4108.63	4108.99	0.007428		24.1	34.03	0	1.36	1.23	1.84	0.48	4109.51
Reach 1	683.5	T=140	64.22	4109.97	4108.51	4108.6	4108.97	0.010402		21.25	31.99	0	1.46	1.28	1.92	0.46	4109.51
Reach 1	683	T=140	64.22	4109.96	4108.56	4108.56	4108.92	0.007399		24.16	34.15	0	1.40	1.22	1.84	0.44	4109.52
Reach 1	682.5	T=140	64.22	4109.94	4108.44	4108.53	4108.9	0.010387		21.29	32.08	0	1.50	1.28	1.91	0.41	4109.53
Reach 1	682	T=140	64.22	4109.92	4108.49	4108.49	4108.85	0.007347		24.22	34.17	0	1.43	1.22	1.83	0.40	4109.52
Reach 1	681.5	T=140	64.22	4109.91	4108.37	4108.46	4108.83	0.010368		21.3	32.08	0	1.54	1.28	1.91	0.37	4109.54
Reach 1	681	T=140	64.22	4109.89	4108.42	4108.42	4108.78	0.007311		24.26	34.18	0	1.47	1.22	1.83	0.36	4109.53
Reach 1	680.5	T=140	64.22	4109.87	4108.27	4108.38	4108.76	0.011013		20.81	31.69	0	1.60	1.29	1.93	0.33	4109.54
Reach 1	680	T=140	64.22	4109.86	4108.35	4108.35	4108.7	0.007297		24.3	34.28	0	1.51	1.22	1.83	0.32	4109.54
Reach 1	679.5	T=140	64.22	4109.84	4108.21	4108.31	4108.69	0.010632		21.08	31.85	0	1.63	1.28	1.92	0.29	4109.55
Reach 1	679	T=140	64.22	4109.83	4108.28	4108.28	4108.64	0.007376		24.19	34.15	0	1.55	1.22	1.84	0.29	4109.54
Reach 1	678.5	T=140	64.22	4109.81	4108.24	4108.24	4108.6	0.007286		24.31	34.27	0	1.57	1.22	1.83	0.26	4109.55
Reach 1	678	T=140	64.22	4109.79	4108.2	4108.2	4108.56	0.007348		24.22	34.15	0	1.59	1.22	1.84	0.25	4109.54
Reach 1	677.5	T=140	64.22	4109.78	4108.17	4108.17	4108.53	0.007256		24.34	34.27	0	1.61	1.22	1.83	0.22	4109.56
Reach 1	677	T=140	64.22	4109.76	4108.13	4108.13	4108.49	0.007367		24.19	34.11	0	1.63	1.22	1.84	0.21	4109.55
Reach 1	676.5	T=140	64.22	4109.75	4108.1	4108.1	4108.46	0.007301		24.28	34.21	0	1.65	1.22	1.83	0.18	4109.57
Reach 1	676	T=140	64.22	4109.73	4108.06	4108.06	4108.42	0.007421		24.14	34.15	0	1.67	1.22	1.84	0.17	4109.56
Reach 1	675.5	T=140	64.22	4109.71	4108.02	4108.02	4108.38	0.007379		24.2	34.23	0	1.69	1.22	1.83	0.14	4109.57
Reach 1	675	T=140	64.22	4109.7	4107.99	4107.99	4108.35	0.007288		24.3	34.24	0	1.71	1.22	1.83	0.12	4109.58
Reach 1	674.5	T=140	64.22	4109.68	4107.95	4107.95	4108.31	0.00734		24.21	34.09	0	1.73	1.22	1.84	0.11	4109.57
Reach 1	674	T=140	64.22	4109.67	4107.92	4107.92	4108.28	0.007426		24.11	34.06	0	1.75	1.23	1.84	0.09	4109.58
Reach 1	673.5	T=140	64.22	4109.65	4107.88	4107.88	4108.24	0.007284		24.3	34.23	0	1.77	1.22	1.83	0.06	4109.59
Reach 1	673	T=140	64.22	4109.63	4107.84	4107.84	4108.21	0.00742		24.14	34.15	0	1.79	1.22	1.84	0.05	4109.58
Reach 1	672.5	T=140	64.22	4109.62	4107.81	4107.81	4108.17	0.007319		24.25	34.17	0	1.81	1.22	1.83	0.02	4109.60
Reach 1	672	T=140	64.22	4109.6	4107.78	4107.78	4108.14	0.00732		24.26	34.22	0	1.82	1.22	1.83	0.01	4109.59
Reach 1	671.5	T=140	64.22	4109.59	4107.74	4107.74	4108.09	0.00739		24.19	34.2	0	1.85	1.22	1.83	-0.02	4109.61
Reach 1	671	T=140	64.22	4109.57	4107.7	4107.7	4108.06	0.007429		24.12	34.1	0	1.87	1.22	1.84	-0.03	4109.60
Reach 1	41.5	T=140	64.22	4099.1	4100.01		4100.18	0.003831	1.89	36.33	65.57	0.74	0.91	0.79	1.19	0.28	4098.82
Reach 1	41	T=140	64.22	4099.08	4100.02		4100.18	0.003525	1.84	37.33	65.88	0.71	0.94	0.79	1.18	0.24	4098.84
Reach 1	40.5	T=140	64.22	4099.07	4100.02		4100.18	0.003305	1.8	38.13	66.21	0.69	0.95	0.79	1.18	0.23	4098.84
Reach 1	40	T=140	64.22	4099.06	4100.02		4100.17	0.003172	1.78	38.64	66.28	0.68	0.96	0.79	1.18	0.22	4098.84
Reach 1	39.5	T=140	64.22	4099.04	4100.03		4100.17	0.002926	1.73	39.64	66.56	0.65	0.99	0.78	1.18	0.19	4098.85
Reach 1	39	T=140	64.22	4099.03	4100.03		4100.17	0.002707	1.69	40.67	66.99	0.63	1.00	0.78	1.17	0.17	4098.86
Reach 1	38.5	T=140	64.22	4099.01	4100.03		4100.16	0.002528	1.66	41.56	67.22	0.61	1.02	0.78	1.17	0.15	4098.86
Reach 1	38	T=140	64.22	4099	4100.03		4100.16	0.002428	1.64	42.1	67.32	0.6	1.03	0.78	1.17	0.14	4098.86
Reach 1	37.514	T=140	64.22	4099	4100.03		4100.16	0.002469	1.64	41.9	67.38	0.61	1.03	0.78	1.17	0.14	4098.86
Reach 1	37.027	T=140	64.22	4099	4100.03		4100.16	0.002496	1.65	41.8	67.4	0.61	1.03	0.78	1.17	0.14	4098.86
Reach 1	36.541	T=140	64.22	4099	4100.03		4100.16	0.002517	1.65	41.65	67.02	0.61	1.03	0.78	1.17	0.14	4098.86
Reach 1	36.054	T=140	64.22	4099	4100.03		4100.16	0.002556	1.66	41.47	67.02	0.61	1.03	0.78	1.17	0.14	4098.86
Reach 1	35.568	T=140	64.22	4099	4100.02		4100.15	0.002568	1.66	41.4	66.95	0.62	1.02	0.78	1.17	0.15	4098.85
Reach 1	35.081	T=140	64.22	4099	4100.02		4100.15	0.00261	1.67	41.23	66.96	0.62	1.02	0.78	1.17	0.15	4098.85
Reach 1	34.595	T=140	64.22	4099	4100.02		4100.15	0.002642	1.67	41.11	67.02	0.62	1.02	0.78	1.17	0.15	4098.85
Reach 1	34.108	T=140	64.22	4099	4100.02		4100.15	0.002669	1.68	40.97	66.94	0.63	1.02	0.78	1.17	0.15	4098.85
Reach 1	33.622	T=140	64.22	4099	4100.02		4100.15	0.002743	1.69	40.64	66.67	0.63	1.02	0.78	1.17	0.15	4098.85
Reach 1	33.135	T=140	64.22	4099	4100.01		4100.15	0.002757	1.69	40.58	66.58	0.64	1.01	0.78	1.18	0.17	4098.83
Reach 1	32.649	T=140	64.22	4099	4100.01		4100.15	0.002799	1.7	40.41	66.6	0.64	1.01	0.78	1.18	0.17	4098.83
Reach 1	32.162	T=140	64.22	4099	4100.01		4100.15	0.002823	1.71	40.29	66.5	0.64	1.01	0.78	1.18	0.17	4098.83
Reach 1	31.676	T=140	64.22	4099	4100.01		4100.15	0.002871	1.71	40.13	66.55	0.65	1.01	0.78	1.18	0.17	4098.83
Reach 1	31.189	T=140	64.22	4099	4100		4100.14	0.002925	1.72	39.92	66.52	0.65	1.00	0.78	1.18	0.18	4098.82
Reach 1	30.703	T=140	64.22	4099	4100		4100.14	0.002988	1.73	39.65	66.27	0.66	1.00	0.79	1.18	0.18	4098.82
Reach 1	30.216	T=140	64.22	4099	4100		4100.14	0.003043	1.74	39.45	66.25	0.66	1.00	0.79	1.18	0.18	4098.82
Reach 1	29.73	T=140	64.22	4099	4100		4100.14	0.003072	1.74	39.33	66.06	0.67	1.00	0.79	1.18	0.18	4098.82
Reach 1	29.243	T=140	64.22	4099	4099.99		4100.14	0.003121	1.75	39.16	65.93	0.67	0.99	0.79	1.18	0.19	4098.81
Reach 1	28.757	T=140	64.22	4099	4099.99		4100.14	0.003204	1.77	38.83	65.76	0.68	0.99	0.79	1.19	0.20	4098.80
Reach 1	28.27	T=140	64.22	4099	4099.99		4100.14	0.003267	1.77	38.63	65.78	0.69	0.99	0.79	1.19	0.20	4098.80
Reach 1	27.784	T=140	64.22	4099	4099.99		4100.13	0.003339	1.78	38.41	65.71	0.69	0.99	0.79	1.19	0.20	4098.80
Reach 1	27.297	T=140	64.22	4099	4099.98		4100.13	0.003406	1.79	38.16	65.52	0.7	0.98	0.79	1.19	0.21	4098.79
Reach 1	26.811	T=140	64.22	4099	4099.98		4100.13	0.003484	1.81	37.92	65.51	0.7	0.98	0.79	1.19	0.21	4098.79
Reach 1	26.324	T=140	64.22	4099	4099.98		4100.13	0.003573	1.82	37.62	65.35	0.71	0.98	0.79	1.19	0.21	4098.79
Reach 1	25.838	T=140	64.22	4099	4099.97		4100.13	0.003619	1.82	37.52	65.39	0.72	0.97	0.79	1.19	0.22	4098.78
Reach 1	25.351	T=140	64.22	4099	4099.97		4100.13	0.003762	1.84	37.08	65.2	0.73	0.97	0.80	1.19	0.22	4098.78
Reach 1	24.865	T=140	64.22	4099	4099.96		4100.13	0.003855	1.86	36.8	65.05	0.74	0.96	0.80	1.19	0.23	4098.77
Reach 1	24.378	T=140	64.22	4099	4099.96		4100.12	0.003914	1.86	36.67	64.96	0.74	0.96	0.80	1.20	0.24	4098.76
Reach 1	23.892	T=140	64.22	4099	4099.96		4100.12	0.004007	1.88	36.39	64.78	0.75	0.96	0.80	1.20	0.24	4098.76
Reach 1	23.405	T=140	64.22	4099	4099.95		4100.12	0.004119	1.89	36.11	64.71	0.76	0.95	0.80	1.20	0.25	4098.75
Reach 1	22.919	T=140	64.22	4099	4099.95		4100.12	0.004283	1.91	35.63	64.13	0.77	0.95	0.80	1.21	0.26	4098.74
Reach 1	22.432	T=140	64.22	4099	4099.94		4100.12	0.004414	1.93	35.31	64.08	0.78	0.94	0.80	1.21	0.27	4098.73
Reach 1	21.946	T=140	64.22	4099	4099.94		4100.12	0.004549	1.95	34.97	63.93	0.79	0.94	0.81	1.21	0.27	4098.73
Reach 1	21.459	T=140	64.22	4099	4099.93		4100.12	0.004837	1.99	34.22	63.39	0.82	0.93	0.81	1.22	0.29	4098.71
Reach 1	20.973	T=140	64.22	4099	4099.92		4100.11	0.005	2.01	33.84	63.22	0.83	0.92	0.81	1.22	0.30	4098.70
Reach 1	20.486	T=140	64.22	4099	4099.92	4099.85	4100.11	0.00514	2.03	33.52	62.94	0.84	0.92	0.81	1.22	0.30	4098.70
Reach 1	20	T=140	64.22	4099	4099.86	4099.86	4100.1	0.007151	2.3	29.67	59.56	0.98	0.86	0.84	1.27	0.41	4098.59

5.9 Perfil de socavación en el tramo del río

Usando la herramienta Excel, graficamos los datos de la cota del lecho del río y las cotas de la profundidad de socavación, del tramo de la progresiva 276.5 hasta la progresiva 578.85. En este tramo, la socavación sale negativo lo que nos indica que no presenta socavación.

Gráfico 1

Perfil de socavación del tramo de estudio



5.10 Diseño estructural de la defensa ribereña

Para el modelamiento de la defensa ribereña para el tramo a analizar del río de Carhuacayán, se hizo el estudio en una longitud de 600 metros, en la cual, según las áreas inundables, estas varían, aproximadamente, desde 1 metro en las partes más bajas hasta 4.2 metros en la zona con más riesgo a inundarse. Por ende, el grupo de trabajo optó por diseñar dos tipos de defensas ribereñas debido a que construir una sola que proteja las zona más inundable en todo el tramo de los 600 metros no sería viable debido al gran costo económico que demandará. Se optó por dos tipos de defensa que son el muro de gavión para una longitud de 100 metros, la cual corresponde a las áreas inundables con hasta 4.2 metros de altura, y el otro tipo de defensa sería el dique, con una altura de hasta 1.5 metros para los 500 metros restantes. De esta forma, los 600 metros están protegidos ante cualquier desbordamiento que pueda existir. Los modelamientos de las defensas ribereñas se harán en los programas Gawac 3.0 para el muro de gavión y de la misma forma para diques.

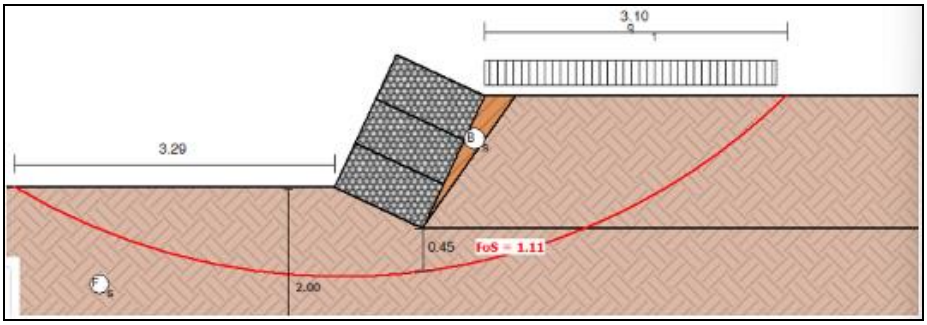
ISSN (Digital): 2519-5719

5.11 Modelamiento del dique

Para una altura de 1.5 metros en promedio, dirigidos a los 500 metros del tramo del río, se han modelado diques que irán a lo largo de dicho tramo. Este muro presenta una inclinación de 25°, con peso específico de piedra de 17 KN/m^3 y una porosidad de 32 %. Finalmente, se diseñará este muro con la inclusión de un geotextil en el terraplén con reducción en la fricción de 4 % .

Figura 10

Primer modelamiento de la defensa ribereña



Se realizó el modelado contemplando el estado último del muro para poder observar sus factores de seguridad y demás resultados.

Figura 11

Resultados del primer modelamiento

Figura 12

Resultados del modelamiento

ELU Estado Limite Ultimo

Externa

FS para Vuelco		FS para Deslizamiento		FS - Tension de la Base izq.		FS - Tension de la Base der.	
FoS	N.A.	FoS	N.A.	FoS	5.47	FoS	4.84

Global

FS Global	
FoS	1.11

Interna

Camada	H [m]	N [kN/m]	T [kN/m]	M [kN/m x m]	τ_{Max} [kN/m]	τ_{All} [kN/m²]	τ FoS	σ_{Max} [kN/m²]	σ_{All} [kN/m²]	σ FoS
1	0.45	6.34	-0.09	3.19	-0.09	29.38	**326.44**	6.30	283.79	**45.05**
2	0.91	12.68	-0.17	6.42	-0.17	35.72	**210.12**	12.51	283.79	**22.69**

5.11.1 Modelamiento del muro de gavión

La zona más desfavorable debió tener una solución más imponente. Por ello, se desarrolló el modelado de un muro de gavión.

Tabla 2

Dimensiones de la defensa ribereña

PARÁMETROS	
H=	5
Y=	4.5
B=	2.5
L=	0.8
T=	0.5

Este muro de gavión también se modeló contemplando el estado último del muro para poder observar sus factores de seguridad y demás resultados.

ISSN (Digital): 2519-5719

Figura 13

Representación del gavión en Gawac

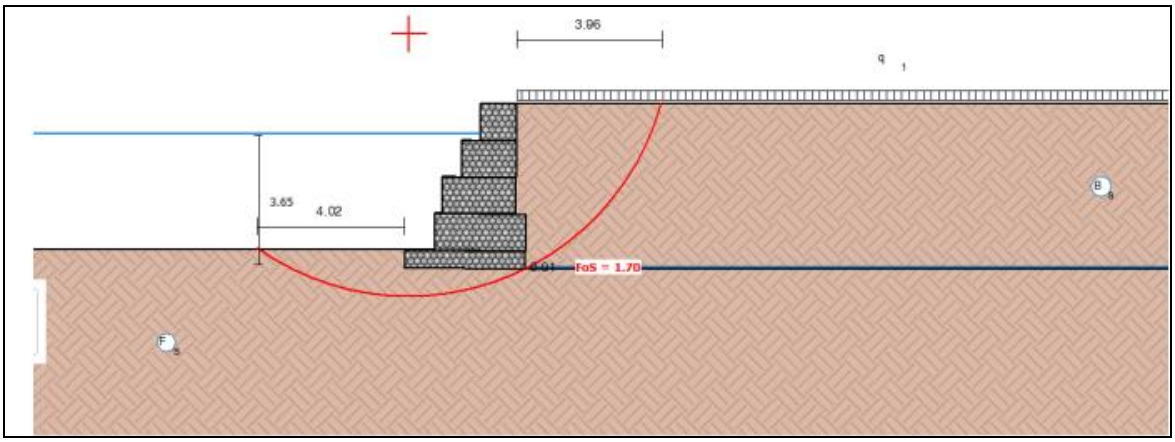


Figura 14

Resultados del segundo modelamiento

5.12 Evaluación de impacto ambiental

Se realizó la evaluación de impacto ambiental con la ayuda de la matriz cuantitativa y cualitativa.

Tabla 3

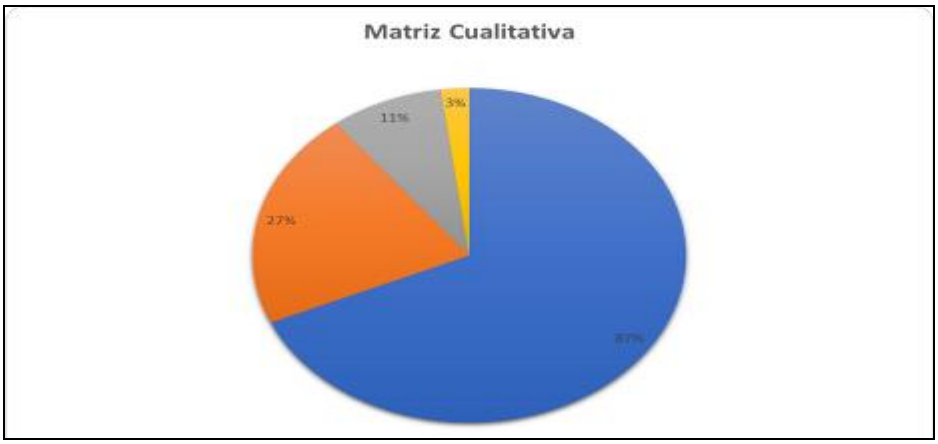
Matriz cualitativa

Leyenda	Descripcion	Signo	Total
D	Impacto negativo directo	-1	-65
I	Impacto negativo indirecto	-1	-20
D	Impacto positivo directo	1	8
I	Impacto positivo indirecto	1	2
			-75

				PROVISIONALES			PRELIMINARES			MOVIMIENTO DE TIERRA Y TRANSPORTE DE MATERIALES									MURO		ACONDICIONAMIENTO DEL CAUCE Y OBRAS CIVILES			
	IMPACTO AMBIENTAL		PROCESOS COSTRUCTIVOS	Costa de obra	Movilización de maquinaria	Letreros en la zona	Limpieza de área	Limpieza manual de terreno	Trazo y Replanteo	Demolición	Corte de terreno	Corte de Roca- Perforación	Rellenos de material granular	Rellenos con material fino	Rellenos Compactado	Nivelación	Eliminación de material excedente	Acarreo y eliminación de material	Cimientos de Gaviones	Muro de mampostería y concreto ciclopeo	Desviación al cauce	Plantación de especies propias de la zona	Construcción de muro de concreto ciclopeo	Restauración de grietas
Condiciones Físicas Ambiente Inmediato	Abiótico	Atmosférico	Aire		I																	I		
			Ruido		D						D					D	D		D					
			Vibración		D											D	D							
			Humo y Gases		D	I											D							
			Polvo		D		D	D	D		D					D	D	D	D					
		Agua	Turbidez																					
			Temperatura			I																		
		Suelo	Tasa de erosión								D													
			Modificación del relieve		I						D		D'	D'	D'	D'			D					
			Contaminación líquidos tóxicos			D					D							D						
			Contaminación residuos sólidos		I	D					D							D						
Condiciones Bióticas	Biótico	Flora y Fauna	Cobertura Vegetal		D		D	D		D	D		D	D	D	D	D	D			D			
			Especies Aéreas		I					D							D				I			
			Especies terrestres		I					D	I						D		D		I			
			Especies acuáticas		I					D							D		D		D			
			Hábitat		I		D	D		D	I		D			D	D		D		D			
			Variedad de especies		I					D			D				D				D	I		
		Paisaje	Intrusión																					
			Calidad																					
			Deforestación																					
Medio Socioeconómico	Demográfico	Social	Patrones culturales (estilo de vida)																					D
			Molestias		I													I					D	
			Salud e higiene		I	D																		
			Organización de empleo		I								I						D	D				D
			Movilidad de la población																D					D
			Turismo	I	D																		D	
		Economía	Redes de servicios																					D
			Turismo																					D

Gráfico 2

Matriz cualitativa

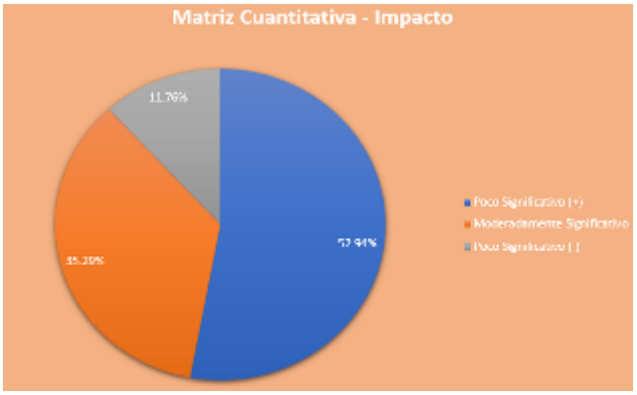


ISSN (Digital): 2519-5719

PROCESO CONSTRUCTIVO (PIPE BURSTING)	ASPECTOS AMBIENTALES	CALIFICACIÓN DEL IMPACTO DE LA DEFENSA RIBEREÑA												IMPACTO
		Signo	(IN)	(EX)	(MO)	(PE)	(RV)	(SI)	(AC)	(EF)	(PR)	(MC)	(S)	
Señalización zona de trabajo	Transito (Puente)	-1	1	1	3	2	1	1	1	1	2	4	-20	PS
	Accesibilidad peatonal (Puente)	-1	1	1	1	2	1	1	4	1	2	4	-21	PS
Desvio de cause, Corte, Exavación y movimiento de tierra, Relleno y compactación	Ruido	-1	2	2	1	3	1	1	1	1	1	2	-21	PS
	Vibración	-1	2	2	1	3	1	1	1	1	1	2	-21	PS
	Polvo	-1	4	2	1	3	1	1	1	4	1	2	-30	MoS
	Modificación del relieve	-1	2	1	1	3	3	1	1	1	1	8	-27	MoS
	Contaminación	-1	1	2	1	3	3	2	4	1	1	4	-26	MoS
	Cobertura Vegetal	-1	1	2	1	3	3	1	4	1	1	2	-23	PS
	Molestias	-1	2	2	1	3	1	1	4	1	4	4	-29	MoS
	Salud e higiene	-1	2	1	1	3	2	1	4	1	1	4	-25	PS
	Bienestar de la población	-1	4	1	1	3	2	1	4	1	1	4	-31	MoS
	Accesibilidad peatonal	-1	2	1	1	3	1	1	4	1	1	3	-23	PS
	Transito	-1	2	1	1	3	1	1	4	1	2	3	-24	PS
	Zona comercial	-1	1	1	1	3	1	1	1	1	2	3	-18	PS
	Turismo	-1	1	1	1	3	1	1	4	1	1	3	-20	PS
Uso de Maquinaria	Aire	-1	2	1	1	3	1	1	1	1	1	4	-21	PS
	Ruido	-1	4	2	1	3	1	1	4	1	1	4	-32	MoS
	Vibración	-1	2	2	1	3	1	1	4	1	1	3	-25	PS
	Humo y Gases	-1	4	1	1	3	1	2	4	1	2	4	-32	MoS
	Polvo	-1	2	1	1	3	1	1	4	4	2	4	-28	MoS
	Accesibilidad peatonal	-1	1	1	1	3	1	1	4	1	2	3	-21	PS
	Transito	-1	2	1	1	3	1	1	4	1	2	3	-24	PS
Construcción de los gaviones in situ	Ruido	-1	4	2	1	3	1	1	4	1	1	4	-32	MoS
	Vibración	-1	2	2	1	3	1	1	4	1	1	4	-26	MoS
	Polvo	-1	2	2	1	3	1	2	4	4	1	4	-30	MoS
	Molestias	-1	2	2	1	3	1	1	4	1	4	4	-29	MoS
	Salud e higiene	-1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	4	-18	PS
	Bienestar de la población	-1	2	2	1	3	1	1	1	1	1	4	-23	MoS
	Accesibilidad peatonal	-1	1	1	1	3	1	1	4	1	2	4	-22	PS
	Transito	-1	1	1	1	3	1	1	4	1	2	4	-22	PS
	Turismo	-1	1	1	1	3	1	1	4	1	1	4	-21	PS
Colocación de los Gaciones	Ruido	-1	2	2	1	3	1	1	4	1	1	4	-26	MoS
	Vibración	-1	2	2	1	3	1	1	4	1	1	4	-26	MoS
	Polvo	-1	4	1	1	3	1	2	4	4	1	4	-34	MoS
	Molestias	-1	2	2	1	3	1	1	4	1	4	4	-29	MoS
	Salud e higiene	-1	1	1	1	3	1	1	4	1	1	4	-21	PS
	Bienestar de la población	-1	1	2	1	3	1	1	1	1	2	4	-21	PS
	Transito	-1	1	1	1	3	1	1	4	1	2	3	-21	PS
	Turismo	-1	1	1	1	3	1	1	4	1	1	4	-21	PS
Reposición de rio en su curso, Relleno y forestación (arboles - hierva)	Ruido	-1	1	1	1	3	1	1	4	1	1	4	-21	PS
	Vibración	-1	1	1	1	3	1	1	4	1	1	4	-21	PS
	Humo y Gases	-1	1	1	1	3	1	1	4	1	1	4	-21	PS
	Polvo	-1	1	1	1	3	1	2	4	4	1	4	-25	PS
	Molestias	-1	1	1	1	3	1	1	4	1	4	4	-24	PS
	Salud e higiene	-1	1	1	1	3	1	1	4	1	1	3	20	ps
	Bienestar de la población	-1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	4	18	ps
	Accesibilidad peatonal	-1	1	1	1	3	2	1	1	1	2	3	19	ps
	Transito	-1	1	1	1	3	2	1	4	1	2	3	22	ps
	Zona comercial	-1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	3	18	ps
	Turismo	-1	1	1	1	3	2	1	4	1	1	3	21	ps

Gráfico 3

Matriz cuantitativa



5.13 Presupuesto del Proyecto

El presupuesto para la zona de estudio consta de obras provisionales que consisten en trabajos preliminares, seguridad y salud en el trabajo. Además, la construcción de la defensa ribereña consiste en el movimiento de tierras, selección y transporte de piedras, y la construcción de la defensa ribereña. Estas últimas partidas para la defensa requiere un presupuesto de aproximadamente S/. 987 705. 02 (novecientos ochenta siete mil setecientos cinco (02/100) soles).

El presupuesto total del proyecto, que incluye todas las partidas, en las que también se calculan los gastos generales de 8 % y una utilidad de 3.5 %, es de S/. 1 457 015. 02 (un millón cuatrocientos cincuenta siete mil quince (02/100)), incluido el IGV.

6 Conclusiones

Al desarrollar los cálculos respectivos, se concluye que la cuenca es alargada, la cual no será propensa a inundaciones. Asimismo, se trataría de una cuenca en fase de juventud con gran potencial erosivo (tipo A).

El estudio geológico realizado en la zona de estudio del proyecto de defensa ribereña ha permitido identificar las diversas unidades litoestratigráficas presentes, como areniscas, materiales residuales no consolidados y lutitas. Sin embargo, se ha determinado que el depósito aluvial (Qh-al) es la unidad predominante en el área. Este depósito presenta desafíos geotécnicos significativos, que incluyen problemas de erosión interna, socavación, filtración y asentamientos diferenciales. A pesar de estos desafíos, estudios previos y tesis realizadas en suelos similares han demostrado que estos depósitos aluviales pueden soportar las cargas necesarias para la defensa ribereña sin presentar fallos en sus ensayos. Esto proporciona una base sólida y confiable para la planificación y construcción de la defensa ribereña, y asegura que las estructuras diseñadas sean estables y duraderas en el contexto geológico específico de la zona.

La erosión, los deslizamientos de tierra, la contaminación minera, el retroceso de los glaciares y la limitada accesibilidad son problemas que afectan de manera directa la sostenibilidad ambiental y el bienestar de las poblaciones locales.

La construcción de la defensa ribereña en la zona inundable garantiza la mitigación ante los próximos desbordes del cauce del río del distrito de Santa Bárbara de Carhuacayán.

La modelación tanto del muro de gavión y diques cumple las verificaciones de volteo, deslizamiento y vuelco; todo esto se obtuvo de los resultados al programarlo en el Gawac 3.0.

Se concluye que el caudal de diseño, mediante diferentes modelos de distribución, con el que será diseñado la defensa ribereña, es de 64.2189 m^3/s.

En el tramo de la progresiva 276.5 hasta la progresiva 578.85, la socavación sale negativa, lo que nos indica que no presenta socavación.

ISSN (Digital): 2519-5719

Se identificó la zona inundable mediante el programa HEC-RAS y la altura máxima de inundación en la zona de estudio es de 4 metros.

El proyecto de defensa ribereña es viable pese al impacto ambiental negativo, pues mitigará los riesgos por lluvias intensas y deslizamientos. La solución propuesta, un gavión verde, reducirá el impacto ambiental al integrar vegetación, estabilizar taludes y contribuir a la recuperación del ecosistema. Además, protegerá al río de la contaminación minera cercana.

Referencias bibliográficas

[1] Das, B. M. (2010). *Principles of Geotechnical Engineering*, 7th ed. https://dl.icdst.org/pdfs/files/f26ec24b602af-7971800c8c327a3b3bd.pdf

[2] Craig, R. F. (2012). *Craig's Soil Mechanics*. CRC Press.

[3] Coduto, D., Yeung, M. R. y Kitch, W. (2016). *Geotechnical Engineering: Principles and Practices*. Pearson.

[4] ESRI. (s.f.). *Aspectos clave de SIG*. ArcGIS Resource Center. ArcGIS Resources. https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000p000000.htm

[5] ESRI. (s.f.). *¿Qué es SIG?* SIGSA. https://www.sigsa.info/es-mx/what-is-gis/overview

[6] Luque, G. y Rosado, M. (2014). *Zonas críticas por peligros geológicos en la región Junín. Primer reporte*. https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2017

[7] Álvaro, L. y Henríquez, L. (2014). *Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Chicama, tramo puente Punta Moreno – Pampas de Jaguey, aplicando el programa River* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada Antenor Orrego]. https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/683

[8] Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2012). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/-2011/Octubre/10/RD-20-2011-MTC-14.pdf

[9] Holtz, R., Kovacs, W. y Sheahan, T. (2011). An introduction to geotechnical engineering (2nd. edition). Pearson.

[10] Franco, R. (2020, Abril 17). *Componentes de un SIG*. Rodolfo Franco Web. https://rodolfofrancoweb.com/2020/04/17/componentes-de-un-sig/

[11] Sarría, F. A. (2022). *Sistemas de Información Geográfica*. Universidad de Murcia. https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf

[12] Vásquez Chávez, L. (2018). *Diseño de defensas ribereñas y su aplicación en el cauce del río La Leche, distrito de Pacora – Lambayeque* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. http://hdl.handle.net/20.500.12423/1330

[13] Mejía, L. y Surco, K. (2023). *Defensa ribereña con el sistema de muro enrocado para mitigar las inundaciones del río Tullumayo – Urubamba – Cusco* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Martín de Porres]. https://hdl.handle.net/20.500.12727/13570

Trayectoria académica

Gerardo Enrique Roca Bonifacio

Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú

Estudiante de último ciclo de la carrera de Ingeniería Civil Actualmente, trabaja en una contratista.

Autora corresponsal: gerardo.roca@urp.edu.pe

Orcid: https://orcid.org/0009-0009-2832-5994

Leandro Gutiérrez Serrano

Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú

Estudiante de último ciclo de la carrera de Ingeniería Civil.

201810517@urp.edu.pe

Orcid: https://orcid.org/0009-0001-9616-6640

Maiquel López Silva

Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú

Doctor en Ciencias Técnicas por la Universidad de Ciego de Ávila Cuba, docente Renacyt, profesor en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Ricardo Palma.

maiquel.lopez@urp.edu.pe

Orcid: https://orcid.org/0000-0002-0946-6160

ISSN (Digital): 2519-5719

Hugo Paucar Honorio

Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú

Estudiante de último ciclo de la carrera de Ingeniería Civil. Actualmente, trabaja en una contratista.

202012272@urp.edu.pe

Orcid: https://orcid.org/0009-0000-0723-4369

Naylin Mónica Hernández Vásquez

Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú

Estudiante de último ciclo de la carrera de Ingeniería Civil. Actualmente, trabaja en una contratista.

202010509@urp.edu.pe

Orcid: https://orcid.org/0009-0009-5457-8688

Henry Cristhian Vílchez García

Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú

Estudiante de último ciclo de la carrera de Ingeniería Civil. Actualmente, trabaja en una contratista

henry.vilchez@urp.edu.pe

Orcid: https://orcid.org/0009-0003-6107-4150

Contribución de autoría

Gerardo Enrique Roca Bonifacio

Conceptualización, análisis de datos, escritura, revisión y edición.

Leandro Gutiérrez Serrano

Conceptualización, software, validación, análisis de datos, escritura, revisión.

Maiquel López Silva

Metodología, software, validación, análisis de datos, escritura, revisión y edición.

Hugo Paucar Honorio

Validación, análisis de datos, escritura, revisión y edición.

Naylin Mónica Hernández Vásquez

Conceptualización, software, validación, análisis de datos, escritura, revisión y edición.

Henry Cristhian Vilchez García

Conceptualización, análisis de datos, escritura, revisión y edición.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en el desarrollo de la presente investigación.

Responsabilidad ética y legal

El desarrollo de la investigación se realizó bajo la conformidad de los principios éticos del conocimiento, respetando la originalidad de la información y su autenticidad.

Declaración sobre el uso de LLM (Large Language Model)

Este artículo no ha utilizado para su redacción textos provenientes de LLM (ChatGPT u otros)

Agradecimientos

Agradecemos a los docentes que aportaron a la investigación, como el docente López Silva.

Correspondencia: gerardo.roca@urp.edu.pe