

Diseño hidráulico y estructural del encauzamiento y defensas ribereñas en el río Virú, tramo Zaraqúe - Puente Virú

Hydraulic and structural design of the channeling and riverside defenses in the
Virú river, Zaraqúe - Virú Bridge

Ilich Yasir Lopez Camones¹

RESUMEN:

El trabajo se realizó en el Río Virú en el tramo Zaraqúe – Puente Virú , en el cual las inundaciones son un problema recurrente. El objetivo principal consiste en plantear un adecuado ancho de cauce y dimensiones de las defensas ribereñas de acuerdo a los parámetros de diseño establecidos por la Autoridad Nacional del Agua y el Ministerio de Economía y Finanzas en la Guía Metodológica para Proyectos de Protección y/o Control de Inundaciones en Áreas Agrícolas o Urbanas. El diseño hidráulico se ha realizado para un caudal máxima avenida de 393.53 m³/s correspondiente a un periodo de retorno de 140 años, con el cual se ha dimensionando el ancho óptimo del río, optando con anchos de 50, 75 y 90 m., con cuyos resultados se realizó el planteamiento y modelamiento hidráulico en la condición propuesta determinando que se requiere que las estructuras de defensa ribereña tengan una altura de 3.50, 3.00 y 2.80 m., la máxima profundidad de socavación en el tramo de estudio es de 2.01 m., seguidamente se realizó el diseño estructural determinando que las profundidades de cimentación será entre 2.00m a 3.00m , el diámetro medio de roca de 0.80 a 1.00 m y espesor de filtro de grava 0.20 m; de acuerdo al análisis de estabilidad de las secciones analizadas estas son estables. Finalmente, el costo referencial de proyecto asciende a Treinta y Un Millones Seiscientos trece mil seiscientos sesenta y ocho y 53/100 Soles (S/. 31'613,668.53) que incluye el costo directo, gastos generales, utilidad e IGV.

Palabras claves: Diseño, Estructura, Modelamiento.

ABSTRACT:

The work it has been made in Virú River in the section Zaraqúe - Puente Virú, in which floods are a recurring problem. The goal of the work was to the design consists in considering an adequate canal width and dimensions of the riparian defenses according to the design parameters established by the National Water Authority and the Ministry of Economy and Finance in the Methodological Guide for Projects of Protection and / or Control of Floods in Agricultural or Urban Areas. A study of risk and vulnerability and environmental impact of the study area was also carried out. The hydraulic design has been made for a maximum flood flow of 393.53 m³ / s corresponding to a return period of 140 years, with which the optimum width of the river has been determined, opting for widths of 50, 75 and 90 m., with whose results the hydraulic approach and modeling was carried out in the proposed condition, determining that it is required that the riparian defense structures have a height of 3.50, 3.00 and 2.80 m., the maximum depth of scour in the study section is 2.01 m., then the structural design was made determining that the foundation depths will be between 2.00m to 3.00m, the average diameter of rock from 0.80 to 1.00m and thickness of gravel filter 0.20 m; According to the analysis of stability of the analyzed sections, they are stable.

Finally, the referential Project cost amounts to Thirty one Million Six hundred thirteen thousand six hundred and sixtyeight and 53/100 Soles (S / . 31, 613,668.53) which includes the direct cost, general expenses, utility and IGV. direct cost of S / 7,076,247.01 and a total amount that includes general expenses, profits and general tax on the sale of s / 9,602,467.19.

Key words: Design, Structural, Modeling.

¹ Universidad César Vallejo - Estudiante de Ingeniería Civil.
E-mail: ilich2474@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN:

El río Virú tiene un recorrido total de 89 km y una pendiente promedio de 5 %, aunque en las partes altas se encuentran pendientes de hasta 12 %, con una extensión total de cuenca de aprox. 2,052 km², conformada principalmente por los ríos Carabamba y Huacapongo. A lo largo de su recorrido el tramo comprendido entre el sector Zaraque – Puente Virú es potencialmente vulnerable antes las crecidas del río Virú, es así que en el mes de marzo del 2017 ante la presencia del fenómeno denominado “Niño Costero” que ocasiono precipitaciones extraordinarias, origino el incremento del caudal del río Virú, superior a los 300 m³/s, ocasionando que el lecho del río resultara insuficiente para contener la demanda del flujo produciéndose inundaciones a todo lo largo del tramo comprendido entre Zaraque – Puente Virú, lo cual afecto viviendas, medio de vida de pueblo de Virú, infraestructura vial, infraestructura de riego y terrenos agrícolas según siguiente detalle:

Entre el sector Zaraque – Centro Poblado San Juan, el tramo donde se unen los ríos Carabamba y Huacapongo formando el río Virú, en el cual sobre la margen derecha ha destruido parte del Red Vial Departamental Ruta LI 119 (Carretera Asfalta) en una longitud de 3.00 Km, dejando aislado a los pobladores de las Localidades de Tomabal hasta Carabamba, así mismo sobre la margen izquierda se han inundado terrenos agrícolas, destrucción de infraestructura de riego (canales) y defensas ribereñas que existían en este sector. Entre el Centro Poblado San Juan - Bocatoma San Idelfonso, sobre ambas márgenes se ha desbordado el río Virú, ocasionando la inundación de áreas agrícolas, destrucción de infraestructura de riego (Bocatoma y canal de conducción San Idelfonso) y defensas ribereñas que existían en este sector. Entre la Bocatoma San Idelfonso - Cruce Sifón Virú (PE CHAVIMO-

CHIC), se ha ocasionado el desborde del río Virú sobre ambas márgenes, originado la destrucción de terrenos agrícolas, infraestructura de riego como es la Bocatoma Santa Clara y Defensas Ribereñas existentes en este tramo, en las que se encontraba los diques enrocado de protección de Sifón Virú del Proyecto especial CHAVIMOCHIC, así como el Badén que une la localidad de Virú con los centros poblados de Tomabal y Huacapongo. Sector Cruce Sifón Virú – Puente la Alameda, en el cual se ha ocasionado el desborde sobre la margen derecha del río Virú, originando la destrucción de infraestructura de riego de gran importancia como es el Canal Integrador Margen Derecha, destrucción de terrenos agrícolas y defensas ribereñas existentes. Así mismo en este tramo se ha originado la inundación del Pueblo de Virú, generando pérdidas económicas de la población, así como de viviendas y medios de vida de los pobladores de la zona. Finalmente, entre el Puente la Alameda – Puente Virú, se ha originado el desborde sobre la margen derecha, inundando áreas agrícolas, destrucción defensas ribereñas existentes e interrupción del tránsito vehicular por la afectación de los pilares de los puentes La Alameda y Virú colapsando este último.

2. METODO:

a) Diseño de Investigación:

Diseño no experimental, usaremos el estudio descriptivo siendo el esquema a usar:

$$M \longrightarrow O$$

M: Representa la zona donde se realizan los estudios del proyecto y la población beneficiada.

O: Información recogida de la zona de estudio.

b. Población y Muestra

Población: Conformada por el área de estudio

Muestra: No se Trabaja con muestra.

c. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas:

- Observación directa de la zona de estudio.
- Levantamiento Topográfico
- Estudio de Mecánica de Suelos.
- Recopilación de información Hidrometeorológica.
- Método de evaluación hidráulica.
- Uso de software: Civil 3D, AutoCAD, Arc Gis, Iber, Hec-ras, Hec- Georas.
- Captura de Imágenes a través de Drones.

Instrumentos:

- Estación total, GPS, primas, Winchas.
- Tamices, horno, balanza electrónica, espátulas, bandejas
- Computadores, impresoras, cámara fotográfica

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

3.1 Levantamiento Topográfico de la Zona

a) Puntos de Georreferenciación

Valores de las coordenadas y elevación, de los puntos geodésicos en el sistema WGS 84:

Cuadro 7 : Puntos Geodésicos de orden "C"- IGN

Zona UTM : 17 S
 SISTEMA DE REFERENCIA : WGS 84

Código	Norte	Este	Elevación (m)	Sector
CCH -15	9,071,444.65	749,320.09	130.58	Sifón Virú
CCH -16	9,071,656.49	748,996.27	152.32	Sifón Virú

Fuente : Proyecto Especial Chavimochic.

b) Trabajo de Gabinete

- Plano Topográfico: Levantamiento planímetro, con curvas a nivel cada 1.0 m, dibujado a una escala de 1:2000, se aprecia las progresivas, eje del río, ubicación de estructuras existentes, límites de terrenos de cultivo, ancho del cauce.
- Perfil longitudinal: Definido el eje del cauce, se elabora el perfil longitudinal del fondo del lecho

actual del río, dibujado en escala vertical de 1:200 y escala horizontal 1:2000.

3.2 Estudio Mecánica de Suelos

a) Ubicación de Calicatas :

Se muestran las coordenadas de ubicación de las calicatas, así como sus progresivas de ubicación respecto al eje del río proyectado.

Cuadro 10 : Ubicación de Calicatas

Código	Km	Norte	Este
C1	0+500.00	9,074,280.48	750,767.89
C2	1+500.00	9,073,384.13	750,376.01
C3	2+500.00	9,072,485.95	749,975.30
C4	3+500.00	9,071,543.71	749,667.92
C5	4+500.00	9,070,801.17	749,128.49
C6	5+500.00	9,070,257.21	748,366.40
C7	6+500.00	9,069,862.11	747,475.73
C8	7+500.00	9,069,663.50	746,473.01
C9	8+500.00	9,069,583.48	745,469.90
C10	9+500.00	9,068,989.36	744,597.00

Fuente: Elaboración propia.

b) Descripción de las Calicatas :

Cuadro 12 : Resultados de los Análisis de las muestras

Profundidad de la Muestra **0-1.5 m**
 Tamaño de la Muestra **3.0 Kg**

CALICA TA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
C-1	SUCS: Grava mal graduada con arena.
C-2	AASHTO: Material granular, fragmentos de roca, grava, arena.
C-5	Excelente a bueno como subgrado.
C-3	SUCS: Grava bien graduada con arena
C-4	AASHTO: Material granular, fragmentos de roca, grava, arena.
C-7	Excelente a bueno como subgrado.
C-6	SUCS: Grava mal graduada con limo y arena. AASHTO: Material granular, fragmentos de roca, grava, arena. Excelente a bueno como subgrado. Con un 8.16 % de finos.
C-8	SUCS: Arena Limosa AASHTO: Material granular. Grava y arena arcillosa o limosa. Excelente a bueno como subgrado. Con un 16.41 % de finos.
C-9	SUCS: Arena Limosa con grava. AASHTO: Material granular. Grava y arena arcillosa o limosa. Excelente a bueno como subgrado. Con un 12.86 % de finos.
C-10	SUCS: Arena mal graduada con limo y grava. AASHTO: Material granular. Grava y arena arcillosa o limosa. Excelente a bueno como subgrado. Con un 10.95 % de finos.

3.3 Estudio hidrológico

A. Geomorfología

Las características morfológicas de las cuencas y sub-cuencas de la zona de estudio, han sido determinadas a través del procesamiento mediante el software Arc Gis.

Cuadro 13 : Resultados de la Geomorfología

Geomorfología	Resultado	Unidad
Area (A)	1,911.95	Km ²
Perímetro (P)	246.78	Km
Longitud Mayor (L)	73.05	Km
Ancho Promedio (Ap)	26.17	M
Indice de Gravelius (K)	1.59	
Factor de Forma (Ff)	0.36	
Pendiente Media (Ic)	5.40	%

Fuente: Elaboración Propia

B. Análisis estadísticos de datos Hidrológicos

Cuadro 20: Resultado análisis de distribución estadística - Estación Virú / Huacapongo / Cruce Caudal máximos instantáneos (m³/s)

T (años)	P	Métodos de Distribución Estadística					Q Máx Instantáneo
		Normal	Log Normal	Log Normal 3P	Gumbel Ext	Gen. Extreme Value	
200	0.995	268.04	467.49	432.10	330.42	556.13	556.13
140	0.9943	258.34	417.68	393.53	310.73	478.27	478.27
100	0.99	248.81	373.89	358.78	292.14	417.07	417.07
50	0.98	227.80	292.89	291.95	253.71	305.46	305.46
25	0.96	204.44	223.26	231.09	215.00	222.15	231.09
10	0.9	168.27	146.63	158.87	162.82	140.60	168.27

Fuente: Elaboración Propia

a) Selección del Periodo de retorno

El riesgo de falla admisible en función del período de retorno y vida útil de la obra, ecuación (15):

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

Siendo:

R = Riesgo de falla admisible

T = Periodo de Retorno

n = Vida útil de la estructura

Considerando la Tabla N° 07: Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje” [17] se tiene el siguiente resultado:

R = 25 % (Para Defensas Ribereñas)

n = 40 años (Puentes y Defensas Ribereñas)

Reemplazando valores en la ecuación (15) se obtiene un periodo de Retorno T = 140 años, con el cual se realizará los cálculos hidrológicos.

b) Prueba de Bondad de Ajuste

La prueba de ajuste de Komogorov-Smirnov aplicada al tamaño (N=68), y el nivel de significación estadística de 0.05, tenemos los siguientes resultados:

Cuadro 21: Estación Virú/Huacapongo/Cruce Pruebas de Ajuste o Prueba de Bondad

Bondad de ajuste - Resumen							
#	Distribución	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
4	Lognormal (3P)	0.08019	1	0.41736	2	8.4697	3
1	Gen. Extreme Value	0.08425	2	0.4824	3	5.9092	2
3	Lognormal	0.09045	3	0.39305	1	4.5186	1
2	Gumbel Max	0.20514	4	3.8012	4	21.668	4
5	Normal	0.26816	5	5.8543	5	24.618	5

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 22 : Resultado Análisis del Caudal Máximo Instantáneo

Caudal máximo de avenida.						
T (años)	10	25	50	100	140	200
Q (m ³ /s)	158.87	231.09	291.95	358.78	393.53	432.1

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a este análisis, para el diseño y evaluación hidráulica del cauce del río Virú en el tramo de estudio, se ha estimado un caudal máximo de diseño

393.53 m³/s, considerando un periodo de retorno de 140 años.

4. Diseño Hidráulico:

A) Dimensionamiento del Cauce del Río Virú:

a) Cálculo del Ancho Estable.

Para un caudal de diseño de 393.53 m³/s, se tomara un ancho de la sección estable de 50 metros en el tramo Km 0+000.00 a Km 1+00.00 (Unión con la quebrada Carabamba), 75 metros en el tramo Km 1+000.00 a Km 7+220.00 y de 90 m en el tramo Km 7+220.00 – 10+940.00.

Cuadro 32 : Ancho estable del río Virú

DATOS		Q diseño (m ³ /seg)	ANCHO PROMEDIO	ANCHO ELEGIDO	OBSERVACIONES
TRAMO DE	A		B (m)	B (m)	
0+000.00	- 1+000.00	393.53	72.48	50.00	Ancho que se ajusta al tramo de estudio, considerando la existencia de infraestructura de protección a la margen izquierda en buen estado.
1+000.00	- 7+220.00	393.53	81.07	75.00	Ancho del cauce que se ajusta a las condiciones actuales, considerando la existencia de infraestructura de riego existente en sus margenes (Bocatomas Santa Clara y San Idelfonso, Cruce Sifon Viru y Salida del Canal de Descarga), Infraestructura Vial (Puente Alameda), Defensas existentes y y limite de terrenos agricolas sobre las margenes del rio.
7+220.00	- 10+940.00	393.53	89.41	90.00	Ancho del cauce que se ajusta a las condiciones actuales, considerando la existencia de infraestructura Vial (Puente Viru), Defensas existentes sobre la margen izquierda y limites de terrenos agricolas sobre las margenes del rio.

Fuente: Elaboración Propia

b) Calculo del Nivel de cresta de los diques de encauzamiento.

Cuadro 44 : Resumen del resultado del cálculo de la altura de muros de encauzamiento

Rio	Tramo	Velocidad Maxima (m/s)	Tirante Maximo (m)	Bordo Libre BL = ϕe			Altura de corona de Defensa (m)	Altura Propuesta H (m)
				ϕ	$e = \sqrt{2}g$	BL		
VIRU	Km 0+000.00 - Km 1+000.00	3.73	2.62	1.10	0.71	0.78	3.40	3.50
	Km 1+000.00 - Km 4+580.00	3.66	1.86	1.10	0.68	0.75	2.61	3.00
	Km 4+580.00 - Km 7+220.00	3.97	1.91	1.10	0.80	0.88	2.79	3.00
	Km 7+220.00 - Km 9+380.00	3.31	1.92	1.10	0.56	0.62	2.54	2.80
	Km 9+380.00 - Km 10+940.00	3.21	2.05	1.10	0.53	0.58	2.63	2.80

Fuente: Elaboración Propia

c) Calculo de la Socavación Potencial

Cuadro 45 : Resultados de la Estimación de las profundidades de socavación.

Rio	Tramo	Profundidad de Socavacion Hs (m)
		Max.
VIRU	Km 0+000.00 - Km 1+000.00	2.01
	Km 1+000.00 - Km 4+580.00	1.58
	Km 4+580.00 - Km 7+220.00	1.21
	Km 7+220.00 - Km 9+380.00	0.94
	Km 9+380.00 - Km 10+940.00	1.09

Fuente: Elaboración Propia

4) Diseño Estructural

a) Dimensiones y nivel de profundidad de cimentación (Protección del Pie de Talud): Se utilizara la siguiente formula:

$$Pc = FS \times H_s$$

Donde:

Pc : Profundidad de cimentación (m)

FS : Factor de seguridad = 1.50

Hs : Profundidad de socavación (m)

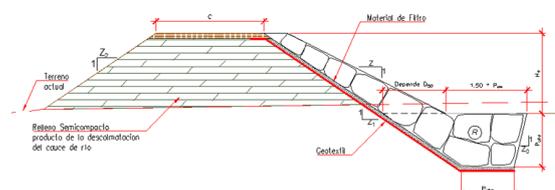
Los resultados son los siguientes:

Cuadro 49 : Resultado de profundidad de cimentación (uña) enrocado

Rio	Tramo	Profundidad de Socavacion Hs (m)	Profundidad cimentacion		
		Max.	FS	Pc Calculado (m)	Pc (m) Asumida
VIRU	Km 0+000.00 - Km 1+000.00	2.01	1.50	3.02	3.00
	Km 1+000.00 - Km 4+580.00	1.58	1.50	2.37	2.50
	Km 4+580.00 - Km 7+220.00	1.21	1.50	1.82	2.00
	Km 7+220.00 - Km 9+380.00	0.94	1.50	1.40	2.00
	Km 9+380.00 - Km 10+940.00	1.09	1.50	1.63	2.00

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 18 : Características geométricas del enrocado de protección



Cuadro 50 : Resultado del dimensionamiento de la uña

Tramo	Dimensiones de Uña de cimentación				Taludes (H:V)			
	Profundidad de Uña	Ancho Inferior (m)	Ancho Superior (m)					
	P_{una} (m)	$A_i = P_{una}$ (m)	Recomendado $A_s = 1.50 * P_{una}$ (m)	Asumido A_s (m)	Z	Z_2	Z_3	Z_4
Km 0+000.00 - Km 1+000.00	2.50	2.50	3.75	4.22	2:1	0.25:1	1.50:1	1.50:1
Km 1+000.00 - Km 4+580.00	2.00	2.00	3.00	3.10	2:1	0.25:1	1.50:1	1.50:1
Km 4+580.00 - Km 7+220.00								
Km 7+220.00 - Km 9+380.00	2.00	2.00	3.00	3.20	2:1	0.25:1	1.50:1	1.50:1
Km 9+380.00 - Km 10+940.00								

Fuente: Elaboración propia

b) Resultados de Estabilidad:

Se usó la teoría del equilibrio limite, considerando que cuando el factor de seguridad es menor que 1 (FS<1) el talud es inestable con probabilidades de falla, cuando es igual a 1 (FS = 1), el talud del enrocado es estable, cuando el factor de seguridad es mayor que 1 (FS > 1), el talud es Estable.

Cuadro 54 : Resultados de los factores de seguridad mínimos secciones de Tipo I, II y III

Tramo	SECCION ENROCADO	Método Ordinario o de Fellenius	Método de Bishop Simplificado	Método de Janbú
		FS	FS	FS
0+000.00 - 1+000.00	Tipo I	1.180	1.807	1.804
1+000.00 - 4+580.00	Tipo II	1.636	2.709	2.402
4+580.00 - 7+220.00	Tipo III	1.501	2.428	2.165
7+220.00 - 9+380.00	Tipo IV	1.454	2.357	2.093
9+380.00 - 10+940.00				

Fuente: Elaboración Propia

c) Longitud de las Estructuras de protección

Cuadro 56 : Longitudes total de los enrocados de protección proyectadas

Descripcion	Longitud (m)
MARGEN IZQUIERDA	8,427.83
Enrocado Tipo I MI Km 0+150.00 - 0+320.00	176.86
Enrocado Tipo I MI Km 0+820.00 - 1+020.00	177.39
Enrocado Tipo II MI Km 1+020.00 - 2+534.00	1,524.95

Enrocado Tipo II MI Km 2+580.00 - 4+560.00	1,991.43
Enrocado Tipo III MI Km 4+620.00 - 5+200.00	587.69
Enrocado Tipo III MI Km 5+700.00 - 6+600.00	904.56
Enrocado Tipo IV MI Km 7+260.00 - 8+860.00	1,583.04
Enrocado Tipo IV MI Km 9+240.00 - 9+340.00	100.00
Enrocado Tipo IV MI Km 9+400.00 - 10+780.00	1,381.91
MARGEN DERECHA	9,094.75
Enrocado Tipo I MD Ingreso Quebrada Carabamba - 1+020.00	222.41
Enrocado Tipo II MD Km 1+020.00 - 3+640.00	2,628.15
Enrocado Tipo II MD Km 3+840.00 - 4+560.00	695.22
Enrocado Tipo III MD Km 4+760.00 - 7+140.00	2,349.71
Enrocado Tipo IV MD Km 7+320.00 - 8+400.00	1,087.32
Enrocado Tipo IV MD Km 8+680.00 - 10+780.00	2,111.94
TOTAL	17,522.58

Fuente: Elaboración propia

5) Impacto Ambiental

Los impactos ambientales generados por el proyecto, serán de magnitud baja reversibles, no se identifican impactos negativos de relevancia que pudiera generar el proyecto sobre los diversos componentes ambientales en el área de influencia directa e indirecta del proyecto.

6) Costos y Presupuestos

- El costo del proyecto asciende a:

Costo Directo	S/. 22'370,778.66
Gastos Generales (14.76 %CD)	S/. 3'301,926.93
Utilidad (5%D)	S/.1'118,538.93
=====	
Sub Total	S/. 29'791,244.52
=====	
IGV (18%)	S/. 4'822,242.01
=====	
PRESUPUESTO TOTAL	S/. 31'613,668.53

- El Cronograma de ejecución del proyecto es de 10 meses.

Discusión

- Los resultados obtenidos en el Levantamiento topográfico guardan relación con lo calculado por (Espinoza Ruiz & Torres Sandoval, 2015), quienes señalan que el tramo Zaraque – Tomabal la pendiente promedio es de 0.85 %, estando de acorde a lo hallado en la presente tesis que es de 0.87% en promedio.
- De los resultados del Estudio de Mecánica de Suelos, respecto al tipo de suelo concuerda con lo obtenido por (Espinoza Ruiz & Torres Sandoval, 2015) quienes concluyen que el tipo de suelo corresponde a una Grava mal graduada (GP), obteniendo un valor superior (4.14 kg/cm²) de la capacidad admisible a la hallada en la presente tesis (3.13 kg/cm².)
- Los resultados obtenidos en el estudio hidrológico no concuerdan con lo señalado por (Espinoza Ruiz & Torres Sandoval, 2015), los que obtienen un caudal de diseño de máxima avenida de 382.95m³/s para un periodo de retorno de 50 años. En la presente tesis se ha calculado un caudal de diseño de máxima avenida de 393.53 m³/s para un periodo de retorno de 140 años según lo establece el (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008), que para Defensas Ribereñas corresponde 40 años de vida útil y un 25% de riesgo admisible.
- De lo obtenido en el Análisis de Riesgo y Vulnerabilidad estos guardan relación con la metodología descrita por el (Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú - INDECI, 2011) y el (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015). Quienes plantean que para la evaluación de riesgos por inundación es necesario realizar un cálculo probabilista para eventos por inundaciones para periodos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años, ello de acorde con lo realizado en la presente tesis.
- Respecto a los resultados obtenidos en el diseño hidráulico, tienen cierta relación con lo obtenido por

(Espinoza Ruiz & Torres Sandoval, 2015) quienes consideran 80 m de ancho estable, 2.80 m de altura de muros de encauzamiento, 1.36 m de máxima profundidad de socavación y 1.80m de profundidad de cimentación (Uña). Estos parámetros se encuentran dentro de los resultados obtenidos en la presente tesis cuyo cálculo hidráulico se realizó por tramos obteniendo anchos de 50, 75 y 90 m, alturas de 3.50, 3.00 y 2.80 m, máxima profundidad de socavación de 2.01 m y profundidad de cimentación de las estructuras de 3.00, 2.50 y 2.00 m.

- En lo que respecta a los resultados obtenidos en el diseño estructural, tienen cierta relación con lo obtenido por (Espinoza Ruiz & Torres Sandoval, 2015) quienes consideran diámetros de roca de 0.70 – 1.00 m concordante con los resultados obtenidos en el presente estudio de 0.80 m a 1.00 m de diámetros medio de roca. Por otro lado independientemente de la metodóloga empleada el análisis de estabilidad del enrocado obtenido por (Espinoza Ruiz & Torres Sandoval, 2015), es acorde con los resultados hallados en la presente tesis.

- Finalmente, respecto a los impactos ambientales generados por las estructuras diseñadas son de magnitud baja reversibles concordante con lo establecido con (Espinoza Ruiz & Torres Sandoval, 2015).

4. CONCLUSIONES

- De los Estudios Topográfico podemos concluir que se realizó el levantamiento planímetro, con curvas a nivel cada 1.0 m, se encuentra dibujado a una escala de 1:2000 en el cual se aprecia las progresivas, eje del río, ubicación de estructuras existentes, límites de terrenos de cultivo, ancho del cauce, etc.
- Podemos concluir que en general el tipo de suelo del tramo de estudio, de acuerdo a la clasificación SUCS corresponde a GP y GW, es decir Grava mal graduadas con arena y gravas bien graduadas con

arena, con un peso específico seco de 1.861 g/cm³ y capacidad admisible de 3.13 kg/cm².

- Se determinó los caudales de máximas Avenidas del Río Virú para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 140 y 200 años, la cual servirá de base para el acondicionamiento y diseño hidráulico de las obras de encauzamiento y protección a proyectar.
- Se plantean anchos estables de 50 m, 75 m y 90 metros, con estructuras de protección de para mejorar sus condiciones hidráulicas 3.50 m, 3.00 m y 2.80 metros de altura.
- Para el caudal de diseño $Q = 393.53 \text{ m}^3/\text{s}$, se ha realizado el cálculo de la profundidad de socavación, teniendo como resultado que la máxima profundidad de socavación es de 2.01m.
- Presupuesto total S/. 31'613,668.53

5. AGRADECIMIENTOS:

Demuestro mi particular deferencia a la “Junta de Usuarios de la Cuenca del Río Virú”, que me brindó la oportunidad de desarrollar mi investigación la cual será muy beneficiosa para el pueblo de Virú.

6. BIBLIOGRAFÍA:

- [1] ÁLVARO Aguilar, L., et al. Diseño Hidráulico y Estructural de defensa ribereña del Río Chicama, tramo Punta Moreno Pampas de Jagüey aplicando el programa RIVER. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego. (2014).20-66.
- [2] APARICIO, F. (1996). Fundamentos de Hidrología de Superficie. Lima: Limusa S.A. (1996). 13-46.
- [3] Associate Professor R. J. Keller. (2005). Guidelines for the Design of River Bank Stability and Protection using RIP-RAP. Australia: CRC for Catchment Hydrology.
- [4] Autoridad Nacional del Agua. Tratamiento de de cauce del río para el control de inundaciones en la cuenca del Santa. Lima: Dirección de Estudio de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales. (2011).65-129.
- [5] Banco Interamericano de Desarrollo. Perfil de Riesgo por Inundaciones en el Perú. Lima. (2015).32-47
- [6] CAMPOS, A. Procesos del Ciclo Hidrológico. México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí. (1992) 33-34.
- [7] CHOW, V. Hidráulica ded canales Abieros. Santa Fé: McGraw Hill Interamericana S.A. Santa Fé Bogotá, Colombia. (1994), 655.
- [8] COLOMA Laimito, A. Simulación Hidrológica e Hidráulica del Río Tambo, sector Santa Rosa, Distrito de Cocachacra, Provincia de Isla y Departamento de Arequipa. Arequipa: Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ingeniería Agrícola. (2015).4-21
- [9] DOMÍNGUEZ, R., & Sánchez, J. (1990). Las Inundaciones en México, Proceso de formación y formas de Mitigación. México: CENAPRED. (1990). 27-38
- [10] ECOPLANET - Proyecto Especial CHAVIMO-CHIC. (2009). Estudio de Impacto Ambiental "Construcción de Canales Integradores". Trujillo. (2009).1-21.
- [11] ESPINOZA Ruiz, L., & Torres Sandoval, J. Diseño Hidráulico y Estructural de Diques para el encauzamiento del Río Virú entre Zaraque y Tomabal. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego. (2015).14-91.
- [12] IBÁÑEZ, S. e. (2011). Morfología de las cuencas hidrográficas. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Rural.

- Universidad Técnica de Valencia. (2011).5-12.
- [13] Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú - INDECI. Manual de Estimación del Riesgo ante Inundaciones Fluviales. Lima. (2011).13-59.
- [14] Instituto Nacional de Recursos Naturales. Dirección General de Aguas y Suelos - INRENA. Estudio Integral de los Recursos Hídricos en las Cuencas de los Ríos Acarí y Yauca. Acarí: Administración Técnica del Distrito de Riego Acari - Yauca - Puquio. (2004) 14-49.
- [15] LEOPOLD, L. (1971). A procedure for Evaluating Enviromental Impact. US Department of the Interior. USA: Gov. Print. Office.
- [16] MALDONADO Reymundo, G. Diseño de Enrocados de protección de la relavera La Esperanza-Río Tulumayo. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. (2016).4-23.
- [17] Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Lima: Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado mediante D.S. 034-2008. (2008) 20-179.
- [18] Ministerio del Ambiente. (Diciembre de 2016).8-12. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-2.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-2.pdf>
- [19] SALAS Salinas, M. Obras de Protección contra Inundaciones. México: Centro Nacional de Prevención de Desastre (1999). 7-26
- [20] SALAS Salinas, M., & Jiménez Espinosa, M. Inundaciones. 1º Edición. México - DF: Secretaría de Gobernación. Centro Nacional de Prevención de Desastres. CENAPRED. (2014).15-30.
- [21] Secretaria de Agricultura, ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación SAGARPA. (2012). Hidrología aplicada a las Pequeñas Obras Hidráulicas. México -DF: Subsecretaria de Desarrollo Rural. Dirección general de Apoyos para el Desarrollo Rural. (2012).3-20.
- [22] VIRAMONTES O., et al. Morfometria de la cuenca del rio San Pedro, Conchos, Chihuahua. Chihuahua. TECNOCIENCIA Chihuahua, (2007) ,1(3): 21-31