

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

“Modelamiento hidráulico y planteamiento de alternativas de obras de protección del tramo del río Vilcanota; longitud de 10.0 km aprox. de 1.9 km aguas arriba del puente Mollebamba hasta 2.4 km aguas abajo del puente Urcos-2022”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Marrujo Cardenas, Alessandra Antonella

ASESOR: Taboada Trujillo, William Paolo

HUÁNUCO – PERÚ

2023



U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis ()
- Trabajo de Suficiencia Profesional(X)
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 70033469

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 40847625

Grado/Título: Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0002-4594-1491

DATOS DE LOS JURADOS:

D

H

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
3	Dávila Martel, Jerry Marlon	Título profesional de ingeniero civil	43233596	0000-0003-4088-603X



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 09:00 horas del día **miércoles 08 de noviembre de 2023**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

❖ MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS	PRESIDENTE
❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA	SECRETARIA
❖ ING. JERRY MARLON DÁVILA MARTEL	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 2627-2023-D-FI-UDH, para evaluar el trabajo de suficiencia profesional intitulada: "MODELAMIENTO HIDRÁULICO Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE OBRAS DE PROTECCIÓN DEL TRAMO DEL RÍO VILCANOTA; LONGITUD DE 10.0 KM APROX. DESDE 1.9 KM AGUAS ARRIBA DEL PUENTE MOLLEBAMBA HASTA 2.4 KM AGUAS ABAJO DEL PUENTE URCOS", presentado por el (la) Bachiller. **Alessandra Antonella MARRUJO CARDENAS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas; procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) *Aprobada...* por *Unanimidad* con el calificativo cuantitativo de *1.4...* y cualitativo de *...Suficiente...* (Art. 47).

Siendo las *...12.15* horas del día 08 del mes de noviembre del año 2023, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
ORCID: 0000-0001-7920-1304
Presidente



MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
ORCID: 0000-0002-5650-3745
Secretaria



ING. JERRY MARLON DÁVILA MARTEL
ORCID: 0000-0003-4088-603X
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, M.Sc. Ing. William Paolo Taboada Trujillo, asesor del PA Ingeniería Civil y designado mediante RESOLUCIÓN N^o 1565-2021-D-FI-UDH del estudiante Bach. Alessandra Antonella Marrujo Cardenas de la investigación titulada, "MODELAMIENTO HIDRÁULICO Y PLANEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE OBRAS DE PROTECCION DEL TRAMO DEL RIO VILCANOTA; LONGITUD DE 10.0 KM APROX. DESDE 1.9 KM AGUAS ARRIBA DEL PUENTE MOLLEBAMBA HASTA 2.4 KM AGUAS ABAJO DEL PUENTE URCOS"

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 23 % verificable en el reporte final de análisis de originalidad mediante el Software Antiplagio Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Adjunto captura del Turnitin con fecha actualizada.

Huánuco, 18 de Diciembre de 2023

APELLIDO Y NOMBRES: Mg. WILLIAM PAOLO
TABOADA TRUJILLO
DNI N° 40847625
CODIGO ORCID N° 0000-0002-4594-1491

"Modelamiento hidráulico y planteamiento de alternativas de obras de protección del tramo del río Vilcanota; longitud de 10.0 km aprox. de 1.9 km aguas arriba del puente Mollebamba hasta 2.4 km aguas

INFORME DE ORIGINALIDAD

23% INDICE DE SIMILITUD	23% FUENTES DE INTERNET	11% PUBLICACIONES	11% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------	---------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
4	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	fdocuments.ec Fuente de Internet	1%
6	pebpt.gob.pe Fuente de Internet	1%
7	GARRO ROSAS ARTURO ALCIDES. "Informe de Gestión Ambiental del Proyecto de Mejoramiento del Servicio de Agua para Riego del Canal de Riego Santa Rosa, Distrito	1%



APELLIDO Y NOMBRES: Mg. WILLIAMPAOLO
TABOADA TRUJILLO
DNI N° 40847625
CODIGO ORCID N° 0000-0002-4594-1491

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme cumplir todos mis sueños. A mi madre por enseñarme a nunca rendirme y a retroceder jamás; a mi padre por enseñarme a asumir riesgos y afrontar mis decisiones.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento es principalmente a Dios por darme siempre fortaleza para seguir luchando por mis sueños, por no abandonarme nunca en este largo camino como persona y profesional.

Al Ing. William Paolo Taboada Trujillo por haber tenido la mejor disposición de aceptar ser mi asesor para ayudarme a desarrollar este presente trabajo de suficiencia profesional.

Por último, mi agradecimiento a la empresa IDEC S.A. por darme la oportunidad de compartir con profesionales que con sus conocimientos brindados en la ingeniería he podido elaborar este trabajo

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XV
CAPÍTULO I.....	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	16
1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS	16
1.3 OBJETIVOS.....	17
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.4.1 JUSTIFICACION TEÓRICA	18
1.4.2 JUSTIFICACION PRÁCTICA	18
1.4.3 JUSTIFICACION METODOLOGICA	18
1.5 DOCUMENTO QUE ACREDITE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL	19
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1 ANTECEDENTES DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	20
.....	20

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	20
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES	21
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES	21
2.2 BASES TEORICAS.....	22
2.2.1 EVALUACIÓN DEL RIESGO, PELIGRO Y VULNERABILIDAD ..	22
2.2.2 INUNDACIONES	22
2.2.3 EROSIÓN POR ESCURRIMIENTO O EROSIÓN EN CAUCES ..	22
2.2.4 ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD	23
2.2.5 PELIGRO	25
2.2.6 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	26
2.2.7 ESTRATIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	26
2.2.8 CÁLCULO DEL RIESGO.....	27
2.2.9 CUENCA HIDROGRÁFICA.....	28
2.2.10 PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL (S).....	30
2.2.11 LONGITUD DEL CAUCE	30
2.2.12 MÁXIMAS AVENIDAS.....	30
2.2.13 PRECIPITACIÓN.....	30
2.2.14 CAUDAL.....	31
2.2.15 MODELOS MATEMÁTICOS	31
2.2.16 APLICACIÓN DEL ARCGIS EN LA MODELACIÓN HIDROLÓGICA	31
2.2.17 APLICACIÓN DEL HEC- RAS.....	31
2.2.18 DEFENSAS RIBEREÑAS	32
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	34
2.4 VARIABLES.....	35
2.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	35
2.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE	35

2.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	35
2.6 MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
2.6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	37
2.6.2 ENFOQUE.....	37
2.6.3 NIVEL.....	37
2.6.4 DISEÑO.....	37
2.6.5 POBLACIÓN	37
2.6.6 MUESTRA.....	37
2.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	38
2.7.1 TÉCNICAS	38
2.7.2 EQUIPOS	38
2.7.3 INSTRUMENTOS DE INFORMACION	38
2.7.3.1 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA.....	38
2.7.3.2 INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA.....	39
2.7.3.3 INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA	39
2.7.3.4 INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA – RESULTADOS DE MODELO HIDROLÓGICO CON SOFTWARE HEC-HMS.....	39
2.7.3.5 INFORMACIÓN TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO.....	40
2.7.3.6 PROGRAMAS	41
2.8 MÉTODOLOGÍA.....	42
CAPÍTULO III.....	43
MARCO DESCRIPTIVO REFERENCIAL	43
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN.....	43
3.1.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL.....	43
3.1.2 RUBRO.....	43
3.1.3 UBICACIÓN/DIRECCIÓN.....	43
3.1.4 RESEÑA.....	43

3.2 DESCRIPCION DEL AREA DE DESARROLLO PROFESIONAL.....	43
CAPÍTULO IV.....	44
DESARROLLO DE EXPERIENCIA LABORAL.....	44
4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	44
4.2 ACTIVIDADES PROFESIONALES REALIZADAS.....	44
4.2.1 TRABAJO EN CAMPO.....	44
4.2.2 TRABAJO EN GABINETE.....	44
4.2.3 TRABAJO EN EJECUCIÓN DE OBRA.....	44
4.3 COMPETENCIAS PROFESIONALES ADQUIRIDAS.....	45
CAPÍTULO V.....	46
SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	46
5.1 NOMBRE DEL PROYECTO.....	46
5.1.1 UBICACIÓN POLÍTICA.....	46
5.1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	46
5.2 DESCRIPCIÓN DEL TRAMO DEL RIO EN ESTUDIO.....	48
5.3 TRABAJOS DE CAMPO.....	50
5.3.1 RECONOCIMIENTO VISUAL DEL MATERIAL DEL CAUCE.....	50
5.3.2 ESTRUCTURAS A LO LARGO DEL CAUCE.....	50
5.4 SIMULACION HIDRÁULICA.....	52
5.4.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO.....	52
5.4.1.1 CONFIGURACIÓN DEL MODELO.....	52
5.4.1.2 DEFINICIÓN DEL ÁREA A SIMULAR.....	52
5.4.1.3 REPRESENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL CAUCE DEL RIO ...	53
5.4.1.4 REPRESENTACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL CAUCE DEL RIO	54
5.4.1.5 CONDICIONES DE BORDE.....	57
5.4.2 CALIBRACIÓN DEL MODELO.....	57

5.4.3 REALIZACIÓN DE LA SIMULACIÓN.....	57
5.5 CAPACIDADES Y VENTAJAS DE LA MODELIZACIÓN.....	57
5.5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL	57
5.6 SOLUCIÓN DEL MODELO.....	58
5.7 INTERFAZ DEL SOFTWARE.....	59
5.8 MANEJO DEL SOFTWARE.....	60
5.9 SELECCIÓN DEL MODELO NUMÉRICO HEC-RAS 2D.....	60
5.10 INFORMACIÓN UTILIZADA.....	61
5.10.1 INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA	61
5.10.2 LA PENDIENTE DEL RIO VILCANOTA	62
5.10.3 INFORMACIÓN HIDROLÓGICA	63
5.10.4 RUGOSIDAD DE MANNING	64
5.11 MODELAMIENTO HIDRÁULICO.....	64
5.12 ESCENARIO DE MODELAMIENTO SIN PROYECTO.....	65
5.12.1 GENERALIDADES	65
5.12.2 LA SIMULACIÓN DEL RIO PARA LA SITUACIÓN “SIN PROYECTO”	66
5.12.3 SECCIONES TRANSVERSALES DEL RIO PARA LA SITUACIÓN “SIN PROYECTO”	69
5.12.4 ÁREAS INUNDABLES	70
5.12.5 ELECCIÓN Y SUSTENTACIÓN DE ESCENARIO.....	73
5.13 ESCENARIO DE MODELAMIENTO CON PROYECTO.....	74
5.13.1 LA SIMULACIÓN DEL RIO PARA LA SITUACIÓN “CON PROYECTO”	74
5.13.2 SECCIONES TRANSVERSALES DEL RIO PARA LA SITUACIÓN “CON PROYECTO”	77
5.13.3 ÁREAS INUNDABLES	77
5.13.4 ELECCIÓN Y SUSTENTACIÓN DE ESCENARIO.....	81

5.14 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DE OBRAS DE PROTECCIÓN.....	82
5.14.1 ALTERNATIVAS DE LAS OBRAS DE DEFENSA RIBEREÑA ..	83
5.14.1.1 ALTERNATIVA 01	84
5.14.1.2 ALTERNATIVA 02.....	85
5.14.1.3 ALTERNATIVA 03.....	86
5.15 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	88
5.15.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO DEL PROYECTO...	88
5.15.2 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS	89
5.15.2.1 INUNDACIÓN.....	89
5.15.2.2 VULNERABILIDAD POR INUNDACIÓN: CAUSAS.....	89
5.15.2.3 INTENSIDAD DE LOS PELIGROS EN LA ZONA DE ESTUDIO	90
5.15.2.4 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD.....	92
5.15.2.5 GRADO DE VULNERABILIDAD.....	95
5.15.2.6 ESTIMACIÓN DE LOS RIESGOS.....	96
5.15.2.7 DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGOS	96
5.16 MODELAMIENTO HIDRÁULICO	97
5.16.1 MODELACIÓN HIDRÁULICA “SIN PROYECTO”	97
5.16.2 MODELACIÓN HIDRÁULICA “CON PROYECTO”	98
5.17 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCION	99
CONCLUSIONES	101
RECOMENDACIONES.....	102
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	103
ANEXOS.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estratificación de nivel de peligrosidad	24
Tabla 2 Estrato, descripción y valor de la vulnerabilidad	26
Tabla 3 Matriz de peligro y vulnerabilidad.....	28
Tabla 4 Resumen de los Pr.....	40
Tabla 5 Tabla de Cowan para determinar la influencia de diferentes factores sobre el coeficiente N	56
Tabla 6 Coeficiente de Manning en el cauce principal.....	56
Tabla 7 Pendiente del tramo de estudio	63
Tabla 8 Caudal de diseño para diferente PR	63
Tabla 9 Valores N de Manning.....	65
Tabla 10 Áreas de inundación	70
Tabla 11 Tramos de intervención en el lado izquierdo del río Vilcanota	81
Tabla 12 Tramos de intervención en el lado derecho del río Vilcanota	82
Tabla 13 Identificación del peligro en la zona de ejecución del proyecto.....	89
Tabla 14 Identificación de peligros.....	90
Tabla 15 Lista de verificación sobre la generación de vulnerabilidades por exposición, fragilidad o resiliencia en el proyecto	93
Tabla 16 Identificación del grado de vulnerabilidad por factores de exposición, fragilidad y resiliencia.....	95
Tabla 17 Método simplificado para determinar el nivel de riesgo	96
Tabla 18 Niveles de Riesgos	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Transporte de material desde la parte superior de la cuenca	23
Figura 2 Clasificación de los principales peligros.....	25
Figura 3 Partes de una cuenca hidrográfica	29
Figura 4 Vista del área de una cuenca	29
Figura 5 Tipos de precipitación	31
Figura 6 Gavión de tipo caja	33
Figura 7 Gavión de tipo Colchón.....	33
Figura 8 Partes de un dique.....	34
Figura 9 Diagrama de flujo.....	42
Figura 10 Localización del área de estudio.....	47
Figura 11 Mapa del tramo de estudio longitud=10km	49
Figura 12 Sedimentos finos del río Vilcanota, vista aguas abajo – Puente Mollebamba	50
Figura 13 Perfil longitudinal del cauce del río Vilcanota.....	52
Figura 14 DEM del cauce del río Vilcanota	53
Figura 15 Geometría del cauce del río Vilcanota	54
Figura 16 N de Manning en el cauce del río Vilcanota.....	55
Figura 17 Creación del DEM en base a curvas de nivel en Arcmap 10.8	61
Figura 18 Vista de la ortofoto del área de estudio.....	62
Figura 19 Progresivas del tramo de estudio	65
Figura 20 Mapa de tirante máximo para el PR de 100 años	67
Figura 21 Mapa de velocidades máximas para el PR de 100 años	68
Figura 22 Cotas de inundación en la sección 0+000-10+000	69
Figura 23 Corte transversal del cauce de un río	71
Figura 24 Áreas inundables	72
Figura 25 Vista de áreas inundables en HEC-RAS 2D	73
Figura 26 Mapa de tirante máximo para el periodo de retorno de 100 años	75
Figura 27 Mapa de velocidades máximas para el periodo de retorno de 100 años	76
Figura 28 Vista de elevación de estructuras sobre el terreno	77
Figura 29 Vista de estructuras en zona a proteger	78

Figura 30 Control de inundaciones lado izquierdo sin estructura y lado derecho con estructura	79
Figura 31 Ubicación de estructuras	80
Figura 32 Sección típica de la defensa ribereña con gavión sabana o colchón	85
Figura 33 Sección típica de la defensa ribereña con gavión caja	86
Figura 34 Sección típica de la defensa ribereña con material roca.	87
Figura 35 Mapa de inundación.....	98
Figura 36 Gavión	99
Figura 37 Geo textil no tejido	100

RESUMEN

El presente trabajo desarrolló un modelamiento numérico hidráulico bidimensional del tramo del río Vilcanota de longitud de 10.0 Km aproximado desde aguas arriba del km 1.9 del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos, para especificar los tramos inundables y obtener los niveles de riesgo de inundación presentados en la población de Urcos, y para el planteamiento de alternativas de obras de protección.

El trabajo se basó en el análisis de la información cartográfica, meteorológica, posterior se realizó el análisis del estudio hidrológico de mínimas y máximas avenidas del río Vilcanota, y con el uso del modelo matemático bidimensional apoyado con el software HEC-RAS 2D se desarrolló el modelamiento numérico hidráulico bidimensional, y con el ARCGIS se precisó las áreas a ser inundables, para periodos de retorno de 50,100 y 140 años teniendo 10 áreas de inundación afectadas en ambos márgenes del río Vilcanota (tramo de estudio 10 km), siendo la sumatoria de áreas de 65,5814.84 m²; reconocidas las áreas de inundación y el caudal de diseño $Q = 850.20 \text{ m}^3/\text{s}$; se realizó el planteamiento de obras de protección; con las áreas de inundación ubicadas se desarrolló tres propuestas de diseño: la primera propuesta de construcción de dique revestido con gavión sabana o colchón más uña de enrocado, la segunda de construcción de dique revestido con gavión caja y la tercera de construcción de dique con material roca; de las cuales se escogió en base a los resultados de la modelación con proyecto la siguiente: protección ribereña contra la inundación mediante construcción de dique revestido con gavión caja.

PALABRAS CLAVE: Aguas arriba, aguas abajo, máximas avenidas, mínimas avenidas, bandas pluviográficas, modelamiento hidráulico, defensa ribereña, gaviones, diques, áreas de inundación, bidimensional, HEC-RAS 2D.

ABSTRACT

This work analyzes the approach to alternatives for protection against flooding based on a two-dimensional hydraulic model of a 10.0 km of the Vilcanota river between Urcos and Mollebamba cities, Cusco, Peru, and the risk analysis of associated sectors with flooding river pass.

This study used a detailed bathymetric and topographic data collection, flow measurement (ADCP) and Probable Maximum Precipitation (PMP) study for the Vilcanota river. Hydraulic model used is the HEC RAS in conjunction with the Geographic Information System (GIS). Analysis covers the simulations for different return periods: 50, 100 and 140 years, that together are associated with ten affected areas (65,5814.84 m²) for a $Q = 850.20$ m³/s maximum discharge.

The analysis of flood protection alternatives focuses on 3 solutions: The first, the construction of a gabion embankments; the second construction flood control using gabion basket and the third construction of a rip-rap protection.

KEY WORDS: Upstream, downstream, maximum floods, minimum floods, rainfall bands, hydraulic modeling, riverside defense, gabions, dikes, flooding areas, two-dimensional, HEC-RAS 2D.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo final evaluar las propiedades hidráulicas de la cuenca del río Vilcanota, el aporte de las quebradas que desembocan en este río, principalmente en el área de estudio (Mollebamba – Urcos), y presentar el modelamiento hidráulico para evaluar potenciales áreas de inundación en la cuenca del río y en función a ello realizar el diseño de ingeniería y planteamiento de alternativas de obras de protección; se sabe que en general, el río Vilcanota proporciona caudales importantes durante el periodo de enero a marzo originadas en la parte superior de la cuenca y en el periodo de junio a noviembre, es una época de estiaje, el caudal es mínimo correspondiente en su gran mayoría al flujo base del río.

El presente trabajo de suficiencia profesional se ha desarrollado en cuatro capítulos; el primer capítulo contiene la descripción e información de la entidad receptora, que para este proyecto fue la EMPRESA IDEC; en el segundo capítulo tenemos la descripción de las actividades realizadas para la entrega y ejecución de este proyecto; en el tercer capítulo tenemos la descripción del problema, planteamiento del problema y la revisión de estudios relacionados, la configuración del modelo, simulación y evaluación de resultados realizados durante mi proceso de participación del proyecto; y finalmente en el capítulo cuarto tenemos las simulaciones que se desarrollaron en un tramo del río Vilcanota de longitud de 10.0 Km aprox. Desde aguas arriba del km 1.9 del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos, esto como parte de la obtención de resultados.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las inundaciones se obtienen por fenómenos meteorológicos de forma natural, de edificaciones y actividades humanas hasta por el cambio climático.

En la región del Cusco se encuentra el río Vilcanota; en este se proporciona caudales importantes durante el periodo de enero a marzo cuyas precipitaciones de estación ocurren en la parte superior de la cuenca; de información recabada se sabe que se presentó un evento de El Fenómeno del Niño en el 2010, originando inundaciones que afectaron a las localidades aledañas poniéndolas en riesgo, en consecuencia, se genera enormes pérdidas económicas (directas e indirectas), generando el retraso socioeconómico de los sectores involucrados.

En base a este problema se pudo determinar áreas de riesgo por inundación por el cual debemos realizar el diseño de ingeniería del modelamiento hidráulico del río Vilcanota y planteamiento de alternativas de obras de protección.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el nivel de riesgo de inundación en el tramo del río Vilcanota; longitud de 10.00 Km aproximado. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

¿Cuáles son los criterios para realizar un modelamiento numérico bidimensional con el software HEC-RAS 2D del tramo del río Vilcanota;

longitud de 10.0 Km aprox. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos?

¿Cuál es el área de inundación para el tramo del río Vilcanota; longitud de 10.00 Km aprox. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos?

¿Cuál es la propuesta del diseño para las alternativas de obras de protección del tramo del río Vilcanota; longitud de 10.0 Km aprox. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Especificar el nivel de riesgo de inundación para el tramo del río Vilcanota; longitud de 10.0 Km aprox. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar la modelación hidráulica numérica bidimensional con el software HEC-RAS 2D del tramo del río Vilcanota; longitud de 10.0 Km aprox. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos.

- Determinar la superficie inundable del tramo del río Vilcanota; longitud de 10.0 Km aprox. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos.

- Proponer el diseño para las alternativas de obras de protección en el tramo del río Vilcanota; longitud de 10.0 Km aprox. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 JUSTIFICACION TEÓRICA

En este presente trabajo, la modelación numérica bidimensional del área de estudio que se desarrolla en el tramo del río Vilcanota; longitud de 10.0 Km aprox. Aguas arriba desde el km 1.9 del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos, esta zona en todo el trayecto del tramo donde se puede apreciar cultivos en ambos márgenes del río e inclusive en el mismo cauce; se puede ver la configuración variada porque en él conjugan alineamientos montañosos caracterizados por un relieve accidentado. Existen centros poblados cercanos a las márgenes del río donde predominan las comunidades y parcelas campesinas, existe estrechamiento del cauce del río debido al cultivo dentro de él por parte de la comunidad y ensanchamiento del mismo debido a los procesos de erosión; en las quebradas entre ellas la Cachimayo, existe una gran cantidad de arrastre de sedimentos y de piedra, además de no tener definido su cauce, las velocidades son altas aguas arriba del puente Cachimayo, esto se debe a la fuerte pendiente que se pudo observar y son bajas las velocidades aguas abajo del puente Cachimayo hasta su intersección con el río Vilcanota, debido a que en dicho tramo la pendiente es suave.

1.4.2 JUSTIFICACION PRÁCTICA

La justificación del presente trabajo de suficiencia profesional es simular un modelamiento hidráulico bidimensional para determinar los riesgos de inundación, y desarrollar propuestas de alternativas de obras de protección.

1.4.3 JUSTIFICACION METODOLOGICA

- ✓ Planos de topografía.
- ✓ Estudio de suelos y geotecnia.
- ✓ Estudio Hidrológico.

1.5 DOCUMENTO QUE ACREDITE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL



IDEC Consultoría y Servicios S.A.
456 Chimney Hill Drive, College Station, TX 77840, EE.UU.
Av. Las Camelias 877, San Isidro, Lima, Perú

CONSTANCIA DE TRABAJO

Que, la Srta. ALESSANDRA ANTONELLA MARRUJO CARDENAS identificada con el DNI N°70033469, ha laborado en nuestra compañía como Asistente de Jefe de Proyecto de la CONSULTORIA "CREACION DEL SERVICIO DE PROTECCION FRENTE A INUNDACIONES EN EL RIO VILCANOTA, TRAMO MOLLEBAMBA-URCOS, DISTRITO DE URCOS, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, REGION CUSCO" durante el periodo comprendido entre el 18/08/2020 hasta el 30/08/2022, demostrando durante su permanencia responsabilidad, honestidad y dedicación en las labores que se le fueron encomendadas.

Se expide la presente a solicitud del interesado, para los fines que crea conveniente.

San Isidro, 09 de agosto del 2022.



YOCH PONTE TORRES
Gerente General

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Moya (2018), en su tesis: “Modelación hidráulica en un canal urbano en la ciudad de Bogotá: canal rio negro”, presentado a la Universidad Católica de Colombia, indica que desarrollara mediante fases diferentes simulaciones con varios periodos el canal de rio negro y concluye que con el software HEC-RAS logra obtener mediante las secciones los tramos donde habrá desbordamientos.

López (2016), en su tesis titulada “Procedimiento para la simulación hidráulica a partir del software ArcGIS y HEC-RAS para eventos extremos máximos.”, presentado a la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas de Cuba, nos indica que los programas ArcGIS y HEC-RAS desarrollan la simulación hidráulica de los eventos extremos máximos de la cuenca del río Sagua la Chica, donde obtuvo gráficamente la zona de inundación en un área determinada para un caudal dado.

Camargo (2016), en su tesis titulada “Modelación hidrológico - hidráulica de eventos de inundación en el rio Bogotá (sector Tocanzipa-Chia) usando HEC-RAS” presentado a la Universidad de Pamplona tuvo como finalidad modelar con el uso del HEC RAS para obtener los niveles del agua; y concluye con la variación de resultados en mapas de inundación del software HEC RAS.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Juárez, Carhuancho (2019) “Modelación hidráulica con el programa HEC-RAS para el diseño de defensas ribereñas en el tramo km 56+000 al 57+500 del río Rímac , provincia de Lima – Perú” presentada para la Universidad San Martín de Porres, desarrollo la modelación hidráulica para el diseño de defensas ribereñas con el fin de encauzar el río para proteger los terrenos que se encuentran en ambos márgenes por posibles máximas avenidas debido al fenómeno “El Niño”, la modelación hidráulica con el programa HEC – RAS y el diseño de defensas ribereñas en base a las alturas obtenidas en la modelación hidráulica.

Torres (2017), en su tesis titulada “Diseño hidráulico y modelamiento en HECRAS del canal de concreto y de obras de arte del Proyecto Carpintero – Tramo Km 0+000 al Km 5+000”, presentado a la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, desarrolla el modelamiento del diseño hidráulico del canal Carpintero con el fin de obtener un resultado más ajustado a la realidad utilizando el software HEC-RAS v.4.1.

Soto (2017), en su tesis titulada: “Modelamiento hidráulico y diseño de defensas ribereñas del río Amojú, localidad el Parral – Jaén - Cajamarca” desarrollo un modelamiento hidrológico e hidráulico del río Amojú para poder determinar las zonas de riesgo de inundación, los periodos de retorno; el modelamiento hidráulico se realizó mediante el HEC RAS que le permitió identificar estas zonas inundables para después realizar el diseño de la defensa ribereña.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

García (2021), en su tesis titulada “Niveles de riesgo por inundación en el centro poblado Santa Rosa de Shapajilla por desborde de la quebrada “Alimonia”, Tingo María 2019”, utilizo la metodología del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres

(CENEPRED) para identificar el nivel de riesgo de la zona inundable con una ligera modificación en el cálculo del peligro; para el cálculo del peligro lo realizo mediante un modelamiento hidráulico con el software Hec Ras ya que fue desarrollado en toda el área de estudio que le permitió analizar los riesgos de inundación.

2.2 BASES TEORICAS

2.2.1 EVALUACIÓN DEL RIESGO, PELIGRO Y VULNERABILIDAD

La Evaluación del Riesgo define las consecuencias potenciales de un desastre en base a la identificación del peligro y al análisis de la vulnerabilidad. (INDECI, Modelo de Evaluación y Estimación del Riesgo, 2007)

2.2.2 INUNDACIONES

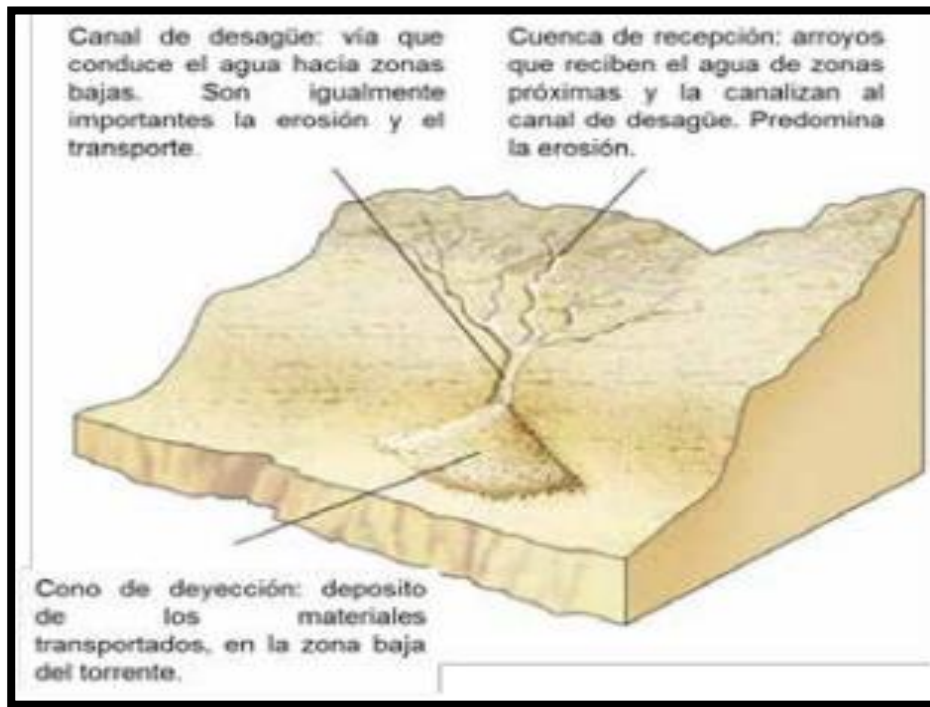
Las inundaciones se dan en su gran mayoría de manera natural cuando el rio, lago, laguna sobre pasan su nivel entonces ocasionan que ciertas zonas de terrenos se saturen.

2.2.3 EROSIÓN POR ESCURRIMIENTO O EROSIÓN EN CAUCES

La erosión está dada por el flujo concentrado y continuo de agua. Ver Figura 1 (CENEPRED, 2015).

Figura 1

Transporte de material desde la parte superior de la cuenca



Fuente: Ibáñez (2008)

2.2.4 ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD

Las zonas o áreas de estudio de peligro presentan en la siguiente Tabla 1 .

Tabla 1
Estratificación de nivel de peligrosidad

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
PELIGRO MUY ALTO	Relieve abrupto y escarpado, rocoso; cubierto en grandes sectores por nieve y glaciares. Tipo de suelo de rellenos sanitarios. Falta de cobertura vegetal 70 - 100 %. Uso actual de suelo Áreas urbanas, intercomunicadas mediante sistemas de redes que sirve para su normal funcionamiento. Tsunami: Grado = 4, magnitud del sismo mayor a 7, Intensidad desastrosa. Vulcanismo: piroclastos mayor o igual a 1 000 000 000 m ³ , alcance mayor a 1000m, IEV mayor a 4. Descenso de Temperatura: Menor a -6°C, altitud 4800 - 6746mnm, nubosidad N = 0. El cielo estará despejado. Inundación: precipitaciones anómalas positivas mayor a 300%, cercanía a la fuente de agua Menor a 20m, intensidad media en una hora (mm/h) Torrenciales: mayor a 60. Sequía: severa, precipitaciones anómalas negativas mayor a 300%. Sismo: Mayor a 8.0: Grandes terremotos, intensidad XI y XII. Pendiente 30° a 45°, Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cáravas).	0.260 ≤ R < 0.503
PELIGRO ALTO	El relieve de esta región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas y abundantes lagunas, alimentadas con los deshielos, en cuya amplitud se localizan numerosas lagas y lagunas. Tipo de suelo arena Eólica y/o limo (con y sin agua). Falta de cobertura vegetal 40 - 70 %. Uso actual de suelo. Terrenos cultivados permanentes como frutales, cultivos diversos como productos alimenticios, industriales, de exportación, etc. Zonas cultivables que se encuentran en descanso como los barbechos que se encuentran improductivas por periodos determinados. Tsunami: Grado = 3, magnitud del sismo 7, Intensidad muy grande. Vulcanismo: piroclastos 100 000 000 m ³ , alcance entre 500 a 1000m, IEV igual a 3. Descenso de Temperatura: - 6 y -3°C, altitud 4000 - 4800mnm, nubosidad N es mayor o igual que 1/8 y menor o igual que 3/8, el cielo estará poco nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 100% a 300%, cercanía a la fuente de agua Entre 20 y 100m, intensidad media en una hora (mm/h) Muy fuertes: Mayor a 30 y Menor o igual a 60. Sequía: moderada, precipitaciones anómalas negativas 100% a 300%. Sismo: 6.0 a 7.9: sismo mayor, intensidad IX y X. Pendiente 25° a 45°. Zonas inestables, macizas rocosas con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	0.134 ≤ R < 0.260
PELIGRO MEDIO	Relieve rocoso, escarpado y empinado. El ámbito geográfico se identifica sobre ambas flancos andinos. Tipo de suelo granulares finos y suelos arcillosos sobre grava aluvial o coluvial. Falta de cobertura vegetal 20 - 40 %. Uso actual de suelo Plantaciones forestales, establecimientos de árboles que conforman una masa boscosa, para cumplir objetivos como plantaciones productivas, fuente energética, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, etc. Tsunami: Grado = 2, magnitud del sismo 6.5, Intensidad grandes. Vulcanismo: piroclastos 10 000 000 m ³ , alcance entre 100 a 500m, IEV igual a 2. Descenso de Temperatura: -3°C a 0°C, altitud 500 - 4000mnm, nubosidad N es mayor o igual que 4/8 y menor o igual que 5/8, el cielo estará nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas 50% a 100%, cercanía a la fuente de agua Entre 100 y 500m, intensidad media en una hora (mm/h) Fuertes: Mayor a 15 y Menor o igual a 30. Sequía: ligera, precipitaciones anómalas negativas 50% a 100%. Sismo: 4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad, intensidad VI, VII y VIII. Pendiente 20° a 30°, Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados	0.068 ≤ R < 0.134
PELIGRO BAJO	Generalmente plano y ondulado, con partes montañosas en la parte sur. Presenta pampas, dunas, tablazos, valles; zona eminentemente árida y desértica. Tipo de suelo afloramientos rocosos y estratos de grava. Falta de cobertura vegetal 0 - 20 %. Uso actual de suelo Pastos naturales, extensiones muy amplias que cubren laderas de los cerros, áreas utilizables para cierto tipo de ganado, su vigorosidad es dependiente del periodo del año y asociado a la presencia de lluvias y/o Sin uso / improductivas, no pueden ser aprovechadas para ningún tipo de actividad. Tsunami: Grado = 0 o 1, magnitud del sismo menor a 6.5, Intensidad algo grandes y/o ligeras. Vulcanismo: piroclastos 1 000 000 m ³ , alcance menor a 100m, IEV menor a 1. Descenso de Temperatura: 0°C a 6°C, altitud menor a 3500mnm, nubosidad N es mayor o igual a 6/8 y menor o igual que 7/8, el cielo estará muy nuboso. Inundación: precipitaciones anómalas positivas menor a 50%, cercanía a la fuente de agua mayor a 1000m, intensidad media en una hora (mm/h) Moderadas: menor a 15. Sequía: incipiente, precipitaciones anómalas negativas menor a 50%. Sismo: menor a 4.4: Sertido por mucha gente, intensidad menor a V. Pendiente menor a 20°, Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturados.	0.035 ≤ R < 0.068

Fuente: CENEPRED (2015)

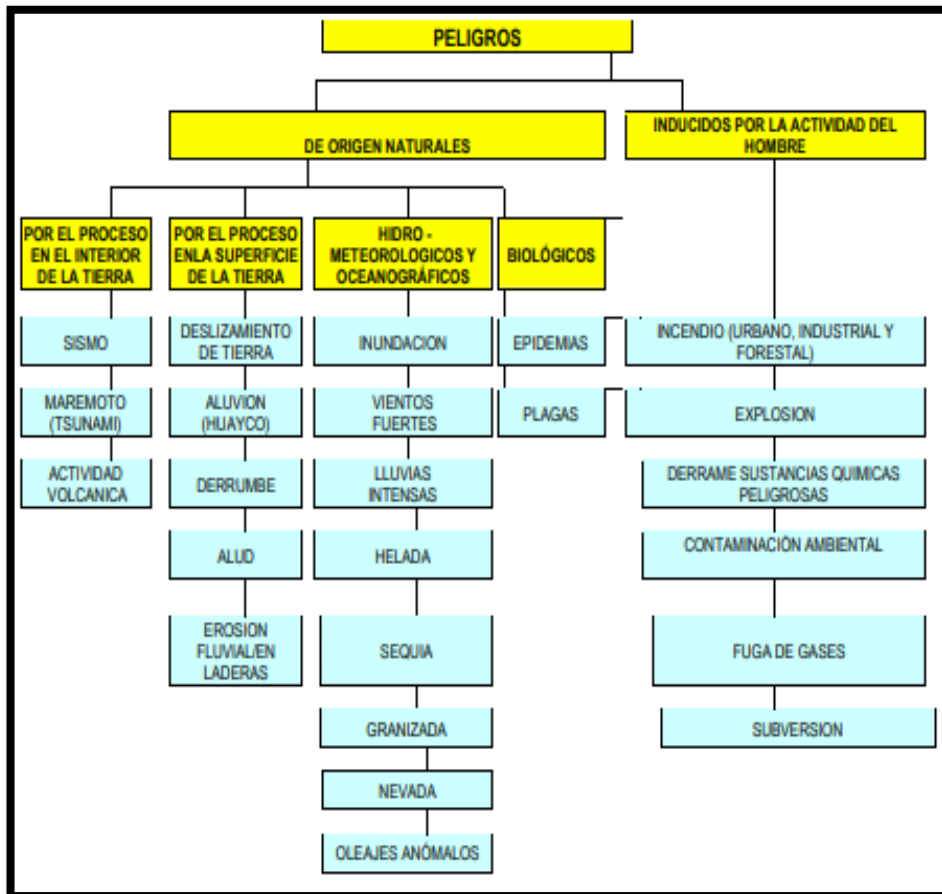
2.2.5 PELIGRO

Es la posibilidad de que ocurra un evento de fenómeno natural o provocado por el hombre, que puede ocasionar daños materiales y pérdidas humanas.

Clasificación

El peligro se clasifica según su origen y/o generado por la acción del hombre. En la Figura 2 se muestra algunos principales peligros.

Figura 2
Clasificación de los principales peligros



Fuente: COEN – INDECI (2005)

Peligros de origen natural: Hidrológico, meteorológico y oceanográfico

Este peligro ocurre normalmente en épocas de grandes intensidades de lluvias.

2.2.6 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

El análisis de vulnerabilidad es el proceso para identificar la deficiencia que se tiene frente a un evento natural y la capacidad para reponerse de dichos eventos.

2.2.7 ESTRATIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad se detalla en la Tabla 2 . (INDECI, Modelo de Evaluación y Estimación del Riesgo, 2007)

Tabla 2
Estrato, descripción y valor de la vulnerabilidad

ESTRATO/NIVEL	DESCRIPCION /CARACTERISTICAS	VALOR
VB (Vulnerabilidad Baja)	Viviendas asentadas en terrenos seguros, con material noble o sismo resistente, en buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso medio y alto, con estudios y cultura de prevención, con cobertura de los servicios básicos, con buen nivel de organización, participación total-y articulación entre las instituciones y organizaciones existentes.	1 < de 25%
VM (Vulnerabilidad Media)	Viviendas asentadas en suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. Con material noble, en regular y buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso económico medio, cultura de prevención en desarrollo, con cobertura parcial de los servicios básicos, con facilidades de acceso para atención de emergencia. Población organizada, con participación de la mayoría, medianamente relacionados e integración parcial entre las instituciones y organizaciones existentes.	2 De 26% a 50%
VA (Vulnerabilidad Alta)	Viviendas asentadas en zonas donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas, con material precario, en mal y regular estado de construcción, con procesos de hacinamiento y tugurización en marcha. Población con escasos recursos económicos, sin conocimientos y cultura de prevención, cobertura parcial de servicios básicos, accesibilidad limitada para atención de emergencia; así como con una escasa organización, mínima participación, débil relación y una baja integración entre las instituciones y organizaciones existentes.	3 De 51% a 75%
VMA (Vulnera Muy Alta)	Viviendas asentadas en zonas de suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones, de materiales precarios en mal estado de construcción, con procesos acelerados de hacinamiento y tugurización. Población de escasos recursos económicos, sin cultura de prevención, inexistencia de servicios básicos y accesibilidad limitada para atención de emergencias; así como una nula organización, participación y relación entre las instituciones y organizaciones existentes.	4 De 76% a 100%

Fuente: INDECI (2007)

2.2.8 CÁLCULO DEL RIESGO

Es la fuerza e intensidad de ocurrencia; de los elementos expuestos al peligro (población, viviendas, infraestructura, etc.), dentro de una determinada área geográfica. Se presenta dos métodos:

Método analítico:

Se representa mediante la ecuación siguiente:

$$R = P \times V$$

Donde:

- Peligro (P)
- Vulnerabilidad (V)
- Riesgo (R)

Método descriptivo:

Se calcula con el uso de una matriz de doble entrada: “Matriz de Peligro y Vulnerabilidad”. Para tal efecto, se requiere que previamente se hallan determinado los niveles de probabilidad (porcentaje) de ocurrencia del peligro identificado y del análisis de vulnerabilidad, respectivamente. Con ambos porcentajes, se interrelaciona, por un lado (vertical), el valor y nivel estimado del peligro; y por otro (horizontal) el nivel de vulnerabilidad promedio determinado en la respectiva Tabla 3. En la intersección de ambos valores se podrá estimar el nivel de riesgo esperado. (INDECI, 2006)

Tabla 3

Matriz de peligro y vulnerabilidad

Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

LEYENDA:

- Riesgo Bajo (< de 25%)
- Riesgo Medio (26% al 50%)
- Riesgo Alto (51% al 75%)
- Riesgo Muy Alto (76% al 100%)

Fuente: INDECI (2006)

2.2.9 CUENCA HIDROGRÁFICA

a) Definición:

Es una superficie drenada por conductos naturales; estas aguas son conducidas a un lago, río o finalmente al mar.

b) Partes de una cuenca hidrográfica:

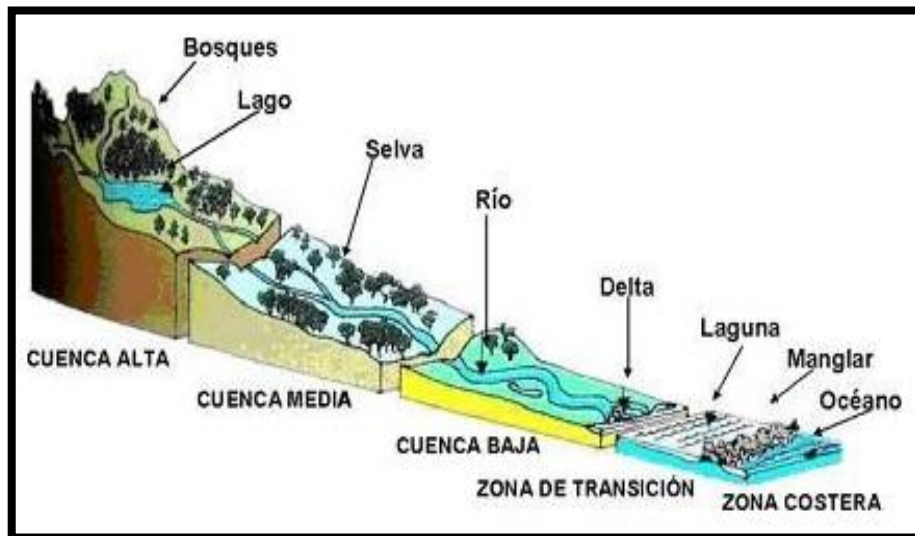
Se divide en:

La Cuenca alta: Zona donde nace el río principal.

La Cuenca media: Es el valle de un río.

La Cuenca baja o zonas transicionales: Zona donde los ríos pierden velocidad y fuerza.

Figura3
Partes de una cuenca hidrográfica

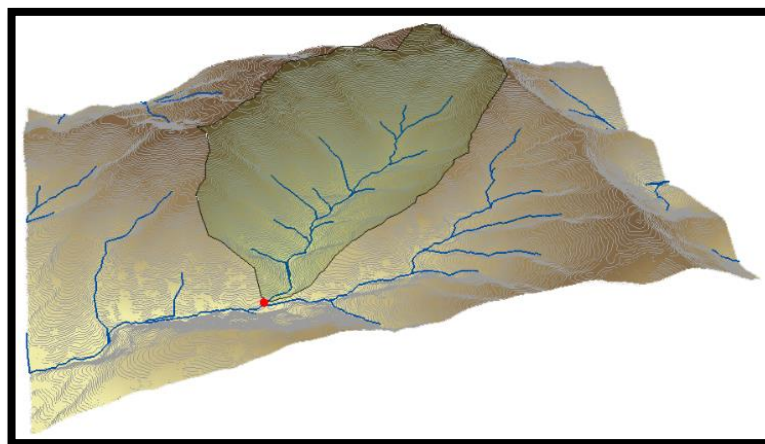


Fuente: Eoearth, adaptado por Ordoñez (2011)

c) Área de una Cuenca (A)

Es la superficie total sobre un plano horizontal.

Figura4
Vista del área de una cuenca



Fuente. Eoearth, adaptado por Ordoñez (2011)

d) Perímetro de una Cuenca

Es la longitud de un polígono que define los límites de la cuenca.

2.2.10 PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL (S)

Se halla con el desnivel entre la cota más alta del río y el más bajo dividido entre la longitud del mayor cauce, se calcula con la siguiente ecuación: (Puelles Maza, 2015):

$$S = \frac{\Delta H}{L}$$

Dónde:

- ΔH : Es la resta de cotas del cauce principal. (m)
- L : Es longitud de la cuenca. (m)

2.2.11 LONGITUD DEL CAUCE

Es la distancia que hay entre un punto aguas arriba y un punto aguas abajo.

2.2.12 MÁXIMAS AVENIDAS

Es el caudal que fluye en un determinado punto del cauce del río, también se le conoce como crecida de un río.

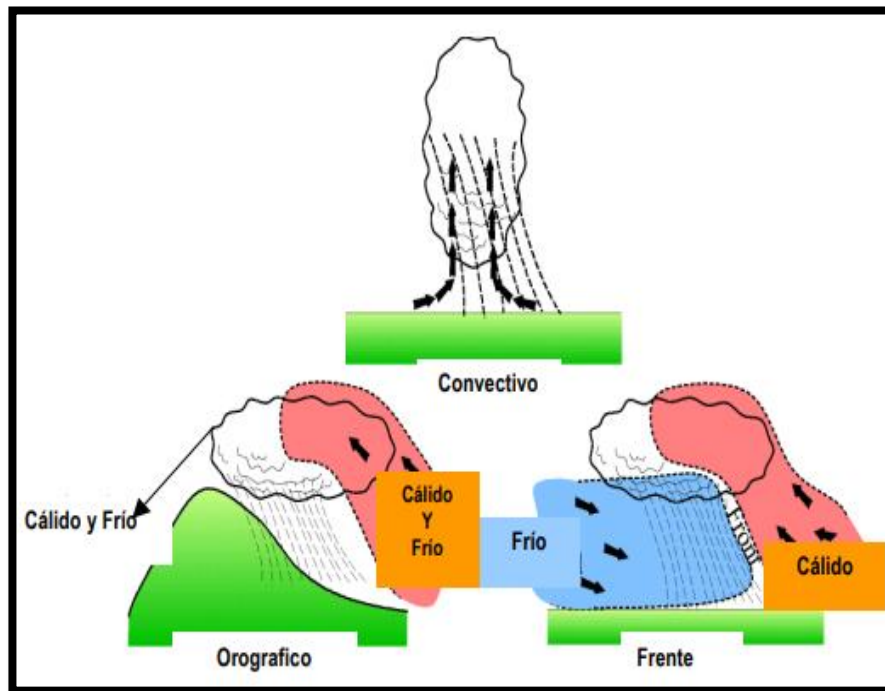
2.2.13 PRECIPITACIÓN

Es la caída de agua desde la atmósfera hasta la tierra.

Existen diferentes tipos: Figura 5 (SENAMHI, 2013).

- **Precipitación Convectiva.** Es generalmente tempestuosa, de corta duración (menos de una hora), y de intensidad fuerte.
- **Precipitación Orográfica.** Es de intensidad y frecuencia regular.
- **Precipitación frontal o del tipo ciclónico.** Se asocian a las superficies de contacto entre la temperatura de la masa de aire, el gradiente térmico vertical, la humedad y de los diversos índices del recorrido, que uno nombra Frentes.

Figura5
Tipos de precipitación



Fuente: Musy, André, (2001)

- **Precipitación efectiva.**

Es una escorrentía directa a la salida de aguas abajo.

2.2.14 CAUDAL

Es la cantidad de agua que fluye en un área determinado en relación con el tiempo.

2.2.15 MODELOS MATEMÁTICOS

Un modelo matemático se desarrolla mediante ecuaciones, funciones o fórmulas matemáticas, de un fenómeno. (Economipedia, 2015).

2.2.16 APLICACIÓN DEL ARCGIS EN LA MODELACIÓN HIDROLÓGICA

Es realizar un modelo digital conocido como DEM que contiene elevaciones en base a un levantamiento topográfico.

2.2.17 APLICACIÓN DEL HEC- RAS

HEC RAS es para modelos hidráulicos y es de uso gratuito, sirve para realizar cálculos hidráulicos de una y dos dimensiones para estudios de inundabilidad y determinar las zonas inundables.

Las principales capacidades de HEC-RAS:

- Gestión de archivos.
- Entrada y edición de datos.
- Análisis hidráulicos.
- Mapeo de inundación y animaciones de propagación de agua.

2.2.18 DEFENSAS RIBEREÑAS

Las defensas ribereñas son estructuras diseñadas para prevenir y contra restar daños de poblaciones ante las crecidas de los ríos por exceso de velocidad del agua, en épocas de mayor precipitación.

Clasificación de los tipos de defensa ribereña

- **Obras de tipo flexible:**

- ✓ **Muros de gaviones**

Los muros de gaviones están contruidos con mallas metálicas que se rellenan con rocas de ciertas características y tamaño, resisten grandes deformaciones laterales sin disminuir su resistencia.

Los muros de gaviones pueden ser:

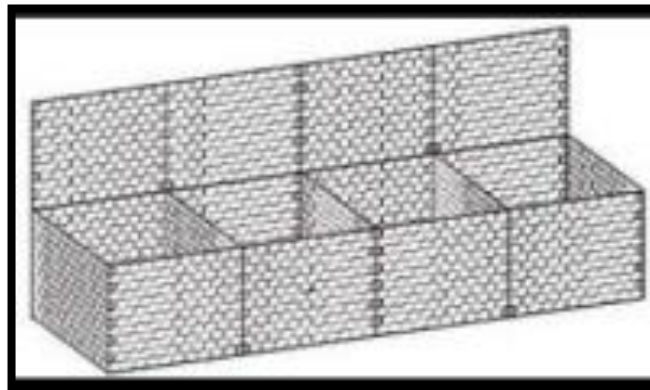
- Muros de contención: Sirven para recibir esfuerzos horizontales de la tierra.
- De control de ríos: Acelera el estado de equilibrio del cauce.

- ✓ **Tipos de Gaviones**

- Gavión Tipo Caja: Son de dimensiones regulares variadas, pero con alturas de 0.50m a 1.00m; conformados por una malla metálica tejida a doble torsión para ser rellenos en obra con piedras de dureza y peso apropiado, como se muestra en la Figura 6. (Vasquez Chavez, 2018).

Figura6

Gavión de tipo caja

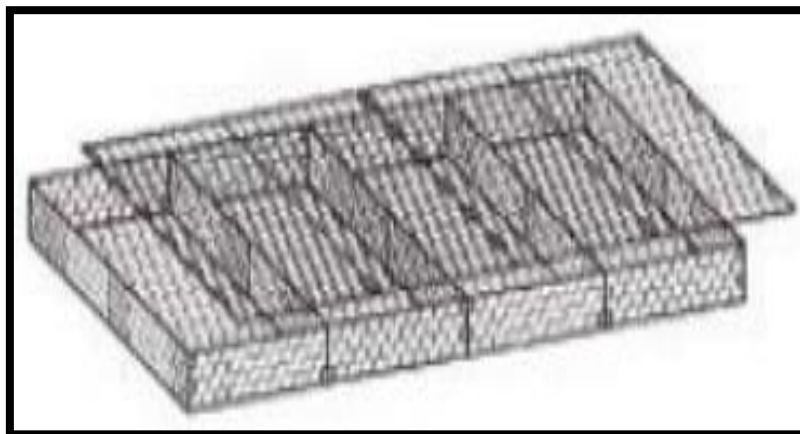


Fuente: Piñar (2008)

- Gavión Tipo Colchón: Son aquellos cuya altura fluctúa entre 0,17m - 0,30m y de áreas variables, como se muestra en la Figura 7. (Vasquez Chavez, 2018).

Figura7

Gavión de tipo Colchón



Fuente: Piñar (2008)

- **Dique**

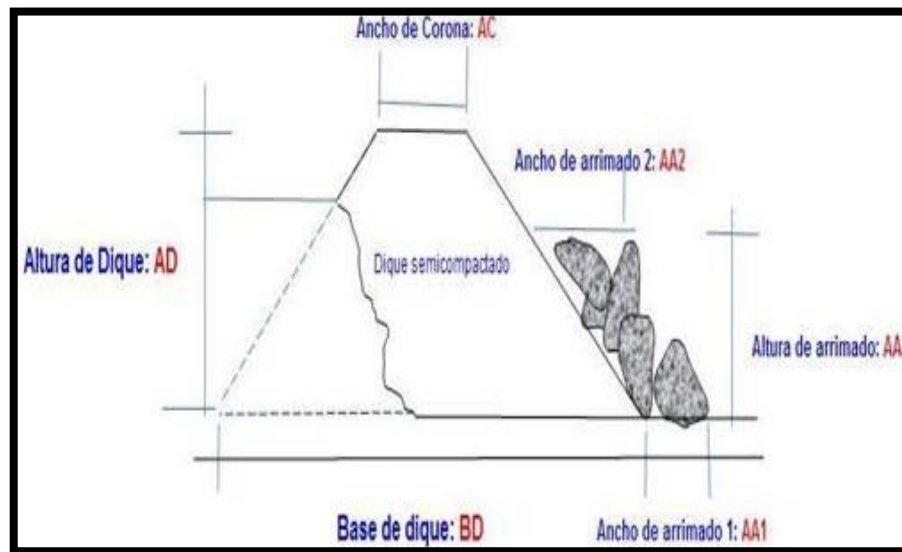
Se considera así a un relleno natural o artificial, normalmente de tierra, en dirección al flujo del río.

- ✓ **Diques artificiales**

Son también conocidos como diques de contención que sirven para prevenir la inundación en los márgenes aledaños a los ríos y/o encauzar el flujo de este. (Soto Carrasco, 2017)

Figura 8

Partes de un dique



Fuente: Soto Carrasco (2017)

- **Muros de mampostería**

Muro de piedras unos sobre otros.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- Duración de lluvia:** Es el tiempo en que inicia y termina la lluvia, determinado en minutos u horas, dentro del total.
- Río:** Flujo de agua originado en una cuenca y que desemboca en otro río, lagunas o finalmente en el mar.
- Área de inundación:** Es la superficie que se encuentra a lado de un río, que sufrirá un desborde durante las crecidas de corrientes.
- Diseño hidráulico:** Tiene como finalidad definir los elementos, medidas y parámetros a base de la geometría del cauce, que influye

en una cuenca hidrográfica considerando estudios hidrológicos (precipitación, caudal).

e) Coeficiente de rugosidad (N DE MANNING): Determina la velocidad promedio a que el agua fluye.

2.4 VARIABLES

2.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

X1: Riesgo de Inundación

Indicadores: precipitación, caudal, hidrograma, etc.

2.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE

X2: Planteamiento de alternativas de obras de protección

Indicadores: modelamiento, dique, etc.

2.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Matriz de Operacionalización

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Riesgo de Inundación	Zonas o áreas que normalmente se encuentran secas y debido al crecimiento del río se saturan de agua.	Elaboración de estudios preliminares para recolectar antecedentes, datos e información necesaria del área a estudiar.	Estudio Hidrológico Estudio de topografía - Batimetría Estudio de geología	Precipitación Periodo de retorno Caudales máximos Hidrogramas DEM Perfil longitudinal y secciones transversales Imágenes satelitales Ensayos de laboratorio	De razón
Planteamiento de alternativas de obras de protección	Las obras de protección se plantean a los márgenes del río para cumplir la función de proteger las zonas aledañas contra las inundaciones.	Desarrollo de los diseños a considerar para obtener las propuestas de protección de los márgenes del río.	Diseño Hidráulico Infraestructura	Medición de caudales Modelamiento numérico bidimensional Gaviones	De razón

2.6 MATERIALES Y MÉTODOS

2.6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente es de investigación aplicada.

2.6.2 ENFOQUE

El presente trabajo es de enfoque cuantitativo porque busca responder, probar y fundamentar las preguntas de investigación se desarrolla de manera secuencial donde analiza una causa y efecto.

2.6.3 NIVEL

El presente trabajo es de nivel descriptivo porque inicialmente describe la variable principal identificada en el problema.

2.6.4 DISEÑO

El presente es un diseño no experimental, porque las variables no tendrán cambio en el desarrollo. (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2014).

2.6.5 POBLACIÓN

Longitud de 10.0 km aprox. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos.

2.6.6 MUESTRA

Zonas inundables del rio Vilcanota de la longitud de 10.0 km aprox. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos.

2.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

2.7.1 TÉCNICAS

La técnica fue el análisis de los estudios topográficos y el estudio hidrológico, la recolección de datos e información de otras investigaciones.

2.7.2 EQUIPOS

En la recolección de datos se utilizó los siguientes equipos:

- Estación Total.
- GPS diferencial.
- ADCP
- Drones.

2.7.3 INSTRUMENTOS DE INFORMACION

2.7.3.1 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

Se obtuvo los siguientes:

- Carta nacional 1/100,000; Se han importado de la base cartográfica digitalizada que se encuentra en el portal web de la Unidad de Estadística: <http://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/#>, en formato Shapefile (*.shp).
- DEM con resolución de 12.5 pixel descargado del servidor EARTHDATA administrado por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) a través del portal web <https://search.asf.alaska.edu/#/>

2.7.3.2 INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA

Para el trabajo de suficiencia profesional, se cuenta con información de precipitación total mensual, de datos entre los años 1960 – 2018 de las estaciones meteorológicas Sicuani, Pomacanchi, Ccatcca, Cay Cay, Pisac, y Sibinacocha. Esta información se presenta en parte de los datos históricos se encuentra disponible base de datos (SNIRH) del Visor de estaciones del ANA (<http://snirh.ana.gob.pe/visors2/>).

2.7.3.3 INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA

La cuenca presenta una sola estación hidrométrica, aguas abajo del tramo Urcos-Mollebamba, denominada “Pisac”, que mide el escurrimiento del río San Juan a una altitud de 2966 msnm., su operación está a cargo por la Junta de Usuarios en la misma zona, junto con el ANA, realizando sólo mediciones de nivel del río Vilcanota.

2.7.3.4 INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA – RESULTADOS DE MODELO HIDROLÓGICO CON SOFTWARE HEC-HMS

El estudio de hidrología registro caudales para Pr de 50,100 y 140 años en una situación sin cambio climático. En la Tabla 4 se resumen los valores máximos del hidrograma provenientes del estudio de hidrología del proyecto.

Tabla 4
Resumen de los Pr

Periodo Retorno	de Caudales (m³/s)
TR50	777.7
TR100	885.2
TR140	900.6

Fuente: Estudio de Hidrología.

2.7.3.5 INFORMACIÓN TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO

Para este proyecto fueron subdivididas en siete etapas presentadas a continuación:

- **Primera etapa:** se inicia con la georreferenciación del proyecto que se realizó mediante la geodesia que consistió en ubicar el gps y hacer lectura por 2 horas como mínimo en cada punto geodésico, todos estos puntos fueron enlazados a una estación de rastreo permanente ubicada en Cusco de codificación CS01.
- **Segunda etapa:** se realizó la materialización de los puntos BMs mediante el levantamiento de la poligonal de enlace de manera conjunta, se realizó con un GPS diferencial partiendo de una base geodésica con coordenadas conocidas de orden "C", en modo RTK con 50 épocas de ajuste para una mejor precisión de la poligonal de apoyo.

- **Tercera Etapa**, Se realizó la colocación de los puntos de foto control para realizar los vuelos con el Dron del aérea superficial de interés, el procedimiento para la ubicación de estos puntos se realiza después de los trabajos geodésicos. Se realiza los trabajos con softwares especializados y se ingresa la data a las colectoras enlazadas al GPS diferencial para levantar los puntos de foto control.
- **Cuarta etapa**, se hizo los vuelos con Dron ya planificados en el software DJI GO y DJI GS PRO.
- **Quinta etapa**, se aplicó la topografía convencional, con el propósito de tomar datos complementarios a los trabajos anteriores, para la representación gráfica de los diferentes rasgos naturales, así como detalles o zonas de interés a levantar se obtienen coordenadas de los puntos de interés.
- **Sexta etapa**, levantamiento batimétrico tiene por finalidad satisfacer la descripción detallada del fondo de rio, se utilizó un ecosonda de registro continuo la que opera basándose en el principio de eco.
- **Trabajos de Gabinete**, comprende el procesamiento de los datos de campo (Fotos, nube de puntos, puntos cogo, puntos RTK y puntos batimétricos) que luego son procesados independientemente en sus softwares cada uno.

Se inicia con el proceso de mayor información que es la fotogrametría generando una nube de puntos la cual captura todo generando un DEM en la cual se hace un filtrado y borrado de puntos como los árboles, casa, etc. Una vez el filtrado se procede a agregar a la superficie el grupo de puntos de la batimetría y la topografía convencional complementando así una topografía general.

2.7.3.6 PROGRAMAS

- Microsoft Word: Informes.

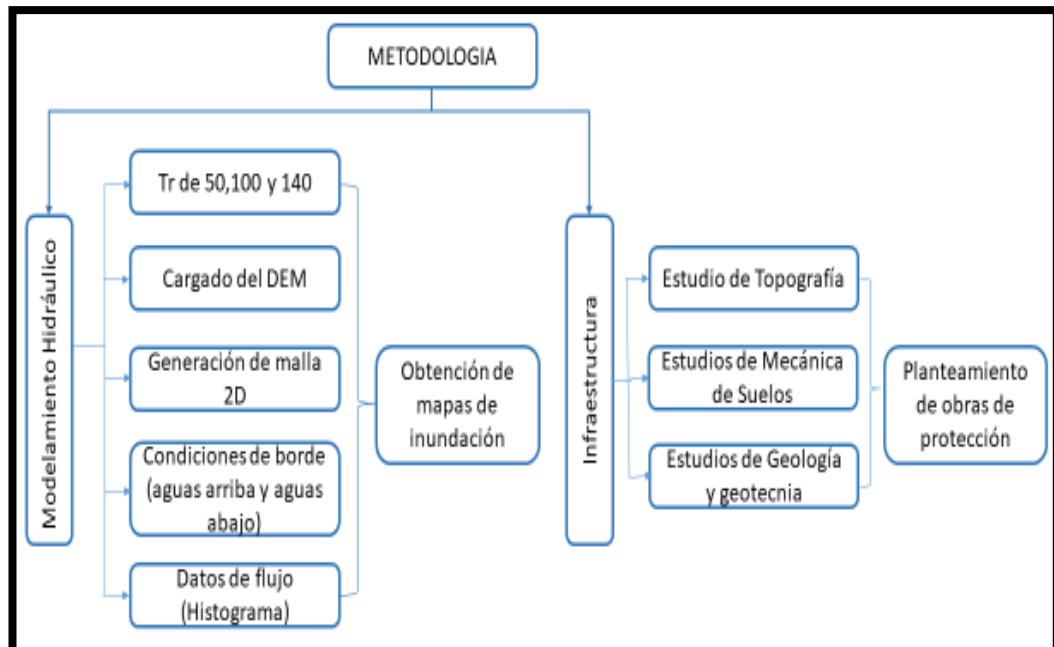
- Microsoft Excel: Datos numéricos de caudales.
- Civil 3D 2020: Planos.
- Uso del software ArcGIS para mapas de los resultados de inundación.
- Hec-RAS 2D: Modelamiento fluvial.

2.8 MÉTODOLÓGÍA

La metodología del presente trabajo es cuantitativa ya que podremos validar las variables con modelos numéricos.

Figura 9

Diagrama de flujo



CAPÍTULO III

MARCO DESCRIPTIVO REFERENCIAL

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN

3.1.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL

INNOVATION & DEVELOPMENT IN ENGINEERING AND CONSTRUCTION CONSULTORIA Y SERVICIOS S.A

3.1.2 RUBRO

La empresa IDEC S.A realiza trabajos en el sector de consultoría y servicios de proyectos hidráulicos.

3.1.3 UBICACIÓN/DIRECCIÓN

La empresa IDEC S.A esta ubicada en Av. Las Camelias N° 877 Dpto. 302 URB. Jardín, en el distrito de San Isidro, de la ciudad de Lima, región Lima.

3.1.4 RESEÑA

IDEC Company se funda en 2017 en Texas, EE.UU., por iniciativas de Ingenieros Peruanos residentes en EE.UU. y un grupo de inversionistas americanos. Desde entonces IDEC Co. ha desarrollado proyectos en la región centro y norte de América. En 2020, IDEC apertura sus primeras dos sucursales en Lima, Perú: IDEC Consultoría y Servicios S.A. e IDEC Construcción S.A. participando activamente de los principales Proyectos de Ingeniería del país y la Región Sur.

3.2 DESCRIPCION DEL AREA DE DESARROLLO PROFESIONAL

El área donde me desarrolle en la empresa IDEC es el área de Hidráulica siendo asistente en supervisión de Obras hidráulicas, ejecutando trabajos de gabinete y de campo.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE EXPERIENCIA LABORAL

4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional se elabora para predecir la realización de desastres naturales producidos por crecidas de ríos.

4.2 ACTIVIDADES PROFESIONALES REALIZADAS

4.2.1 TRABAJO EN CAMPO

Las actividades que realice como asistente en la especialidad de Hidráulica son las siguientes:

- Visitas a campo en la especialidad de Hidráulica; las visitas se realizaron para inspecciones visuales y toma de datos en la zona del proyecto.

4.2.2 TRABAJO EN GABINETE

- Revisión de la información seleccionada para desarrollar el proyecto; se recolecta toda la información necesaria por especialidades para obtener los resultados del proyecto.
- Coordinación con las otras especialidades para el desarrollo óptimo del proyecto.
- Manejo de softwares; es necesario tener los conocimientos básicos de los softwares de Civil 3d, Arcmap, Hec ras 2d.

- Modelación Hidráulica sin proyecto; se realizó simulaciones de un DEM SIN PROYECTO que es básicamente la zona de estudio tal como se encuentra.
- Modelación Hidráulica con proyecto; se realizó simulaciones de un DEM que incluye muros de gaviones para validar los resultados.

4.2.3 TRABAJO EN EJECUCIÓN DE OBRA

Los trabajos se ejecutaron en época de estiaje para no verse afectado por lluvias; las actividades como parte de supervisión realizadas fueron:

- Revisión del expediente técnico en especialidad de Hidráulica.
- Solicitud y revisión de informe de compatibilidad de la especialidad.
- Verificación del trazo y replanteo del eje de los gaviones.
- Desvío de cauce de río para tener trabajabilidad.
- Verificación de cantera.
- Verificación de calidad de gaviones solicitados.
- Verificación de excavación en el eje de la ubicación del muro de gavión para plantillado.
- Verificación de armado de cajones de gaviones según las dimensiones por niveles.
- Conformación de gaviones con rocas de dimensiones no mayores a 10cm.
- Verificación de niveles para garantizar la estabilidad del muro de gavión.
- Solicitar cumplimiento de seguridad en todo el proceso de ejecución del proyecto.

4.3 COMPETENCIAS PROFESIONALES ADQUIRIDAS

En esta empresa he adquirido la competencia profesional de comunicación y trabajo en equipo para mejorar la productividad.

CAPÍTULO V

SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

5.1 NOMBRE DEL PROYECTO

“CONTROL DE INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO URUBAMBA – VILCANOTA, PARA LA CONSTRUCCION DE LA DEFENSA RIBEREÑA, DISTRITO DE URCOS- PROVINCIA DE QUISPICANCHI -REGIÓN DE CUSCO”.

5.1.1 UBICACIÓN POLÍTICA

El proyecto pertenece políticamente al:

- Departamento: Cusco.
- Provincia: Quispicanchi.
- Distrito: Urcos.

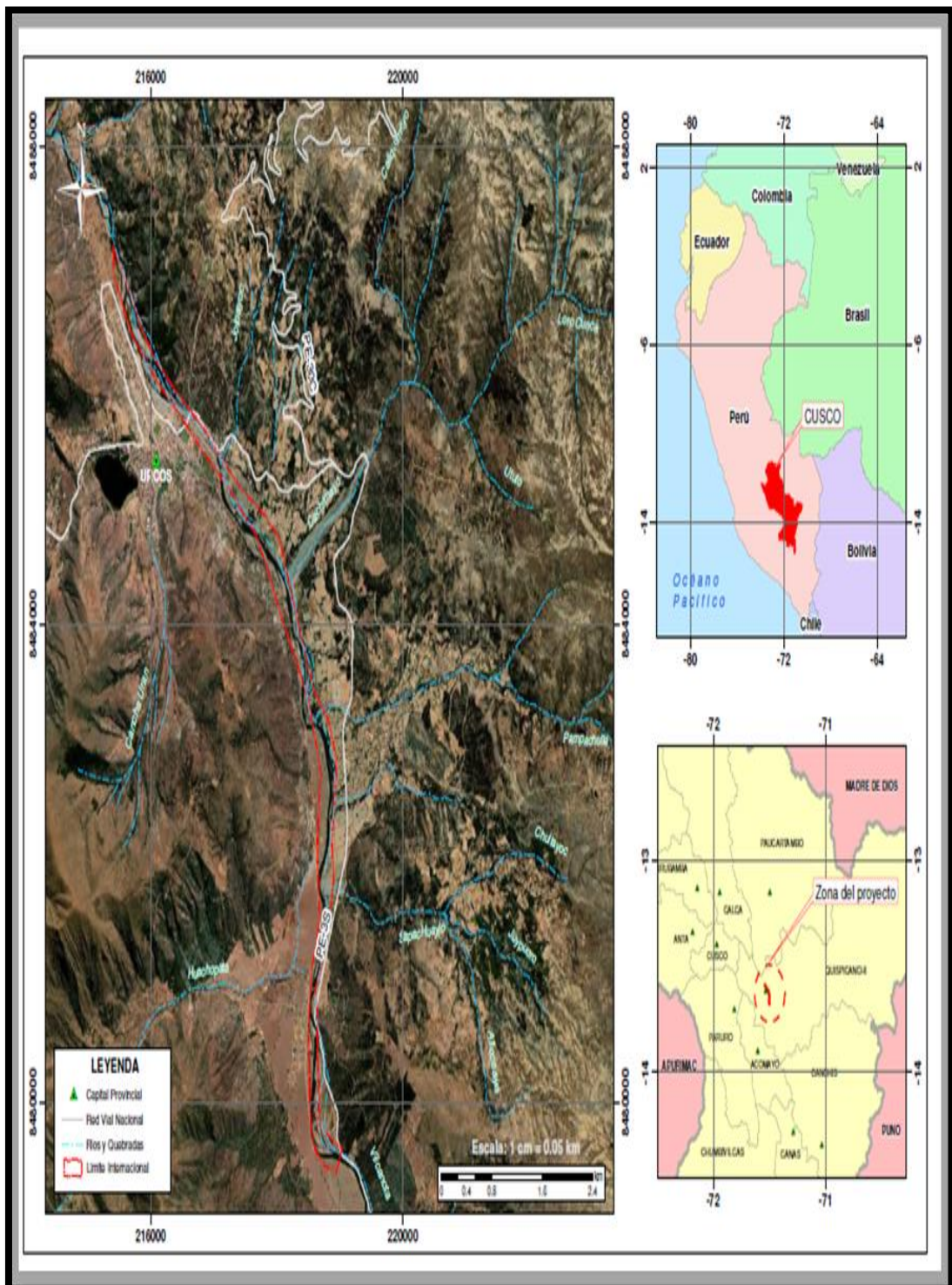
5.1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El tramo de estudio está ubicado en la cuenca del Rio Vilcanota, tramo del río Vilcanota de longitud de 10.0 Km aprox. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos, distrito de Urcos, provincia de Quispicanchi, región Cusco. El tramo del río en estudio se encuentra ubicado entre las coordenadas UTM 215000-220000 m-E y 8478000 -8488000 m-N (Datum WGS84, zona 19S).

La altitud de la zona se encuentra, aproximadamente, entre los 3100 y 3160 m.s.n.m. El río presenta una longitud aproximada de 10.0 Km, el cual comprende desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos.

Figura10

Localización del área de estudio



Nota: El mapa de localización del área de estudio; ubicado en la región de Cusco.

5.2 DESCRIPCIÓN DEL TRAMO DEL RIO EN ESTUDIO

El tramo de estudio está ubicado entre las coordenadas UTM 215000-220000 m-E y 8478000-8488000 m-N (Datum WGS84, zona 19S). La altitud de la zona se encuentra, aproximadamente, entre los 3100 y 3160 m.s.n.m. La longitud del río que se estudiara tiene una longitud aproximada de 10.0 Km, el cual comprende desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos.

Existen épocas de lluvia generalmente los meses de diciembre abril, así como meses de sequía, donde los caudales del río pueden estar dentro de los 20 – 30 m³/s, caudales registrados en los días de visita de campo (15,16 y 17 de diciembre del 2021). Aforos proporcionados por el especialista hidrológico.

En todo el recorrido del tramo se puede apreciar cultivos en ambos márgenes del río e inclusive en el mismo cauce; se puede ver la configuración variada porque en él conjugan alineamientos montañosos caracterizados por un relieve accidentado. Existen centros poblados cercanos a las márgenes del río donde predominan las comunidades y parcelas campesinas.

Se observa erosión en ambas riberas, así como también tramos donde los muros están consolidados.

Existe una infraestructura natural importante como es el sauce llorón, el cual realiza la función de proteger las riberas en algunos tramos del río Vilcanota. En el tramo en estudio encontramos Infraestructuras de defensa ribereña, como gaviones, espigones, enrocado acomodado, roca al volteo, puentes, la mayoría ha funcionado correctamente, sin embargo, existen obras que no han cumplido su función y/o están a punto de colapsar.

Existe estrechamiento del cauce del río debido al cultivo dentro de él por parte de la comunidad y ensanchamiento del mismo debido a los procesos de erosión.

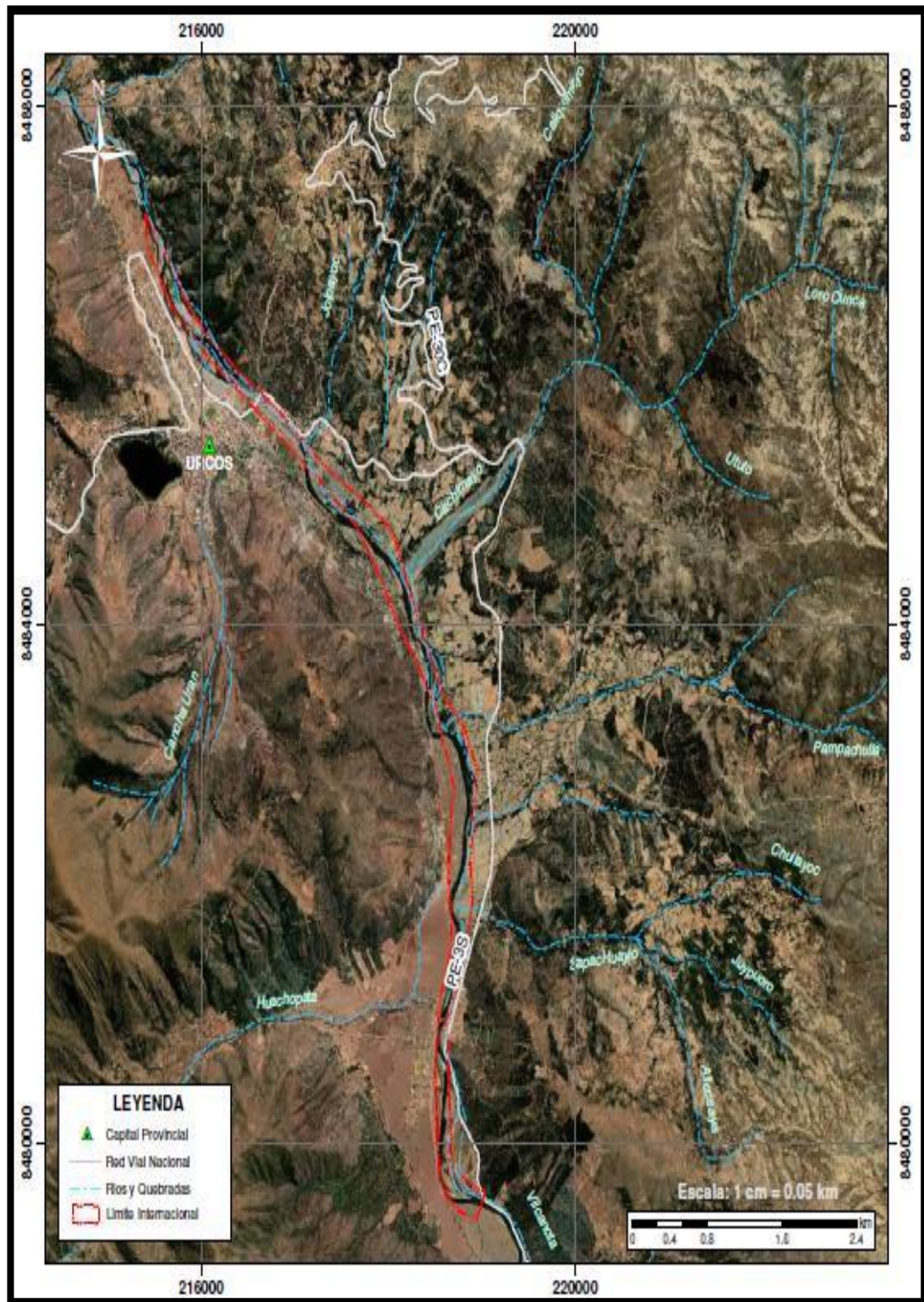
Las quebradas entre ellas la Cachimayo, existe una gran cantidad de arrastre de sedimentos y de piedra, además de no tener definido su cauce, las velocidades son altas aguas arriba del puente Cachimayo, esto se debe a

la fuerte pendiente que se pudo observar y son bajas las velocidades aguas abajo del puente Cachimayo hasta su intersección con el río Vilcanota, debido a que en dicho tramo la pendiente es suave.

En el cauce del río Vilcanota encontramos gran cantidad de material (piedra) importante para defensas ribereñas conformado por gaviones e importante en la inversión y viabilidad en este tipo de proyectos, sin embargo, se tendrá que analizar las velocidades que genera el río con caudales mucho mayores y de acuerdo a ello su implementación.

Figura 11

Mapa del tramo de estudio longitud=10km



Nota: Tramo de estudio desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos

5.3 TRABAJOS DE CAMPO

5.3.1 RECONOCIMIENTO VISUAL DEL MATERIAL DEL CAUCE

El río Vilcanota en su mayoría transporta materiales de granulometría fina (arenas), cabe indicar la presencia de granulometría gruesa tales como gravas se encuentran en la cuenca alta y media. La Figura 12 muestra, en general, el tipo de material del cauce del río Vilcanota.

Figura 12

Sedimentos finos del río Vilcanota, vista aguas abajo – Puente Mollebamba



Nota: Fotografía tomada en una visita a la zona de estudio

5.3.2 ESTRUCTURAS A LO LARGO DEL CAUCE

A, lo largo del río Vilcanota, se ha podido evidenciar 28 estructuras, el cual han sido identificadas siguiendo la secuencia de la dirección del flujo del río Vilcanota, siendo el punto de inicio desde 1.9 km aguas arriba del puente Mollebamba y el punto final hasta 2.4 km aguas abajo del puente Urcos.

Las 28 estructuras identificadas en el tramo de estudio, el 85.19% el estado de conservación es bueno, es decir las estructuras funcionan correctamente el 7.41% estado de conservación regular, y necesitan ser mejoradas para su buen funcionamiento, el 3.70% estado de conservación es malo, es decir necesita ser reemplazado y el 3.70% estado de conservación muy malo y necesita ser reemplazado, tal como se demuestra en el Anexo 2.

La mayoría de estas estructuras han funcionado, sin embargo existen estructuras que necesitan mejoramiento y otras han colapsado y no cumple su función, además existen estructuras en el río que generan el cambio de dirección del flujo causando daño a la otra margen del río, estas estructuras (espigones), su función es desviar el agua y ganar terreno siempre y cuando los caudales son menores, pero no cumplen función cuando existen caudales mayores PR=100 años, es decir no están diseñados para controlar inundación.

Se han identificado, la estructura, el tipo de estructura, la ubicación geográfica UTM-Datum WGS 84, punto de inicio y punto final, longitud, cantidad, estado de conservación, fotografía de la estructura existente conjuntamente con su plano de ubicación, el cual estará detallado en el Anexo N° 01.

Figura 13

Perfil longitudinal del cauce del rio Vilcanota



Nota: Vista del perfil longitudinal del área de estudio con estructuras existentes en las cotas altas.

5.4 SIMULACION HIDRÁULICA

5.4.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

5.4.1.1 CONFIGURACIÓN DEL MODELO

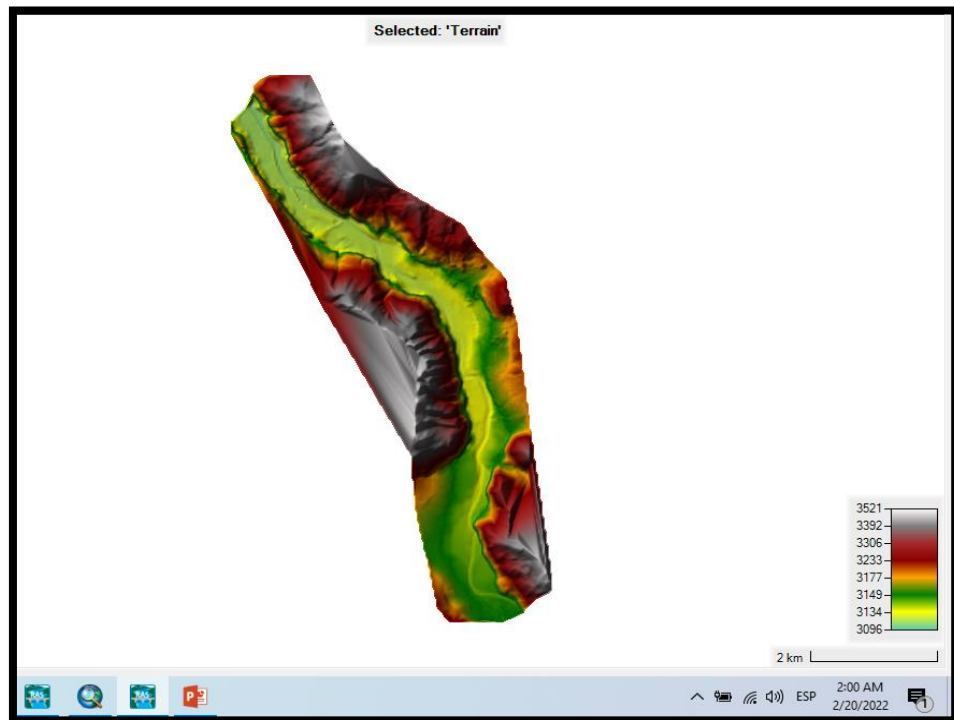
La caracterización de las inundaciones a presentarse en el rio Vilcanota será realizada para la situación actual en caso de ocurrir la crecida de Pr=100 años. En cada tramo a estudiarse, se delimitará la extensión de áreas inundables, velocidades y tirantes.

La modelación se realizará empleando el modelo de Hec-Ras V6.1.

5.4.1.2 DEFINICIÓN DEL ÁREA A SIMULAR

Es la extensión de los tramos que se requiere estudiar, el área a simular incluye el dominio del cauce del rio y de los sectores potencialmente inundables.

Figura14
DEM del cauce del rio Vilcanota



Nota: Modelo digital de elevación que permite la modelación 2D.

5.4.1.3 REPRESENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL CAUCE DEL RIO

En la simulación, esta actividad consiste en la creación de una malla computacional que permita aproximar adecuadamente las soluciones de las ecuaciones del flujo bidimensional.

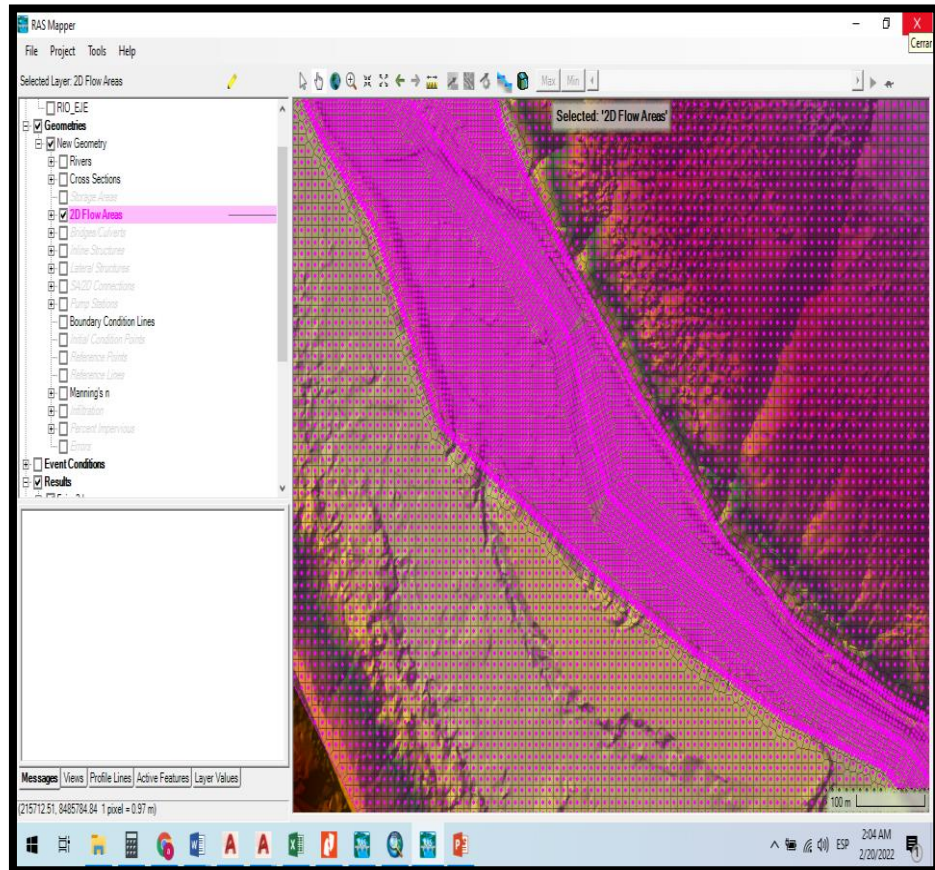
El tamaño de malla empleado fue seleccionado de manera que se permita realizar la simulación con una aproximación razonable de la geometría del cauce y planicies y en un tiempo de cómputo prudencial.

Las mallas no estructuradas empleadas están compuestas por elementos octogonales y cuadriláteros de dimensiones promedio de 5 m x 5 m en el cauce principal, en la zona urbana es de 10 m x 10 m, en zona rural de 10 m x 10 m, y en zonas de defensas existentes (diques, canales) de 5m x 5 m.

Este proceso se realizó empleando la interface del modelo de HecRas - Mapper que sirve para el pre procesamiento y post-procesamiento.

Figura15

Geometría del cauce del rio Vilcanota



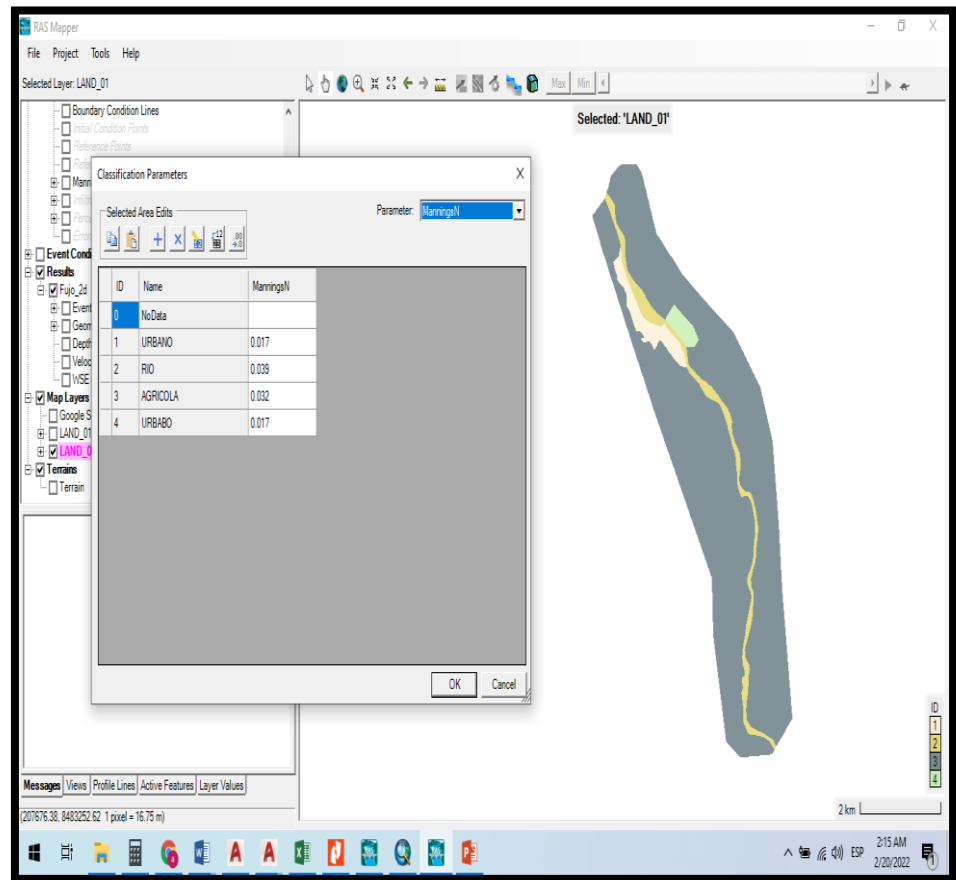
Nota: Creación de la malla de simulación para delimitar el área 2D.

5.4.1.4 REPRESENTACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL CAUCE DEL RIO

Los N de Manning utilizados fueron establecidos en el estudio de hidráulica fluvial y se ajustaron de acuerdo al proceso de calibración.

Figura 16

N de Manning en el cauce del rio Vilcanota



Nota: El coeficiente de Manning de cada polígono es según el Id que se le asigne.

El N Manning ha sido obtenido, a través de las observaciones de campo considerando factores de vegetación, geomorfología y características geométricas del rio Vilcanota tramo de estudio, tomando como referencia tablas y estudios elaborados en la zona de estudio, así también esta rugosidad ha sido corroborada con los aforos realizados en el rio, para lo cual se han realizado 20 aforos cada 500 m en toda la longitud del rio Vilcanota.

Adjunto la Tabla 5 de Tabla de Cowan; el valor adoptado es 0.039 para el cauce natural.

Tabla 5

Tabla de Cowan para determinar la influencia de diferentes factores sobre el coeficiente N

CONDICIONES DEL CANAL		VALORES	
Material involucrado	Tierra	n_0	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n_4	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 meandros	Menor	n_5	1.00
	Apreciable		1.15
	Severo		1.30

Tabla 6

Coefficiente de Manning en el cauce principal

ZONA	DATOS	n
CAUCE	n_0	0.024
	n_1	0.005
	n_2	0.000
	n_3	0.000
	n_4	0.010
	m	1.000

5.4.1.5 CONDICIONES DE BORDE

Se desarrolla:

a) La definición de los niveles de agua representativos en las secciones de aguas abajo y/o aguas arriba de los tramos a estudiarse.

b) La definición de los hidrogramas de caudales representativos de cada tramo. Dichos hidrogramas provinieron del estudio hidrológico y para el tramo se adoptó aquel hidrograma que corresponde a la ubicación establecida en el estudio hidrológico.

5.4.2 CALIBRACIÓN DEL MODELO

Consiste en ajustar los parámetros del modelo (coeficiente de Manning) a fin de que pueda reproducir eventos históricos registrados de inundación.

5.4.3 REALIZACIÓN DE LA SIMULACIÓN

Los resultados de los modelamientos obtenidos en los sectores del dominio computacional cercanos a las secciones de aguas abajo y aguas arriba de los tramos a estudiarse fueron reevaluados a fin de tomar en cuenta las posibles imprecisiones inherentes a las condiciones de borde.

5.5 CAPACIDADES Y VENTAJAS DE LA MODELIZACIÓN

5.5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El modelo Hec-Ras en este informe realiza el modelamiento hidrodinámico en corrientes de agua y muestra los resultados mediante una interfaz gráfica. Entre los parámetros que pueden simularse están los niveles de agua, tirantes, vectores de velocidad, esfuerzos cortantes, transporte de sedimentos, etc.

El modelo resuelve las ecuaciones bidimensionales de flujo mediante esquemas de volúmenes finitos. Estas técnicas permiten configurar y analizar geometrías irregulares mediante el esquema de mallas. La utilización de esta metodología implica:

- Discretizar el dominio geométrico en una malla compuesta por celdas y nodos.
- Según el método numérico desarrollar las leyes de conservación para obtener las variables de flujo en las celdas.

5.6 SOLUCIÓN DEL MODELO

Ecuaciones Bidimensionales

El modelo hidrodinámico resuelve las siguientes ecuaciones:

- Conservación de Masa
$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q$$

dónde

t : tiempo [T]

h : profundidad del agua [L]

u y v : componentes de la velocidad en la dirección x e y.

q : término de flujo fuente / sumidero.

- Conservación del Momento

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - f_c v = -g \frac{\partial z_s}{\partial x} + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x} \left(v_{t,x} h \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} \left(v_{t,y} h \frac{\partial u}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{b,x}}{\rho R} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho h}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + f_c u = -g \frac{\partial z_s}{\partial y} + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x} \left(v_{t,x} h \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} \left(v_{t,y} h \frac{\partial v}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{b,y}}{\rho R} + \frac{\tau_{s,y}}{\rho h}$$

Donde:

u y v : velocidades en las direcciones cartesianas [L / T]

g : aceleración gravitacional [L / T]

Z : elevación [L]

R : radio hidráulico [L]

f : Parámetro de Coriolis

h : Profundidad del agua o calado

U_x, U_y : Componentes de velocidad horizontales promediadas en profundidad

g : Aceleración de la gravedad

Z_s : Elevación de la lámina libre

t_s : Fricción en la superficie libre debida al rozamiento producido por el viento

t_b : Fricción debida al rozamiento de fondo

ρ : Densidad del agua

Ω : Velocidad angular de rotación de la tierra

λ : Latitud del punto considerado

$t_{xy}^e, t_{xx}^e, t_{yy}^e$: Esfuerzos tangenciales efectivos horizontales

M_s, M_x, M_y : Son respectivamente términos de momento, fuente y sumidero; para modelos de precipitación, infiltración y sumideros.

5.7 INTERFAZ DEL SOFTWARE

El software del Sistema de análisis fluvial del Centro de ingeniería hidrológica (HEC) permite al usuario realizar cálculos de hidráulica fluvial de flujo bidimensional (2D).

Posee cuatro componentes de análisis hidráulico para:

- (1) perfil de superficie de agua de flujo constante cálculos;
- (2) simulaciones de flujo inestable 2D;
- (3) cálculos de transporte de sedimentos en los límites móviles (sedimentos cohesivos y no cohesivos); y
- (4) modelado de la temperatura del agua y del transporte de constituyentes.

El software también contiene herramientas para realizar mapas de inundaciones directamente dentro del programa.

El modelo matemático HEC-RAS en su análisis en 2D tiene las siguientes funciones:

- Modelización en 1D, 2D o una combinación de ambos.
- Utiliza las ecuaciones de Saint-Venant y Onda Difusa en 2D.
- Algoritmo de solución para el acoplamiento de modelos 1D y 2D.
- Mallas computacionales estructuradas y no estructuradas.
- Tabla detallada de propiedades hidráulicas para celdas y contornos de celdas computaciones 2D.
- Mapas detallados de inundación y animaciones de los mismos.
- Solución del esquema numérico basado en multiprocesadores.
- Permite trabajar con procesadores de 64-Bit y 32-Bit.

5.8 MANEJO DEL SOFTWARE

Para el cauce del río Vilcanota se desarrolló el modelamiento en software de la siguiente manera:

- Se cargo el DEM del área.
- Creación de la geometría 2D.
- Dar un valor de N.
- Condiciones de borde.
- Datos del estudio hidrográfico para la simulación del flujo no permanente.
- La gráfica del flujo de agua pueden representarse como tirantes, velocidad o cota.

5.9 SELECCIÓN DEL MODELO NUMÉRICO HEC-RAS 2D

Se simulará con el HEC-RAS para inundaciones en periodos de retorno de 100 años en el río Vilcanota en un modelo bidimensional.

Cuenta con módulos que permite hacer el preprocesamiento de la data básica y el post-procesamiento de los resultados.

- Su libre disposición (uso libre), lo que permite compartir archivos sin necesidad de adquirir una licencia de uso por parte de los usuarios.
- Facilita resultados confiables en un menor tiempo.
- Permite la posible combinación de un modelo bidimensional con uno unidimensional.

5.10 INFORMACIÓN UTILIZADA

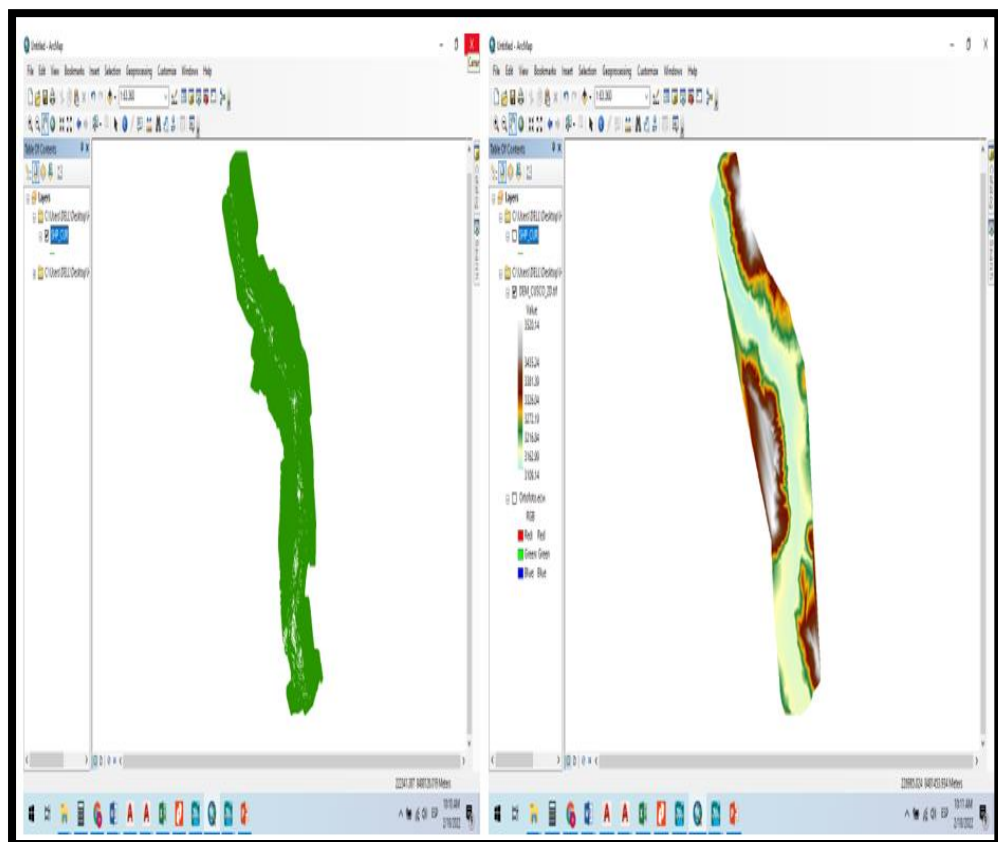
5.10.1 INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA

Con la obtención del procesamiento del levantamiento topográfico, se crearon Modelos de Elevación Digital (DEM por sus siglas en inglés) de 1 m de tamaño de pixel en el programa ArcMap 10.8.

Esta actividad comprende la información topográfica del tramo del río Vilcanota en una longitud de 10 km, que serán modelados.

Figura17

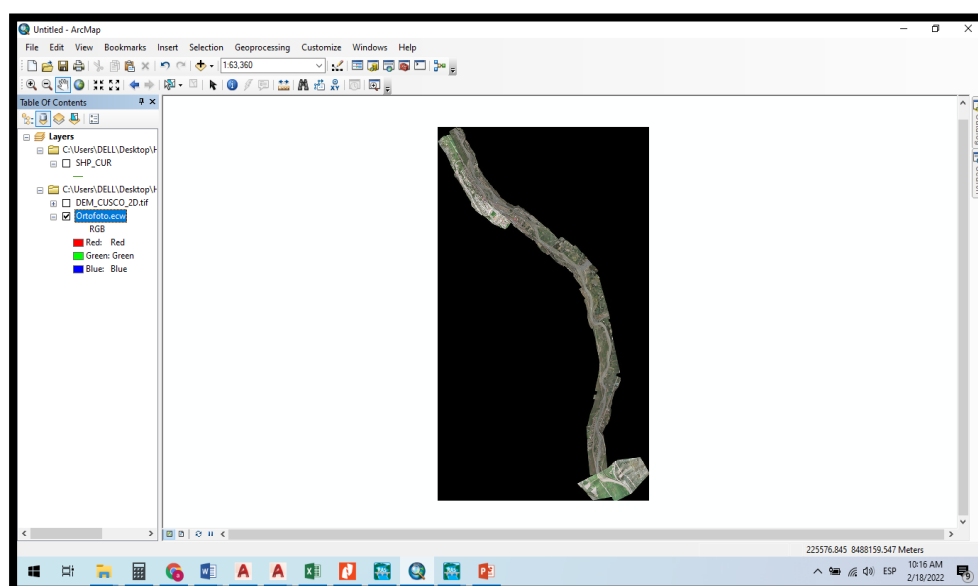
Creación del DEM en base a curvas de nivel en Arcmap 10.8



Nota: DEM a partir de topografía realizada con drones.

Figura 18

Vista de la ortofoto del área de estudio



Nota: Ortofoto creada de imágenes satelitales georreferenciadas.

5.10.2 LA PENDIENTE DEL RIO VILCANOTA

Para determinar la pendiente del río Vilcanota, tramo estudiado, el cual comprende 10.0 Km de longitud aprox. Desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2. aguas abajo del puente Urcos, se tomará en cuenta, diferentes estudios desarrollados en la cuenca Vilcanota, y complementados con los estudios topográficos realizados en este perfil.

Del análisis de la hidráulica fluvial, se ha determinado que el río Vilcanota, tramo Mollebamba –Urcos, tiene una pendiente promedio de $S=0.0034$ m/m, así mismo, se ha identificado cuatro tramos marcados de cambio de pendiente, que como es natural varía conforme va descendiendo el cauce, en el tramo 01, tiene una pendiente de $S=0.00396774$, el tramo 02, tiene una pendiente de $S=0.00337403$, el tramo 03 tiene una pendiente de $S=0.00332381$ y por último el tramo 04 tiene una pendiente $S=0.002975$, para mayor detalle, presentamos a continuación los tramos identificados:

Tabla 7*Pendiente del tramo de estudio*

PENDIENTE DEL TRAMO DE ESTUDIO PROG. 0+000-10+000				
DESCRIPCION	PROG. /COTA	PROG. /COTA	LONG.(m)	S
Desde el inicio hasta el Puente Mollebamba	0	1940	1940	
	3141.8	3135.61		0.003190722
Puente Mollebamba-Quebrada Cachimayo	1940	5800	3860	
	3135.61	3122.63		0.003362694
Quebrada Cachimayo-Puente Urcos	5800	7900	2100	
	3122.63	3113.47		0.004361905
Puente Urcos-Final	7900	10000	2100	
	3113.47	3107.61		0.002790476
				0.00342645

Nota: Se muestra valores de pendientes obtenidos del estudio Topográfico.

5.10.3 INFORMACIÓN HIDROLÓGICA

La información hidrológica proveniente del estudio Hidrológico.

El estudio considera la evaluación para distintos periodos de retorno 50,100 y 140 años, obtenidos del estudio hidrológico realizado en este perfil, el cual mostramos en el siguiente Tabla 8 .

Tabla 8*Caudal de diseño para diferente PR*

Caudal de Diseño (m3/s)	
PR	Caudal (m3/s)
Caudal Actual	25
50	777.7
100	850.2
140	900.6

Nota: Valores de caudal de diseño obtenidas del estudio Hidrológico.

El caudal de diseño seleccionado según la Guía Metodológica para Proyectos de Protección y/o Control de Inundaciones en Áreas Agrícolas o Urbanas, del Ministerio de Economía y Finanzas Dirección General de Programación Multianual del Sector Público- DGPM, cuyo autor Tereza Vásquez Vejerano en la pág. 32 indica:

Zonas Urbanas: 25,50 y 100 años de periodo de retorno.

Zonas rurales y/o Agrícolas: 10,25 y 50 años de periodo de retorno.

Por lo tanto, de acuerdo a lo anunciado líneas precedentes y tomando en cuenta el área de estudio, la cual posee zonas agrícolas y urbanas se opta como caudal de diseño para este informe $Q = 850.20 \text{ m}^3/\text{s}$ correspondiente al periodo de retorno de 100 años.

5.10.4 RUGOSIDAD DE MANNING

De los cálculos realizados se ha optado para este estudio determinar el valor adoptado es 0.039 para el cauce natural del río Vilcanota – Tramo de estudio.

5.11 MODELAMIENTO HIDRÁULICO

El modelamiento hidráulico es el desarrollo del comportamiento del perfil hidráulico de un río para un caudal de diseño determinado.

El cálculo requiere las siguientes consideraciones básicas, tales como:

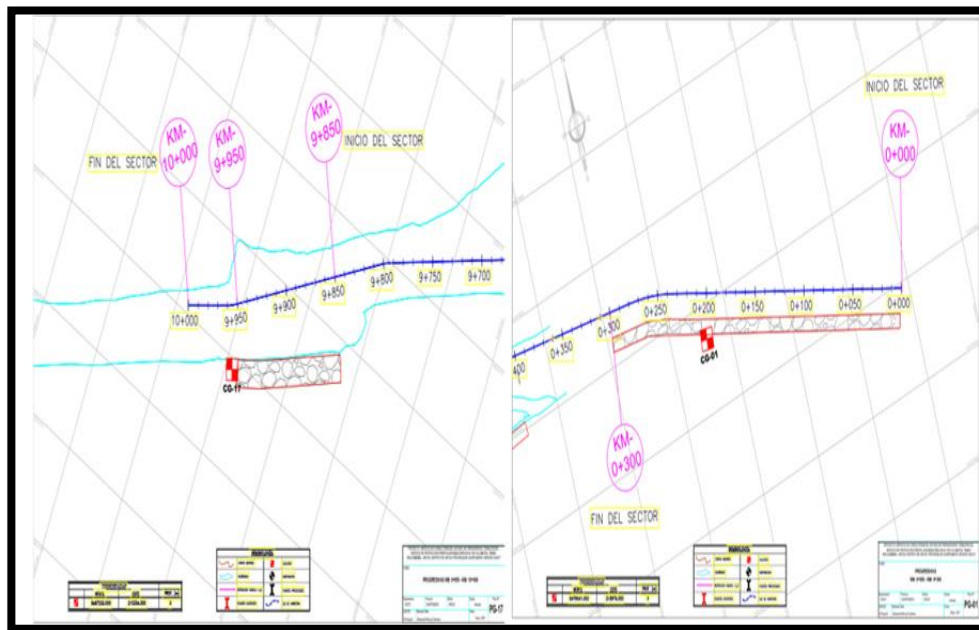
- Caudal de diseño.
- Área de la simulación.
- Longitud del tramo.
- Características geométricas de la sección transversal del río.
- Coeficiente de rugosidad de Manning "n".

5.11.1 ANÁLISIS DEL ESCENARIO PARA PR DE 100 AÑOS

El área del estudio abarca una longitud aproximada de 10.00 km, el cual comprende desde 1.9 km aguas arriba del puente Mollebamba hasta 2.4 km aguas abajo del puente Urcos.

Figura 19

Progresivas del tramo de estudio



Nota: Se muestra las progresivas de la longitud aproximada del tramo estudiado.

De acuerdo a lo establecido para el cauce principal se adoptó los coeficientes respectivos de rugosidad de Manning de 0.039. Para las zonas urbanas adyacentes se adoptó con un coeficiente de Manning de 0.017 y para la zona de cultivos de 0.032 . En el Anexo 2 se presenta el mapa de rugosidades para la zona simulada.

Tabla 9
Valores N de Manning

Uso	n = 100%
Cauce del rio	0.039
Cultivos	0.032
Urbano	0.017

Nota: Se muestran los valores N de Manning que fueron obtenidos del estudio de Hidráulica Fluvial.

5.12 ESCENARIO DE MODELAMIENTO SIN PROYECTO

5.12.1 GENERALIDADES

Durante años la región Cuzco ha sido una zona de constantes lluvias torrenciales inéditas, quizás como consecuencia de los cambios climáticos a nivel mundial, las cuales vienen ocasionando inundaciones

severas con pérdidas de vidas humanas, de bienes y servicios, a su vez ocasionando daños a la infraestructura de centros poblados y regiones aledañas a la rivera del río, la cual genera grandes inversiones por parte del estado en reparar los daños ocasionados por los fenómenos naturales.

El proyecto contempla la construcción de obras hidráulicas cuya finalidad es evitar o minimizar los riesgos.

El modelamiento hidráulico de ríos mediante el HEC-RAS en la zona, permitirá:

- Obtener las áreas de inundación y mitigación de un mismo río para varios periodos de retorno.
- El diseño de obras de defensas ribereñas.

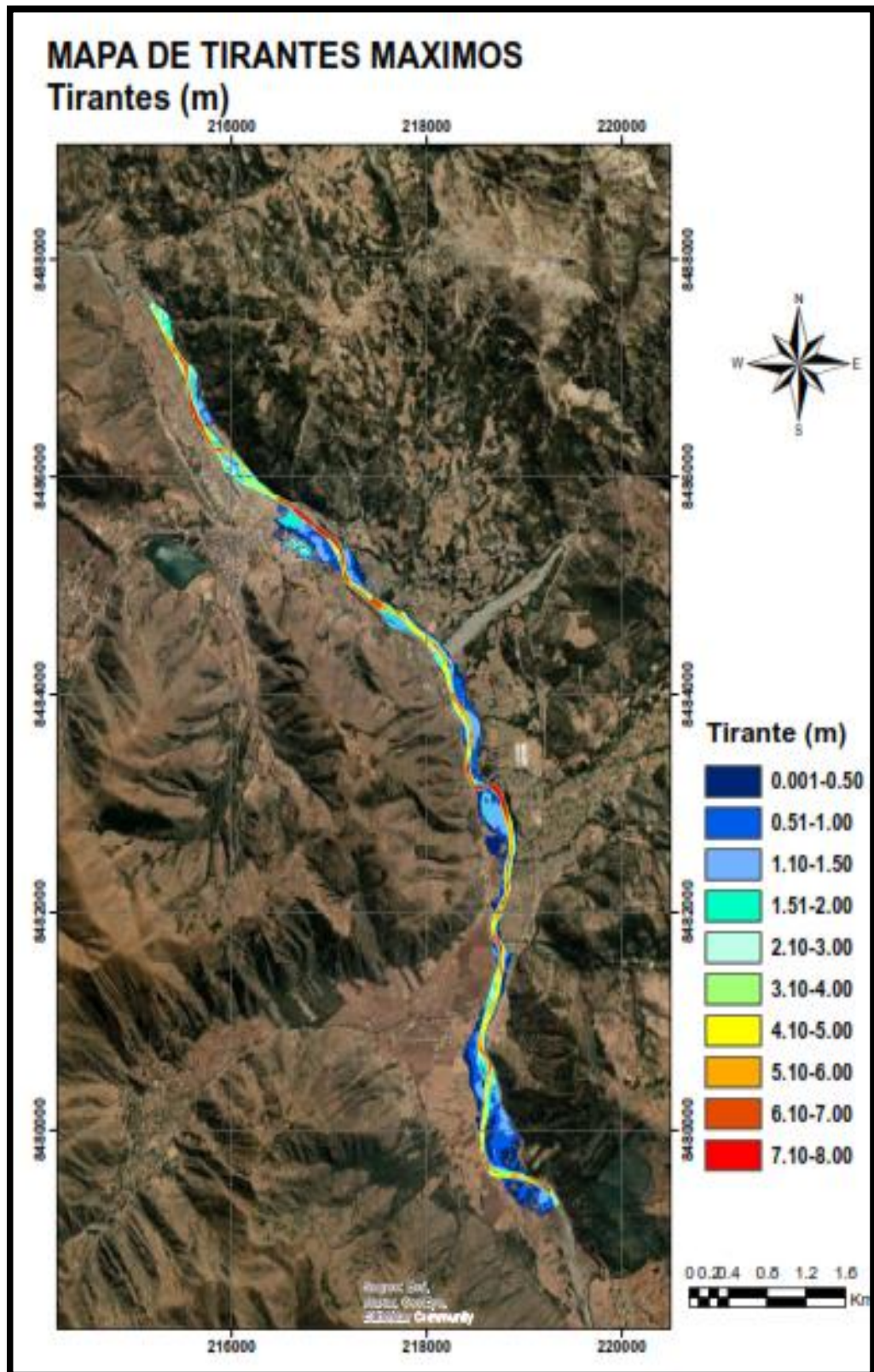
5.12.2 LA SIMULACIÓN DEL RÍO PARA LA SITUACIÓN “SIN PROYECTO”

Se realizó empleando el hidrograma correspondiente al caudal máximo para pr de 100 años en situación “Actual”. Dicho hidrograma, cuyo caudal pico asciende a $Q_{pico} = 850.20 \text{ m}^3/\text{s}$, fue calculado en el estudio hidrológico del proyecto.

Como condición de borde de aguas abajo se consideró la pendiente del cauce. Como condición de borde de aguas arriba, se consideró hidrograma del estudio hidrológico.

Figura20

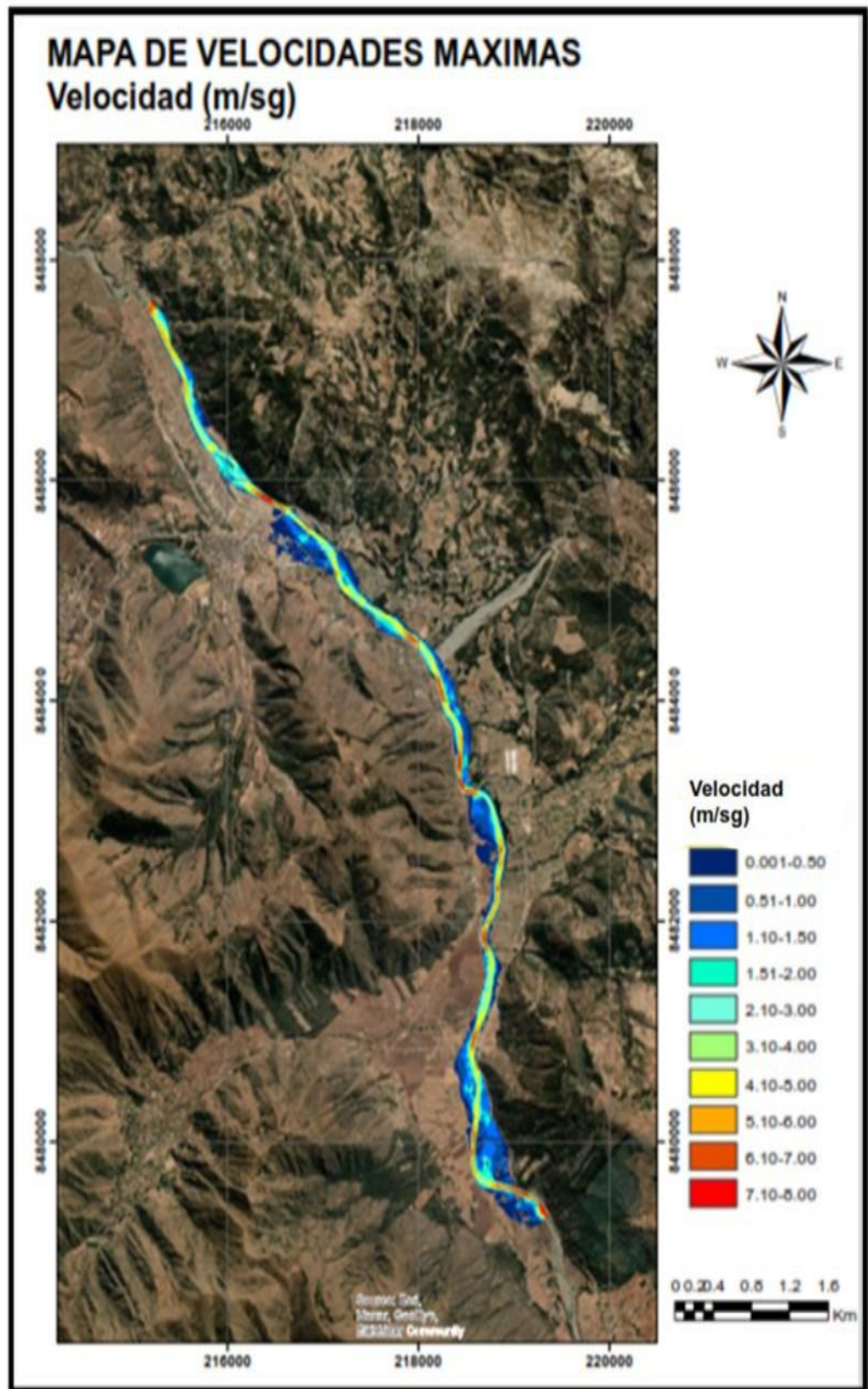
Mapa de tirante máximo para el PR de 100 años



Nota: Se presenta el mapa de profundidad hidráulica obtenido mediante la simulación bidimensional del evento de 100 años.

Figura21

Mapa de velocidades máximas para el PR de 100 años



Nota: Se presenta el mapa de velocidades obtenido mediante la simulación bidimensional para el evento de 100 años de periodo de retorno.

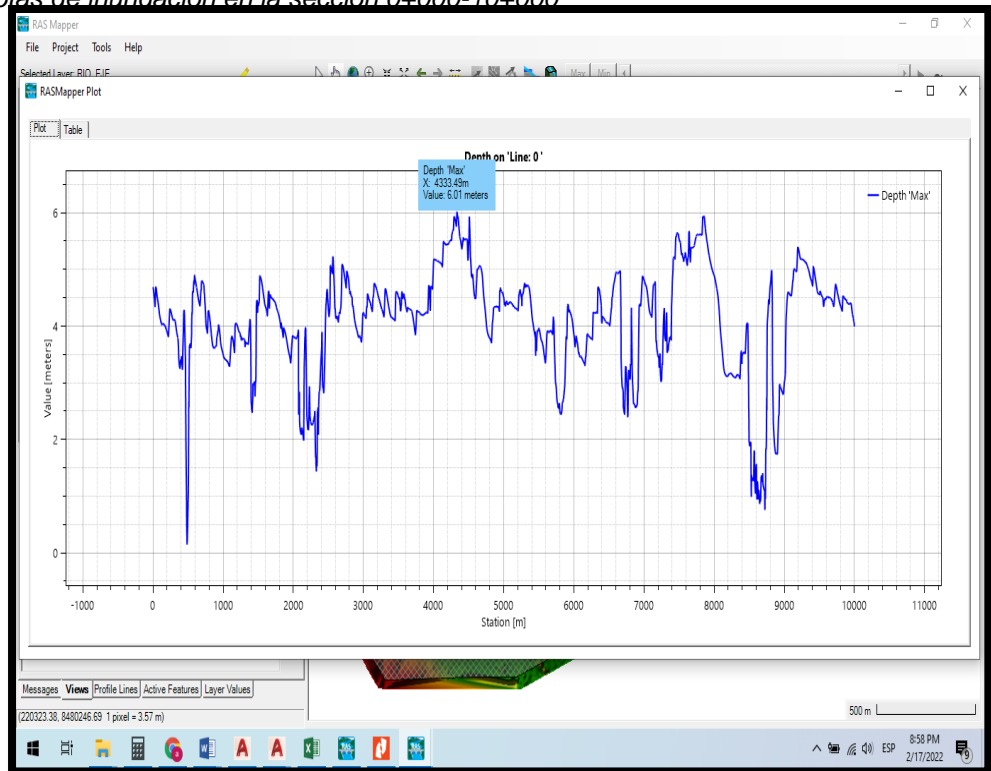
El análisis de los mapas generados muestra que en este tramo se producirán inundaciones para el evento estudiado.

5.12.3 SECCIONES TRANSVERSALES DEL RIO PARA LA SITUACIÓN “SIN PROYECTO”

Para la modelación hidráulica se ha elaborado el seccionamiento del río Vilcanota en el tramo de estudio (10 km) cada 100 m, un total de 100 secciones transversales, siendo el eje, el cauce del río y 400 m para cada lado, además de los puentes Mollebamba y Urcos, cada sección mide aproximadamente en promedio 800 m, motivo por el cual se optado por ese distanciamiento, menor seccionamiento habría cruce de secciones y error en los resultados del programa Hec.Ras, en las figuras de modelamiento hidráulico “Sin Proyecto”, mostramos los niveles agua alcanzados en cada sección transversal.

Figura 22

Cotas de inundación en la sección 0+000-10+000



Nota: Se muestra la altura de alcance de inundación.

5.12.4 ÁREAS INUNDABLES

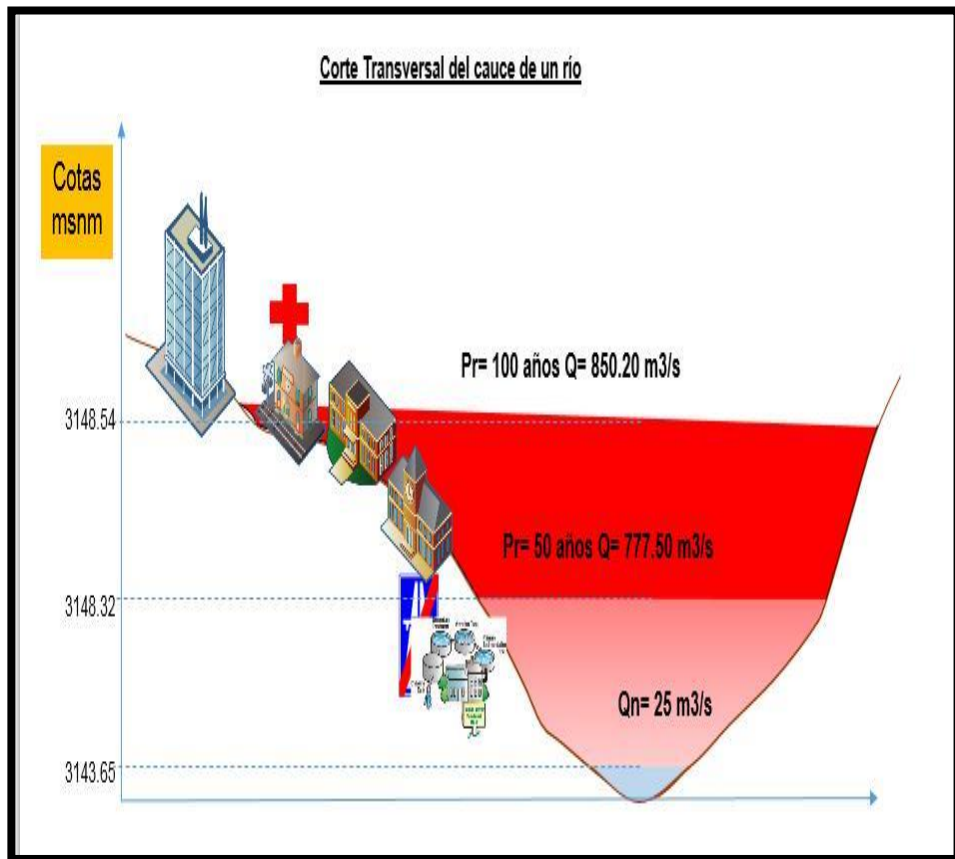
La delimitación de las áreas inundables para este perfil se basa principalmente en la batimetría de la sección del río en un distanciamiento de 100 m entre sección y sección, en toda la longitud del río 10 km, dicha sección tiene una longitud promedio de 800m transversales cuyo eje es el río y se expande hacia 400 m de cada margen. El objetivo de este estudio es obtener las áreas inundables en un Pr = 100 años, correspondiente a 850.20 m³/s, es decir luego de simular el caudal mencionado se obtuvieron en algunos tramos niveles de agua superiores a la sección hidráulica del río Vilcanota provocando el desbordamiento hacia los lados de las márgenes del río.

Tabla 10
Áreas de inundación

AREAS DE INUNDACION	
Descripción	Área (m²)
A-1	54,295.91
A-2	3,697.29
A-3	90,194.52
A-4	68,903.20
A-5	113,016.47
A-6	9,218.64
A-7	115,149.75
A-8	10,509.26
A-9	50,310.91
A-10	140,518.90
Sumatoria de Áreas	655,814.84
	65.58 Has

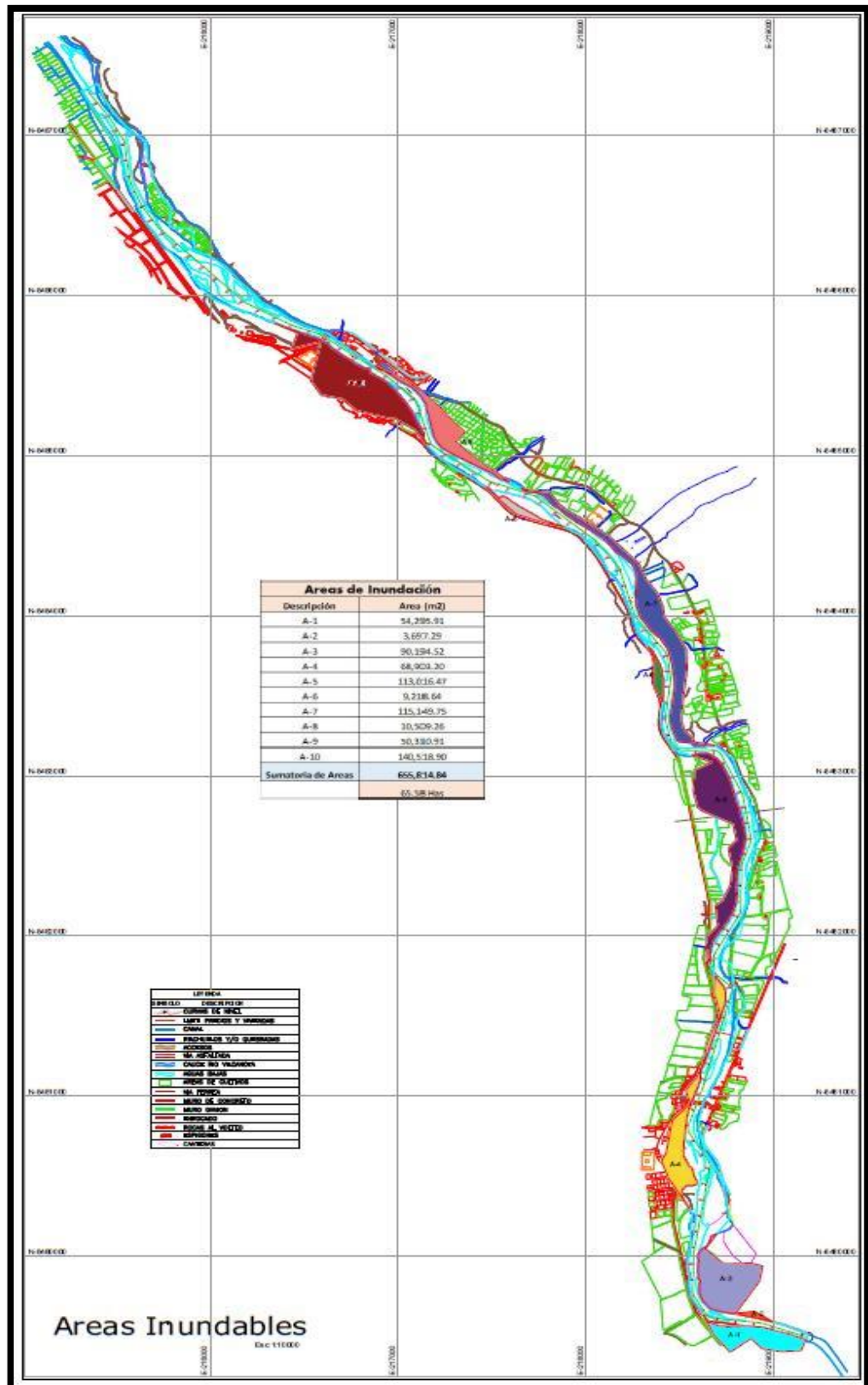
Nota: Se ha determinado 10 áreas, siendo la sumatoria de áreas de 65,5814.84 m².

Figura 23
Corte transversal del cauce de un río



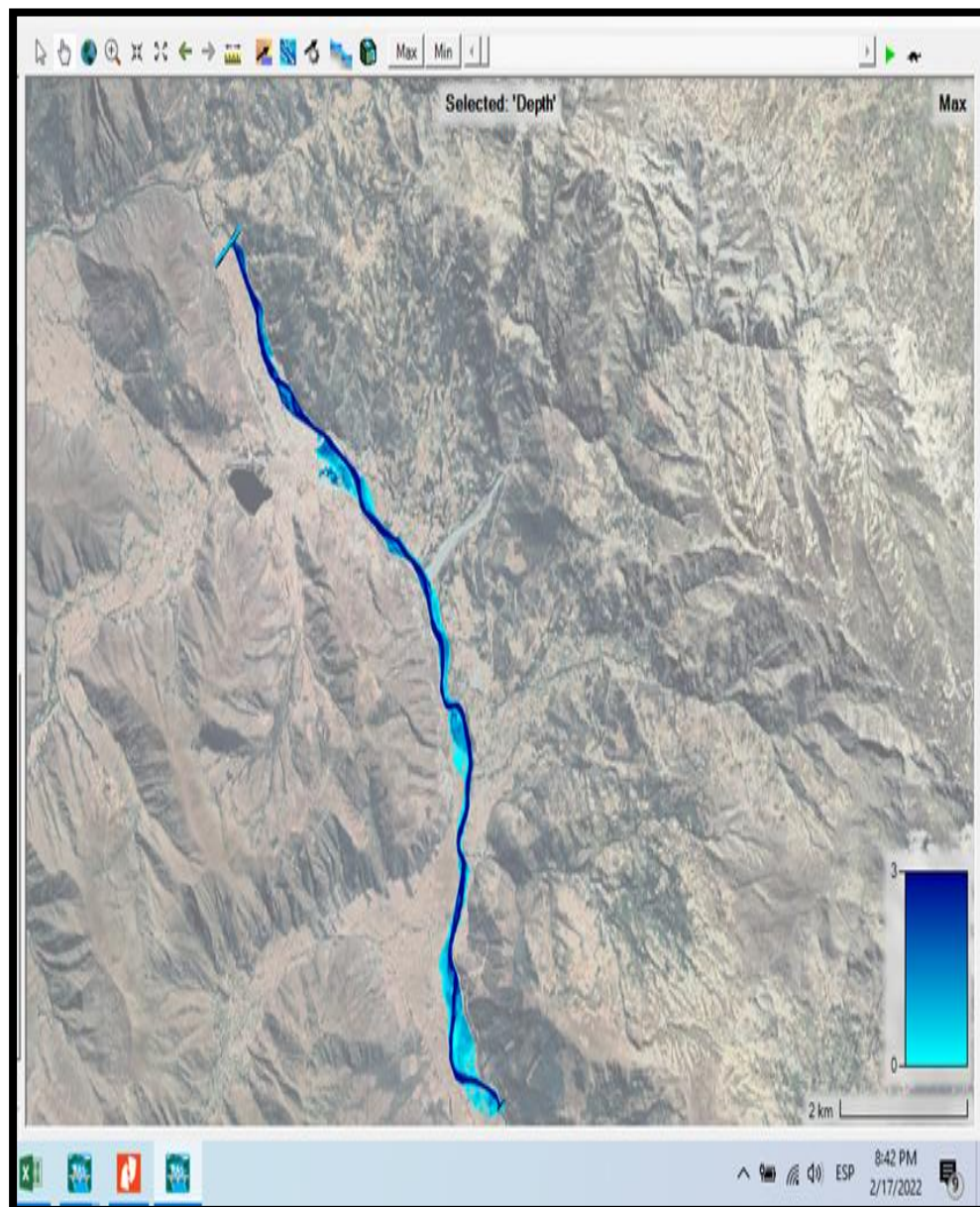
Nota: Se muestra las cotas alcanzadas en relación al Pr y caudales.

Figura 24
Áreas inundables



Nota: La ubicación de las áreas inundables de tramo de estudio.

Figura 25
Vista de áreas inundables en HEC-RAS 2D



Nota: Se muestra la simulación 2D de las áreas inundables.

5.12.5 ELECCIÓN Y SUSTENTACIÓN DE ESCENARIO

A partir de la calibración se analizó solo el escenario; para periodo de retorno de 100 años.

La topografía del río Vilcanota tiene una resolución espacial alta, implementada por el usuario y la cual permite observar adecuadamente la morfología del río, por lo que simplemente se creó una malla que contenga todo el modelo, y se podrán observar los resultados de la

confluencia en el cauce del río Vilcanota y sus efectos en la zona de estudio.

Para el proyecto, se obtiene que el modelo puede ser desarrollado para diferentes análisis de escenarios.

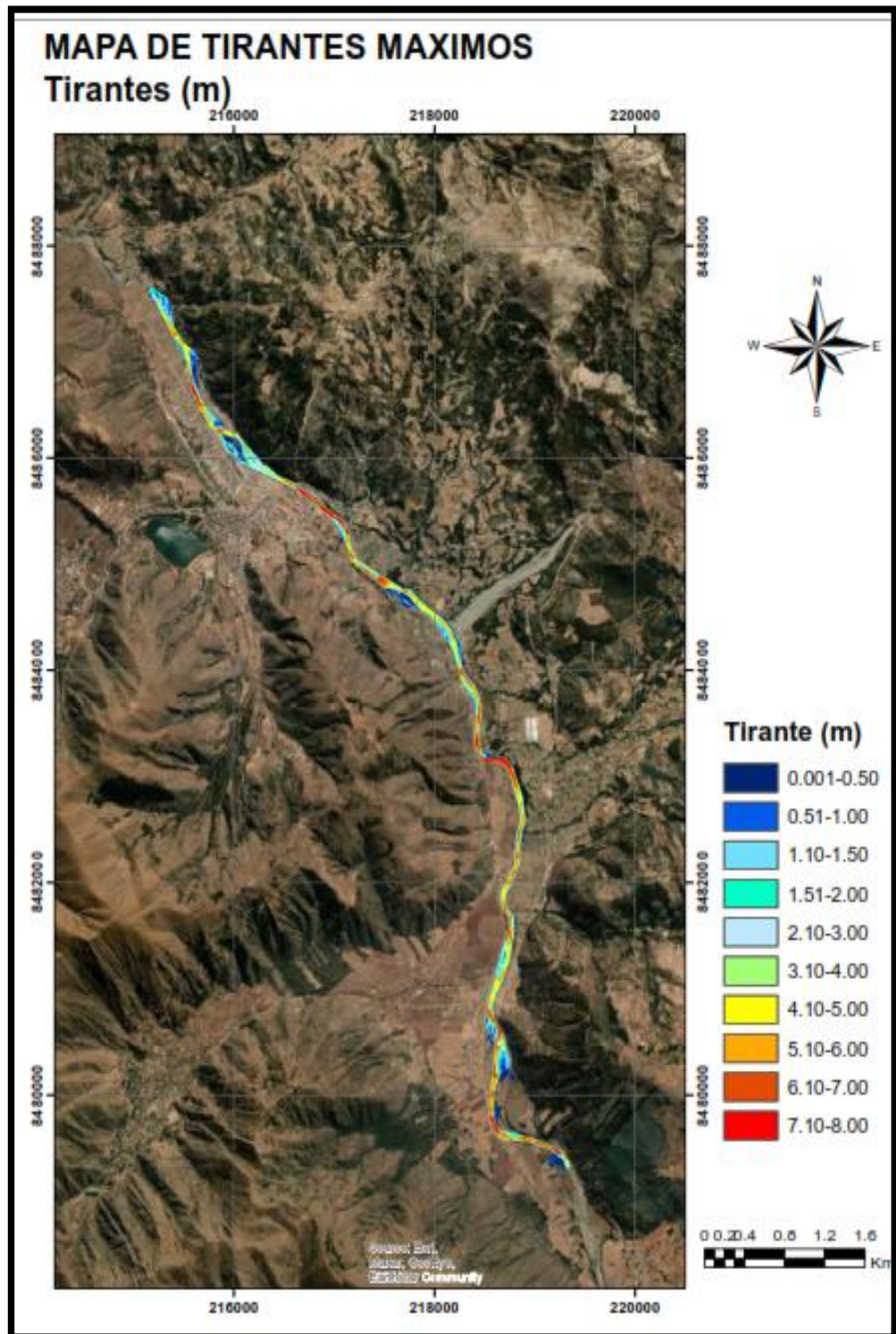
5.13 ESCENARIO DE MODELAMIENTO CON PROYECTO

5.13.1 LA SIMULACIÓN DEL RÍO PARA LA SITUACIÓN “CON PROYECTO”

Se realizó empleando el hidrograma correspondiente a la avenida de 100 años de periodo de retorno en situación “Actual”. Dicho hidrograma, cuyo caudal pico asciende a $Q_{pico} = 850.20 \text{ m}^3/\text{s}$, fue calculado en el estudio hidrológico del proyecto.

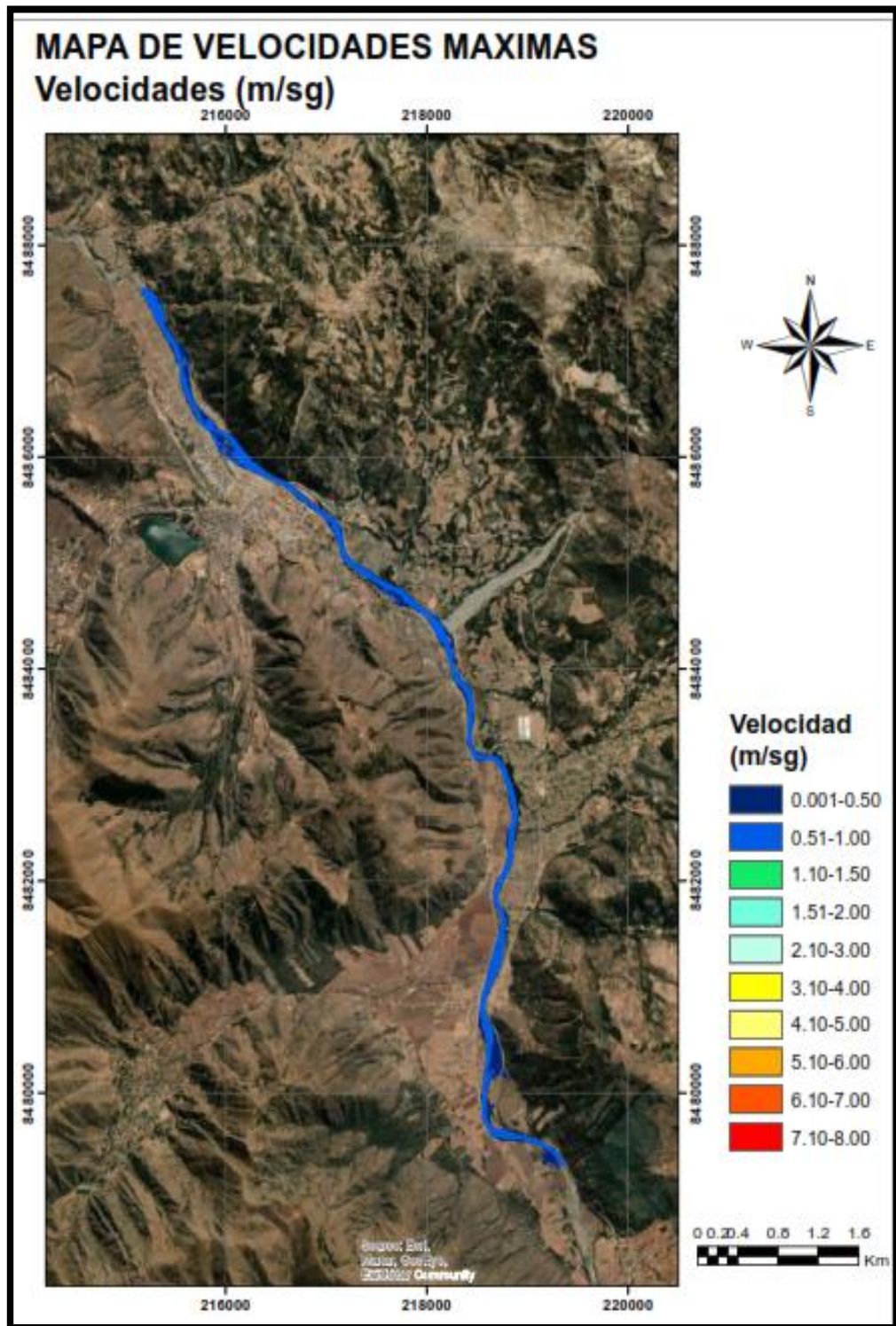
Como condición de borde de aguas abajo se consideró la pendiente del cauce. Como condición de borde de aguas arriba, se consideró hidrograma del estudio hidrológico, y se agregó las estructuras existentes y las de planteamiento a la geometría.

Figura 26
Mapa de tirante máximo para el periodo de retorno de 100 años



Nota: El mapa de profundidad hidráulica obtenido mediante la simulación bidimensional para el evento de 100 años de PR con proyecto, y se evidencia el control de la inundación en zonas urbanas y de cultivo mediante el planteamiento de las estructuras.

Figura 27
Mapa de velocidades máximas para el periodo de retorno de 100 años



Nota: Se presenta el mapa de velocidades obtenido mediante la simulación bidimensional para el evento de 100 años de Pr con proyecto, y se evidencia el control de la inundación en zonas urbanas y de cultivo mediante el planteamiento de las estructuras.

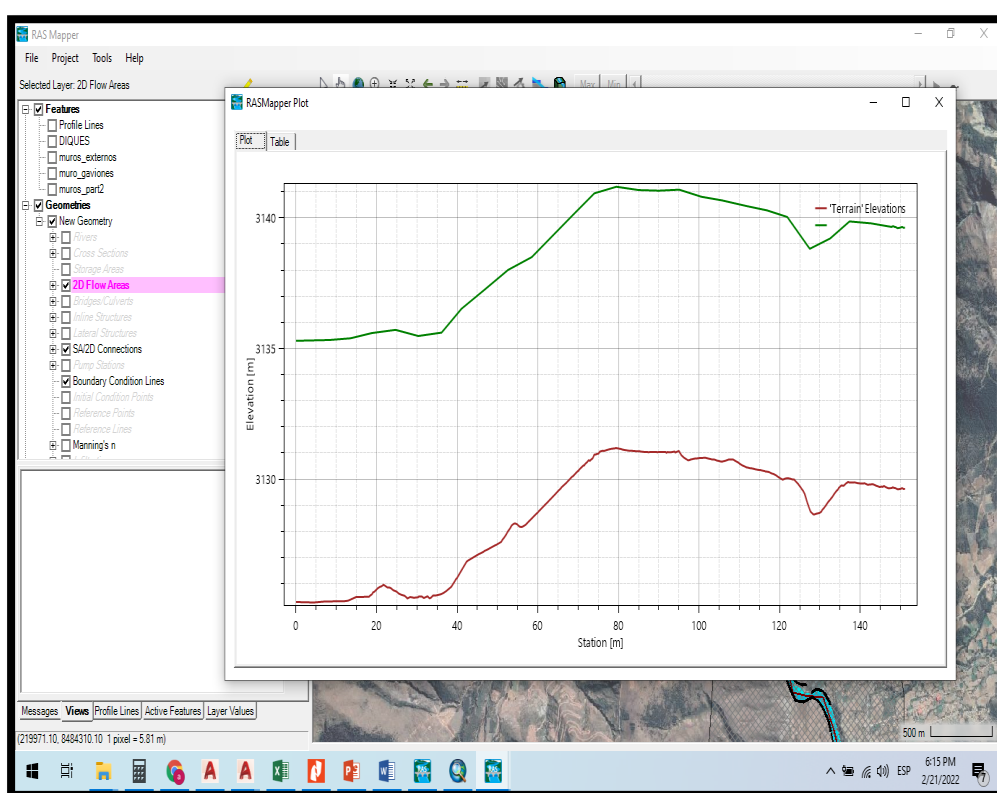
El análisis de los mapas generados muestra que el planteamiento de estructuras controla las inundaciones en las zonas urbanas y de cultivo.

5.13.2 SECCIONES TRANSVERSALES DEL RIO PARA LA SITUACIÓN “CON PROYECTO”

Para la modelación hidráulica se ha realizado el seccionamiento del río Vilcanota para la ubicación de estructuras existentes y las estructuras a plantear para la simulación de esta.

Figura 28

Vista de elevación de estructuras sobre el terreno

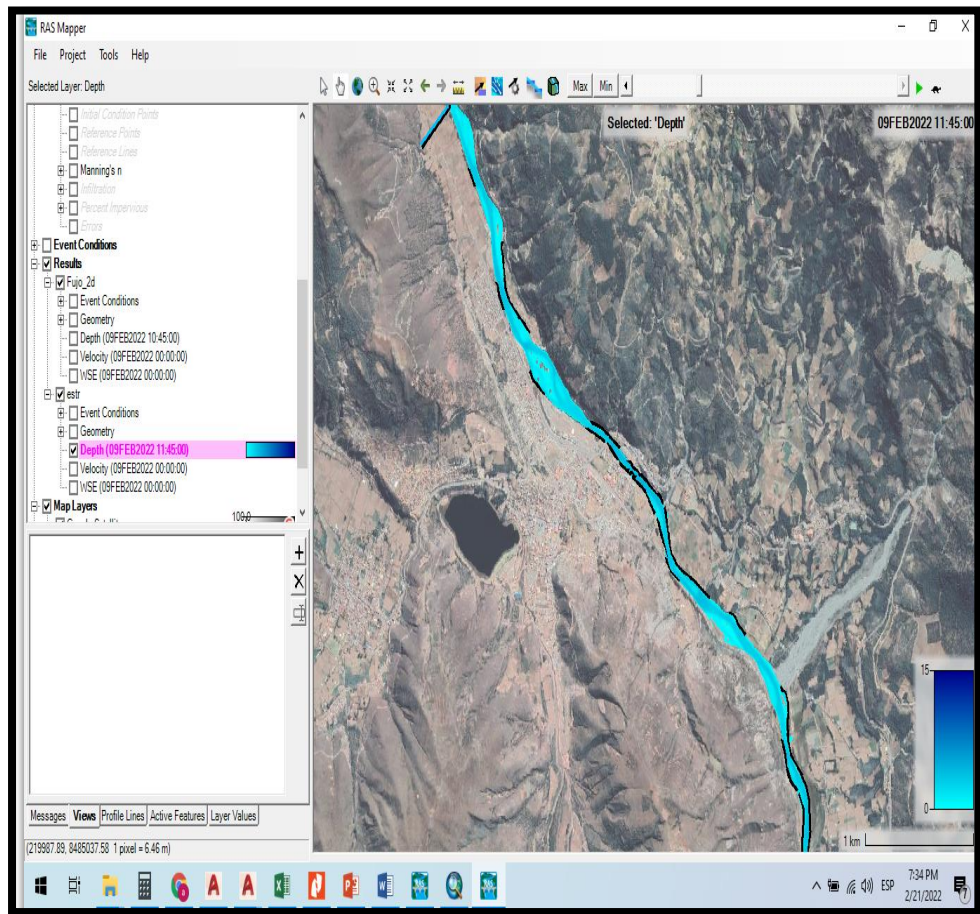


Nota: Se muestra la elevación de las estructuras en una sección transversal en el tramo de estudio.

5.13.3 ÁREAS INUNDABLES

Se ha determinado el control de inundación en ambos márgenes del río Vilcanota (tramo de estudio 10 km), como se puede observar en la Figura 29, para mayor detalle se adjunta el plano áreas de Inundación.

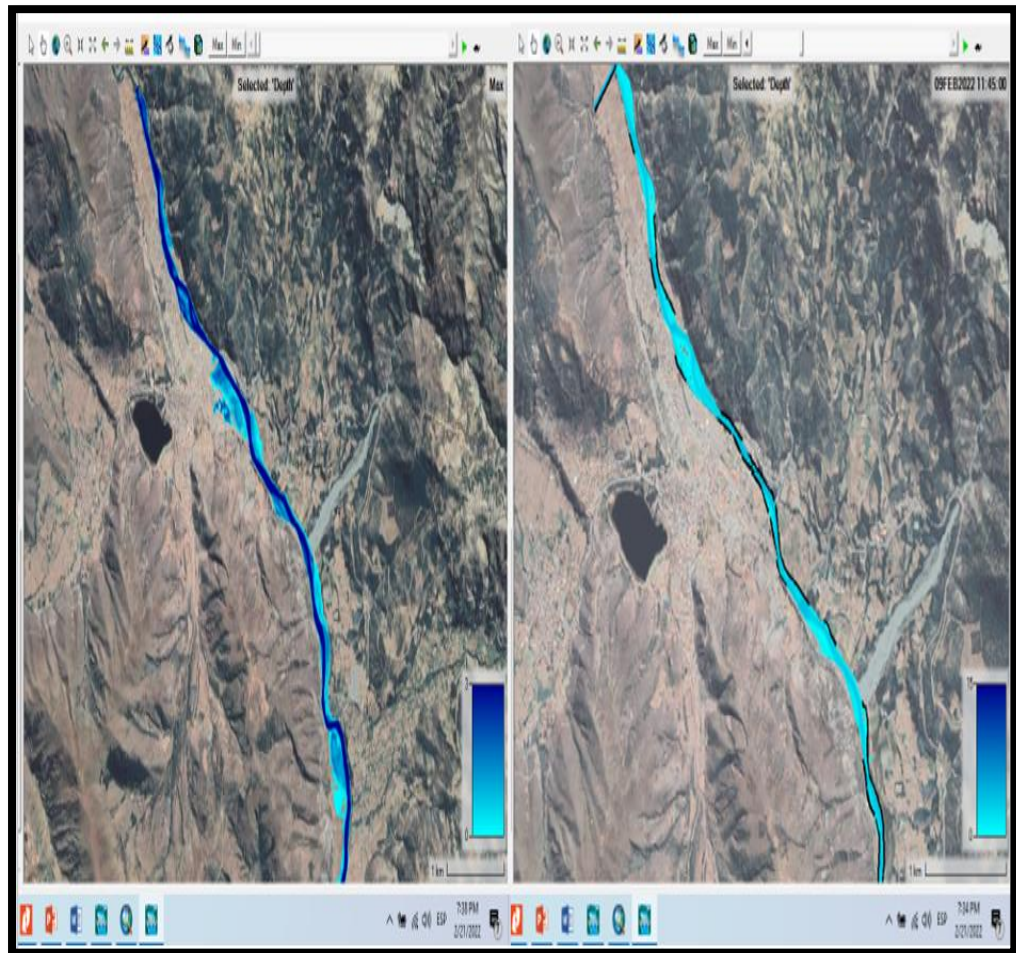
Figura 29
Vista de estructuras en zona a proteger



Nota: Se muestra ubicación de las estructuras en las áreas a proteger.

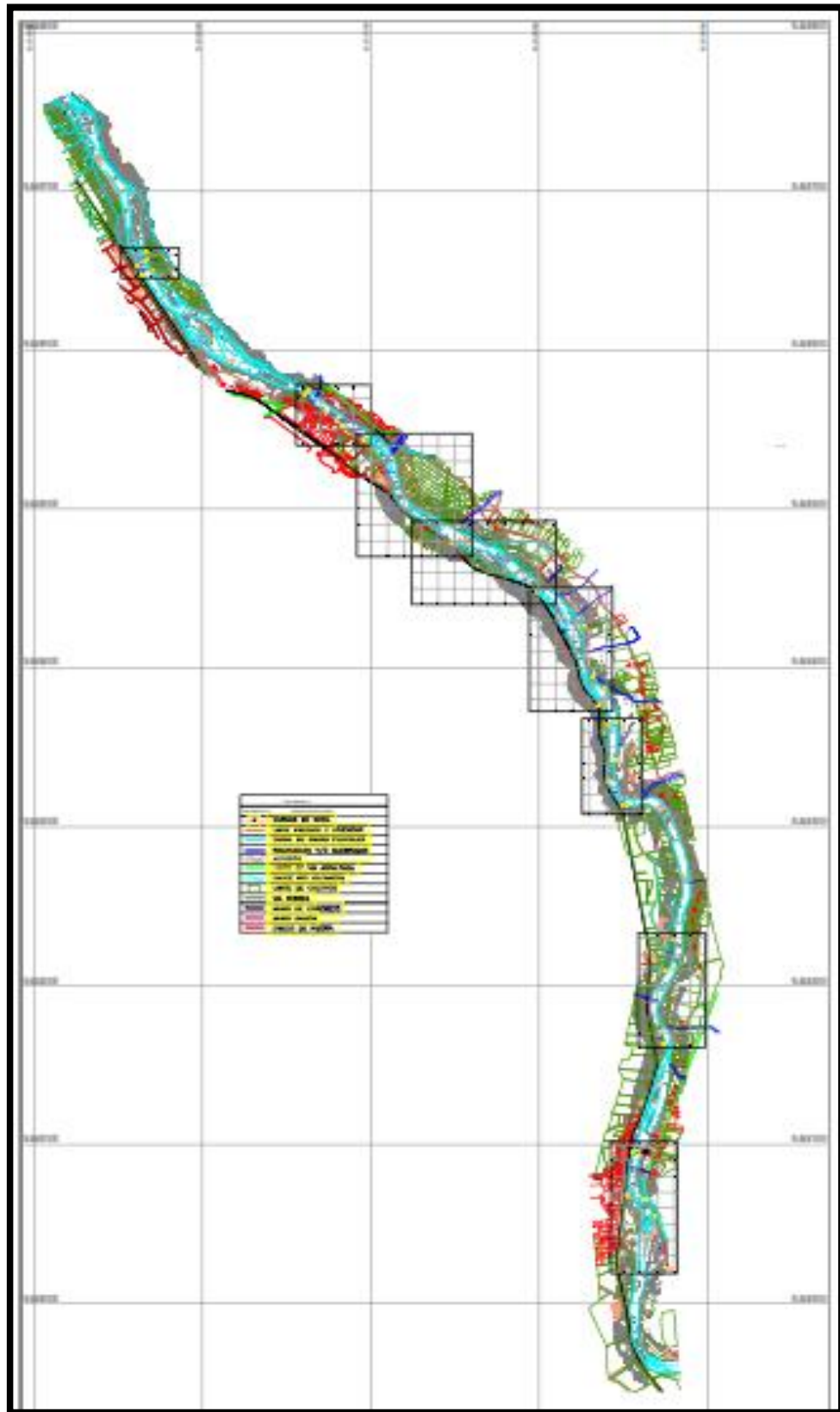
Figura 30

Control de inundaciones lado izquierdo sin estructura y lado derecho con estructura



Nota: Se muestra una comparación de la simulación 2D sin proyecto y con proyecto.

Figura31
Ubicación de estructuras



Nota: Se muestra en plano la ubicación de las estructuras planteadas.

5.13.4 ELECCIÓN Y SUSTENTACIÓN DE ESCENARIO

A partir de la calibración se analizó solo el escenario; para PR de 100 años.

En el modelamiento hidráulico numérico en la situación “con proyecto” se ha podido identificar las zonas de intervención en el tramo de estudio, para el control de las inundaciones, para lo cual mostramos La Tabla 11 y Tabla 12, correspondiente a ambos márgenes del río Vilcanota, así también se adjunta para mejor detalle el Plano de Intervención, el cual se encuentra en el anexo N.º 03 Planos y Mapas.

Tabla 11

Tramos de intervención en el lado izquierdo del río Vilcanota

Margen Izquierda del río Vilcanota								Longitud total (m)
Necesita protección -Implementación defensa ribereña								
Progresiva	0+000-0+545	1+200-1+668	1+950-2+780	3+300-4+320	4+752-6+960	7+805-7+920	8+800-9+085	5471
Longitud	545	468	830	1020	2208	115	285	
Defensa buen estado								
Progresiva	0+545-0+945	2+780-2+955	4+400-4+752	9+085-9+140				982
Longitud	400	175	352	55				
Infraestructura natural -reforestación con Sauce Lloron								
Progresiva	9+140-10+000							860
Longitud	860							
Espigones a demoler-No cumplen en controlar las inundaciones								
Progresiva	0+945-1+200	2+955-3+330	4+320-4+400					680
Longitud	255	375	80					
Elevar muro								
Progresiva	1+668 -1+950	6+960 -7+805						1127
Longitud	282	845						
Material consolidado								
Progresiva	7+920 -8+800							880
Longitud	880							
Longitud de Implementación de defensa ribereña							6151	

Nota: Se muestra las longitudes del lado izquierdo de las estructuras a ejecutar.

Tabla 12*Tramos de intervención en el lado derecho del río Vilcanota*

Margen derecha del río Vilcanota				Longitud total (m)
Necesita protección Implementación defensa ribereña				
Progresiva	0+000-1+140	1+600-3+340	4+320-7+820	6380
Longitud	1140	1740	3500	
Defensa buen estado				
Progresiva	1+140-1+600			460
Longitud	460			
Infraestructura natural reforestación con Sauce Lloron				
Progresiva	3+310-4+320	7+820 -10+000		3190
Longitud	1010	2180		
Espigones a demolerNo cumplen en controlar las inundaciones				
Progresiva	4++640-4+890			250
Longitud	250			
Longitud de Implementación de defensa ribereña				6380

Nota: Se muestra las longitudes del lado derecho de las estructuras a ejecutar.

5.14 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DE OBRAS DE PROTECCIÓN

Se plantea diques de protección contra las inundaciones, estos diques tendrán una cota superior a los tirantes de agua alcanzados en un $Pr=100$ años (850.20 m³/s), en la Figura 13 se puede apreciar el perfil hidráulico calculado para la situación “con proyecto”, es decir para diseño, la cota de la corona de dique tendrá que ser superior a este nivel.

Asimismo, en la Tabla 7, se resume la altura que debería tener como mínimo el dique proyectado según las progresivas del tramo. La ubicación proyectada del eje del dique permite encauzar las aguas del río Vilcanota manteniendo las condiciones hidráulicas del río estables con bajas velocidades de flujo y régimen Subcrítico.

La información utilizada para el diseño de ingeniería detallo a continuación:

- Topografía del tramo de estudio Planta, Perfil y seccionamiento del río Vilcanota.
- Inventario de infraestructura existente.

- Hidrología; Caudal de diseño periodo de retorno 100 años: 850.20 m³/s.
- Modelamiento hidráulico sin proyecto y con proyecto.

5.14.1 ALTERNATIVAS DE LAS OBRAS DE DEFENSA RIBEREÑA

De la simulación en la situación “con proyecto” se ha podido identificar las zonas de intervención en el tramo de estudio, para lo cual mostramos las Tablas N.º 11 y N.º 12, correspondiente a ambos márgenes del río Vilcanota, así también se adjunta para mejor detalle el Plano de Intervención, el cual se encuentra en el anexo N.º 03 Planos y Mapas.

Los diseños de las alternativas técnicas se han realizado en base a la aplicación de metodologías que contemplen normas de diseño para obras hidráulicas nacionales o internacionales vigentes.

Se ha evaluado y seleccionado el tipo de obra de protección de taludes adecuado para cada uno de los tramos de intervención considerados, sobre la base de la información generada en el presente estudio (modelamiento hidráulico), se obtuvo la delimitación de áreas inundables (de uso poblacional, de servicios y agrícola) por acción de la erosión e inundación en los taludes de las riberas, características del suelo y disponibilidad de materiales para la construcción y se ha determinado las áreas de protección frente a eventos de máximas avenidas.

Determinada la selección del tipo de obra de protección conveniente, eficiencia de operación, economía y facilidad de ejecución; se ha desarrollado el diseño hidráulico, geométrico y de estabilidad en toda la longitud de cada uno de los tramos, definiendo principalmente las dimensiones de la cimentación, profundidad, largo y ancho, volumen de la estructura, materiales que la conforman, proyectando en planos la ubicación, planta, perfil longitudinal, secciones transversales, dimensiones, niveles de tirante de agua máximo (Anexo Nº 05 modelamiento hidráulico con proyecto), borde libre, talud, características de los materiales.

La verificación de la estabilidad de taludes de la alternativa seleccionada, se realizó mediante métodos de cálculo orientados a determinar las deformaciones del terreno y de equilibrio límite; teniendo como base los parámetros de la geometría del talud, los diferentes tipos de materiales, parámetros de resistencia del suelo según los resultados de los ensayos de mecánica de suelos y valores asumidos de coeficiente sísmico.

$F_s=1.5$ (condición estática)

$F_s=1.1$ (condición sísmica)

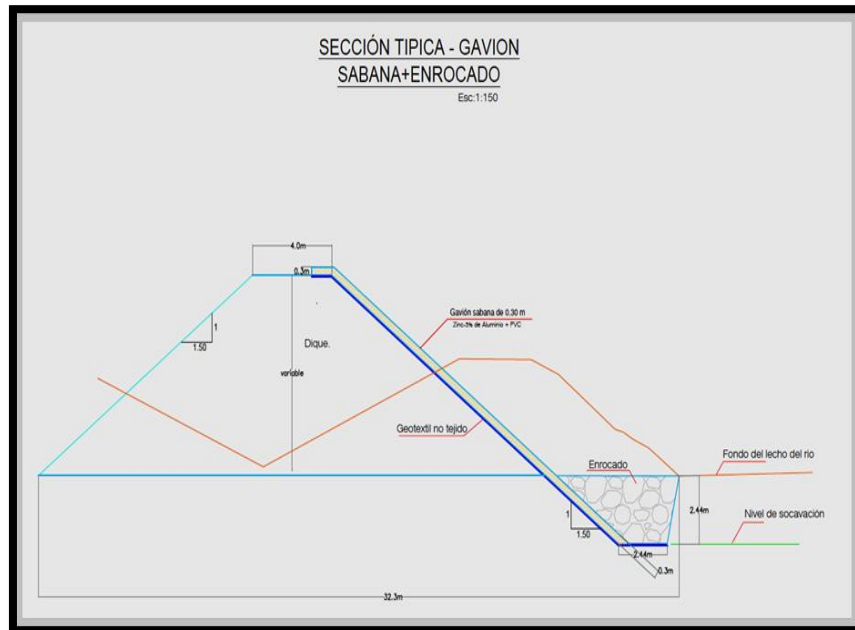
5.14.1.1 ALTERNATIVA 01

PROTECCIÓN RIBEREÑA CONTRA LA INUNDACIÓN
MEDIANTE CONSTRUCCIÓN DE DIQUE REVESTIDO CON
GAVIÓN SABANA O COLCHÓN + UÑA DE ENROCADO.

El gavión tipo sabana o colchón tiene como característica principal su mayor superficie y está dividido por diafragmas colocadas a cada metro. Se recomienda, en general piedra de un peso específico superior 2.3 t/m^3 La tapa se incluye por separado.

Figura 32

Sección típica de la defensa ribereña con gavión sabana o colchón



Nota: Se muestra la sección típica enrocado en la uña como primera alternativa para contener las áreas de inundación.

5.14.1.2 ALTERNATIVA 02

PROTECCIÓN RIBEREÑA CONTRA LA INUNDACIÓN MEDIANTE CONSTRUCCIÓN DE DIQUE REVESTIDO CON GAVIÓN CAJA

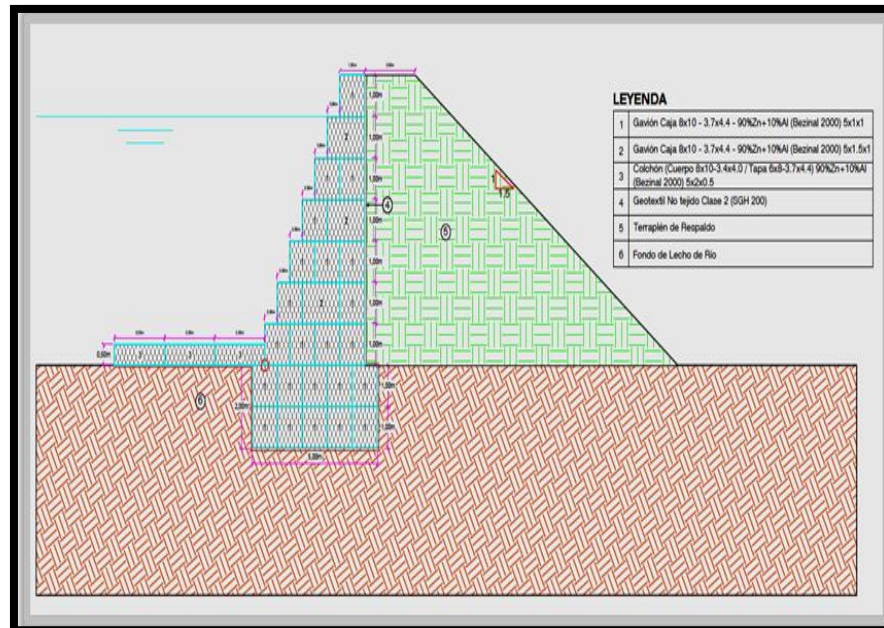
Se ha proyectado la construcción de 12.531 km. de defensa ribereña en el margen derecho e izquierdo del río Vilcanota revestido con gavión tipo caja, a lo largo de los tramos identificados en la margen derecha e izquierda del río Vilcanota. En el talud de la superficie humedad, se colocará como protección sobre el material permeable un Geotextil no tejido. El geotextil, tendrá el objeto de mantener los finos y el talud estable, en caso se sature por las lluvias o inundaciones.

El geotextil tejido de poliéster, dicho material deberá ser resistente a los rayos ultravioleta, la degradación, entornos biológicos y químicos que se encuentra normalmente en los suelos. La altura promedio del dique es 6.0 – 7.0 m, medidos

desde la corona hasta la cota fundación. La sección típica proyectada corresponde a un terraplén en tierra de 2.0 m de ancho de corona y un cuerpo conformado con taludes que dependen del tipo de material que se utilizará para construir el prisma, como se indica en el informe de geotecnia.

Figura 33

Sección típica de la defensa ribereña con gavión caja



Nota: Se muestra la sección típica de gavión tipo caja como segunda alternativa para contener las áreas de inundación.

5.14.1.3 ALTERNATIVA 03

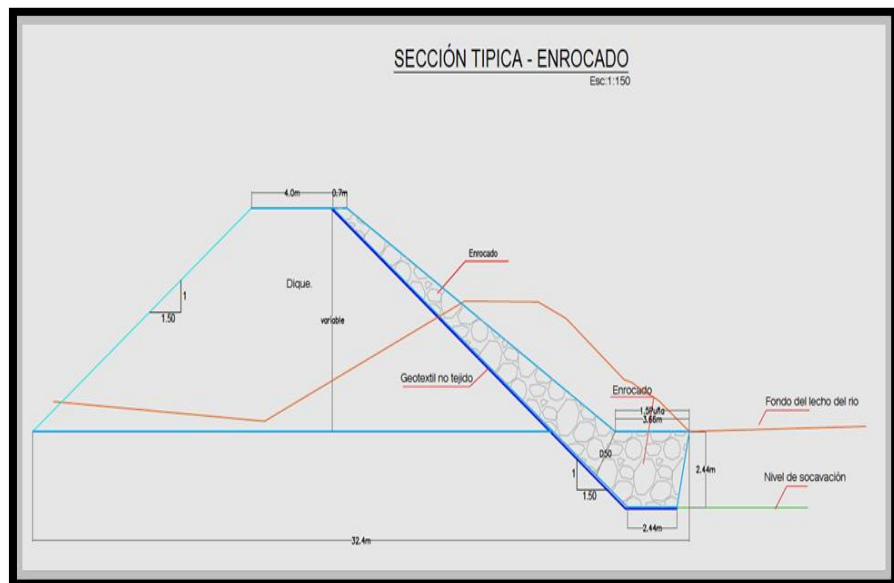
PROTECCIÓN RIBEREÑA CONTRA LA INUNDACIÓN MEDIANTE CONSTRUCCIÓN DE DIQUE CON MATERIAL ROCA

Se ha proyectado la construcción de 12.531 km. de defensa ribereña en ambas márgenes del río Vilcanota revestido con roca, a lo largo de los tramos identificados en ambos márgenes del río Vilcanota. En el talud de la superficie humedad, se colocará como protección sobre el material permeable un Geotextil no tejido. El geotextil, se colocará para mantener los finos y el talud estable, en caso se sature por las lluvias o inundaciones.

El geotextil tejido de poliéster, dicho material deberá ser resistente a los rayos ultravioleta, la degradación, entornos biológicos y químicos que se encuentra normalmente en los suelos. La altura promedio del dique es 6.0 – 7.0 m, medidos desde la corona hasta la cota fundación. La sección típica proyectada corresponde a un terraplén en tierra de 4.0 m de ancho de corona y un cuerpo conformado con taludes que dependen del tipo de material que se utilizará para construir el prisma, como se indica en el informe de geotecnia.

Figura 34

Sección típica de la defensa ribereña con material roca.



Nota: Se muestra la sección típica de enrocado como tercera alternativa para contener las áreas de inundación.

Los beneficios esperados anuales de un proyecto. Para el presente estudio se han realizado tres alternativas técnicas, los cálculos realizados mostrados en este informe garantizan el óptimo desempeño de la solución contra los efectos de inundación en el río Vilcanota, sin embargo se opta por las dos primeras (material gavión) para el diseño, por ser económicamente rentables, toda vez que el insumo principal la encontramos en el cauce del río Vilcanota y el material roca que existe en la zona de estudio de acuerdo al estudio geotécnico no es la adecuada o no hay la potencia necesaria

Se selecciona la alternativa N°2, estructura de gavión tipo caja como la seleccionada, por presentar menor huella generada y el insumo principal (piedra) se encuentra en la zona de estudio.

5.15 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.15.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO DEL PROYECTO

El ámbito del presente se ubica en el departamento del Cusco.

La región del Cusco se encuentra ubicado en la parte suroriental del Perú, en las coordenadas 11° 10'00" y 15° 18' 0" de latitud sur; 70° 25' 00" y 73° 58' 00" longitud oeste. La Provincia de Quispicanchis es una de las 13 provincias que conforman el departamento del Cusco en el sur del Perú, está ubicada al oriente del departamento del Cusco entre las coordenadas 13°1'00" y 14° 3'00" Latitud Sur; limita por el Norte con la Provincia de Paucartambo y el departamento de Madre de Dios, por el Este con el departamento de Puno, por el Sur con la Provincia de Canchis y la Provincia de Acomayo y por Oeste con la Provincia del Cusco y la Provincia de Paruro.

El Distrito de Urcos es uno de los 12 distritos que conforman la Provincia de Quispicanchis, ubicada en el departamento del Cusco en el Sur del Perú. Está a una altitud de 3158 m.s.n.m. y abarca una superficie total de 134.65 km y situado a unos 49 km de la ciudad del Cusco entre las coordenadas 13° 01'05" Latitud Sur y 72°01'36" Longitud Oeste con respecto al meridiano de Greenwich. (ubigeo 081201).

La Localidad de Mollebamba es una Comunidad Campesina ubicada en la margen izquierda del río Vilcanota, a 15 minutos aproximadamente de Urcos en automóvil, ubicada en las coordenadas Este: 219087.00 m E: y Norte 8479502.00 m S, como su punto inicial y como su punto final, las coordenadas Este: 218230.00 m E: y Norte 8484004.00 m S.

5.15.2 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

5.15.2.1 INUNDACIÓN

Las grandes lluvias y que en esta área se ha deforestado las riberas del río Vilcanota debido al crecimiento poblacional; además se observa la colmatación de su cauce producto de las avenidas.

5.15.2.2 VULNERABILIDAD POR INUNDACIÓN: CAUSAS

La localidad en cuestión se encuentra rodeada por el río Vilcanota, las que constituyen un potencial de peligro físico, principalmente por las siguientes causas:

- Las ocurrencias de lluvias en la región, en combinación con la colmatación de su cauce y la deforestación de sus riberas trae como consecuencia el desborde del río inundando las zonas aledañas a este.

Tabla 13

Identificación del peligro en la zona de ejecución del proyecto

1. ANTECEDENTES DE PELIGROS EN EL AREA DE ESTUDIO?	¿EXISTEN ESTUDIOS DE DE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE RIESGOS? ¿DE QUE TIPO SON?	
	Si	No
Inundaciones	X	Inundaciones X
Lluvias	X	Lluvias X
Heladas	X	Heladas X
Friaje / Nevada	X	Friaje / Nevada X
Sismos	X	Sismos X
Sequías	X	Sequías X
Huaycos	X	Huaycos X
Derrumbes	/ X	Derrumbes / X
Deslizamientos	X	Deslizamientos X
3. ¿Existe la probabilidad de ocurrencia de los riesgos mencionados para el periodo de diseño del proyecto?	SI	NO

4. ¿La información de años anteriores de la ocurrencia de peligros naturales en el área de estudio es suficiente para evaluar el proyecto? SI NO

Fuente: Guía Metodológica para la incorporación de Análisis de Riesgo.

Nota: Se muestra la lista de verificación usada con el fin de determinar las condiciones de peligro en la zona de estudio.

5.15.2.3 INTENSIDAD DE LOS PELIGROS EN LA ZONA DE ESTUDIO

El estudio se desarrolla con formato del INGEMMET, complementado con las observaciones efectuadas durante el trabajo de campo.

Tabla 14
Identificación de peligros

PELIGROS	SI	NO FRECUENCIA			SEVERI RES	
		B	M	A	S.I.	M A (C)
Inundación						
¿Existen zonas con problemas de	X			3		3 9
¿Existe sedimentación en el río o quebrada?	X			3		3 9
¿Cambia el flujo del río o acequia principal que estará involucrado con el	X		2		2	4
LLUVIAS INTENSAS						
DERRUMBES /						
¿Existen procesos de erosión?	X			3		3 9
¿Existe mal drenaje de suelos?	X		2		2	4

¿Existen antecedentes de inestabilidad o fallas geológicas en las	X	0
¿Existen antecedentes de deslizamientos?	X	0
¿Existen antecedentes de derrumbes?	X	0
Heladas	X	0
Friajes / Nevadas	X	0
Sismos	X	2
Sequías	X	0
Huaycos	X	0
Incendios urbanos	X	0
Derrames tóxicos	X	0
Otros		0
		37

Fuente: Guía Metodológica para la incorporación de Análisis de Riesgo.

Nota: Se obtiene el siguiente resultado considerando los siguientes valores.

a) Para establecer el grado de Frecuencia (a) y Severidad (b), se tiene la escala:

B = Bajo: 1

M= Medio: 2

A = Alto: 3

S.I. = Sin Información: 4.

Interpretación de resultados de la Identificación de Peligros.

Se ha obtenido un promedio de 3.7 y por redondeo hace un total de 4; obteniendo el siguiente resultado:

RESULTADO $\geq 3 \Rightarrow$ PELIGRO ALTO.

Las condiciones que presenta la zona de estudio son debido a su ubicación urbanística, la existencia de viviendas

dispersas que no consideran las normas de distribución urbanísticas durante su construcción, del mismo modo estas viviendas fueron construidas sin mínimas condiciones técnicas, no se ajustan al Reglamento Nacional de Edificaciones, la presencia de viviendas en zonas de peligro debido a su ubicación cercanas al cauce del río Cachimayo hace que la población se encuentre en zona de exposición al peligro; estos efectos se plantea mitigar con la instalación del ESTUDIO PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO URUBAMBA – VILCANOTA, CUSCO pudiendo diagnosticar que la zona de estudio presenta condición de PELIGRO ALTO por factores de fácil comprobación, debido a la geomorfología que presenta.

5.15.2.4 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Para continuar con el Análisis de Riesgo del ESTUDIO EN LA CUENCA DEL RÍO URUBAMBA – VILCANOTA, CUSCO, se analiza las condiciones de vulnerabilidad que puede tener el Proyecto, es decir:

- Análisis de la exposición a un peligro determinado, es decir si estaría o está en el área de probable impacto (localización).
- Análisis de la fragilidad con la cual se enfrentaría el probable impacto de un peligro, sobre la base de la identificación de los elementos que podrían afectarse y las causas (formas constructivas o diseño, materiales, tecnología).
- Análisis de la resiliencia, es decir cuáles son las capacidades disponibles para su recuperación (sociales, financieras, productivas, etc.) y qué alternativas existen para continuar brindando los servicios en condiciones mínimas.

Tabla 15

Lista de verificación sobre la generación de vulnerabilidades por exposición, fragilidad o resiliencia en el proyecto

PREGUNTAS	SI NO COMENTARIOS
A. Análisis de Vulnerabilidades por Exposición	
¿La localización escogida para la ubicación del (localización)	
1 Proyecto evita su exposición a peligros?	X
Si la localización prevista para el Proyecto lo expone	
2 a situaciones de peligro, ¿es posible, técnicamente, cambiar la ubicación del Proyecto a una zona menos expuesta?	X
B. Análisis de Vulnerabilidades por Fragilidad (tamaño, tecnología)	
¿La construcción de la infraestructura sigue la	
1 normativa vigente, de acuerdo con el tipo de infraestructura de que se trate? Ejemplo: norma antisísmica.	X
¿Los materiales de construcción consideran las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del Proyecto? Ejemplo: Si se va a utilizar	
2 madera en el Proyecto, ¿se ha considerado el uso de preservantes y selladores para evitar el daño por humedad o lluvias intensas?	X
¿El diseño considerado de las alternativas toma en	
3 cuenta su localización sobre la falla Geológica?	X
¿La decisión de tamaño del Proyecto considera las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del Proyecto? Ejemplo:	
4 ¿La bocatoma ha sido diseñada considerando que hay épocas de abundantes lluvias y por ende de grandes volúmenes de agua?	X

¿La tecnología propuesta para el Proyecto considera las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del Proyecto? Ejemplo:

5 **X**

¿La tecnología de construcción propuesta considera que la zona es propensa a movimientos telúricos por efectos planteados en la Estimación de Riesgo (INDECI)?

¿Las decisiones de fecha de inicio y de ejecución del Proyecto toman en cuenta las características geográficas, climáticas y físicas de la zona de ejecución del Proyecto? Ejemplo: ¿Se ha tomado en cuenta que en la época de lluvias es mucho más difícil construir la carretera, porque se dificulta la operación de la maquinaria?

6 **X**

C. Análisis de Vulnerabilidades por Resiliencia **Si No Comentarios**

En la zona de ejecución del Proyecto, ¿existen mecanismos técnicos (por ejemplo, sistemas alternativos para la provisión del servicio) para hacer frente a la ocurrencia de desastres?

1 **X**

En la zona de ejecución del Proyecto, ¿existen mecanismos financieros (por ejemplo, fondos para atención de emergencias) para hacer frente a los daños ocasionados por la ocurrencia de desastres?

2 **X**

En la zona de ejecución del Proyecto, ¿existen mecanismos organizativos (por ejemplo, planes de contingencia), para hacer frente a los daños ocasionados por la ocurrencia de desastres?

3 **X**

Fuente: Guía Metodológica para la incorporación del Análisis de Riesgo.

Nota: Se obtiene la generación de vulnerabilidades por exposición, fragilidad o resiliencia en el proyecto.

5.15.2.5 GRADO DE VULNERABILIDAD

El objetivo de la Tabla 16 es definir el grado de vulnerabilidad que enfrenta el Proyecto, a través de una valoración de sus condiciones de exposición, fragilidad y resiliencia; el análisis es el siguiente:

Tabla 16

Identificación del grado de vulnerabilidad por factores de exposición, fragilidad y resiliencia

FACTOR DE	VARIABLE	GRADO DE VULNERABILIDAD		
		Bajo	Medio	Alto
Exposición	(A) Localización del Proyecto respecto de la condición de peligro			X
	(B) Características del terreno			X
Fragilidad	(C) Tipo de construcción			X
	(D) Aplicación de normas de construcción			X
Resiliencia	(E) Actividad económica de la zona	X		
	(F) Situación de pobreza de la zona		X	
	(G) Integración institucional de la zona		X	
	(H) Nivel de organización de la población	X		
	(I) Conocimiento sobre ocurrencia de desastres por parte de la población		X	
	(J) Actitud de la población frente a la ocurrencia de desastres	X		
	(K) Existencia de recursos financieros para respuesta ante desastres.			X

Fuente: Guía Metodológica para la incorporación del Análisis de Riesgo.

Nota: Se obtiene el grado de vulnerabilidad por factores de exposición, fragilidad y resiliencia.

Considerando que los resultados de Exposición en la pregunta A y B son ALTOS, se tiene como:

Vulnerabilidad Alta: Si todas las variables de exposición enfrentan Vulnerabilidad Media y por lo menos alguna de las variables de fragilidad o resiliencia presentan Vulnerabilidad Alta (y las demás un grado menor), entonces, el Proyecto enfrenta VULNERABILIDAD ALTA.

5.15.2.6 ESTIMACIÓN DE LOS RIESGOS

Para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los proyectos de inversión bajo el marco del INVIERTE.PE propuesta por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF, 2019); y la Ley 29664; la cual crea el SINAGERD, indica que el riesgo está definido por:

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

- R = Riesgo
- P = Peligro
- V = Vulnerabilidad

5.15.2.7 DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGOS

Del análisis del nivel de peligro se obtuvo que, el proyecto presentó, un nivel de Peligro Alto y un nivel de Vulnerabilidad Alto; en tal sentido para la determinación del nivel de riesgo del proyecto se ha utilizado la matriz de riesgos en la cual se considera del nivel de riesgo en función al nivel de peligro y vulnerabilidad.

Tabla 17

Método simplificado para determinar el nivel de riesgo

PMA	MUY ALTO	ALTA	ALTA	MUY ALTA	MUY ALTA
PA	ALTO	MEDIA	ALTA	ALTA	MUY ALTA
PM	MEDIO	MEDIA	MEDIA	ALTA	ALTA
PB	BAJO	BAJA	MEDIA	MEDIA	ALTA
		BAJA	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
		VB	VM	VA	VMA

Fuente: CENEPRED

Nota: Se muestra una matriz para determinar el nivel de riesgo.

La clasificación del nivel de riesgo contribuirá a evaluar las pérdidas probables que se generarían ante la ocurrencia de

la situación de riesgo y, por tanto, permitirá estimar los beneficios (costos de reconstrucción evitados, beneficios no suspendidos, entre otros) de la incorporación de las medidas de reducción de riesgo (MRRD).

Tabla 18
Niveles de Riesgos

Riesgo Muy Alto
Riesgo Alto
Riesgo Medio
Riesgo Bajo

Fuente: CENEPRED

Nota: Se muestra la clasificación por niveles de riesgo.

De la tabla de escala del nivel de riesgo se ha obtenido que el proyecto se encuentre en un nivel de RIESGO ALTO; por lo que será necesaria la incorporación de medidas de reducción de riesgo de desastres.

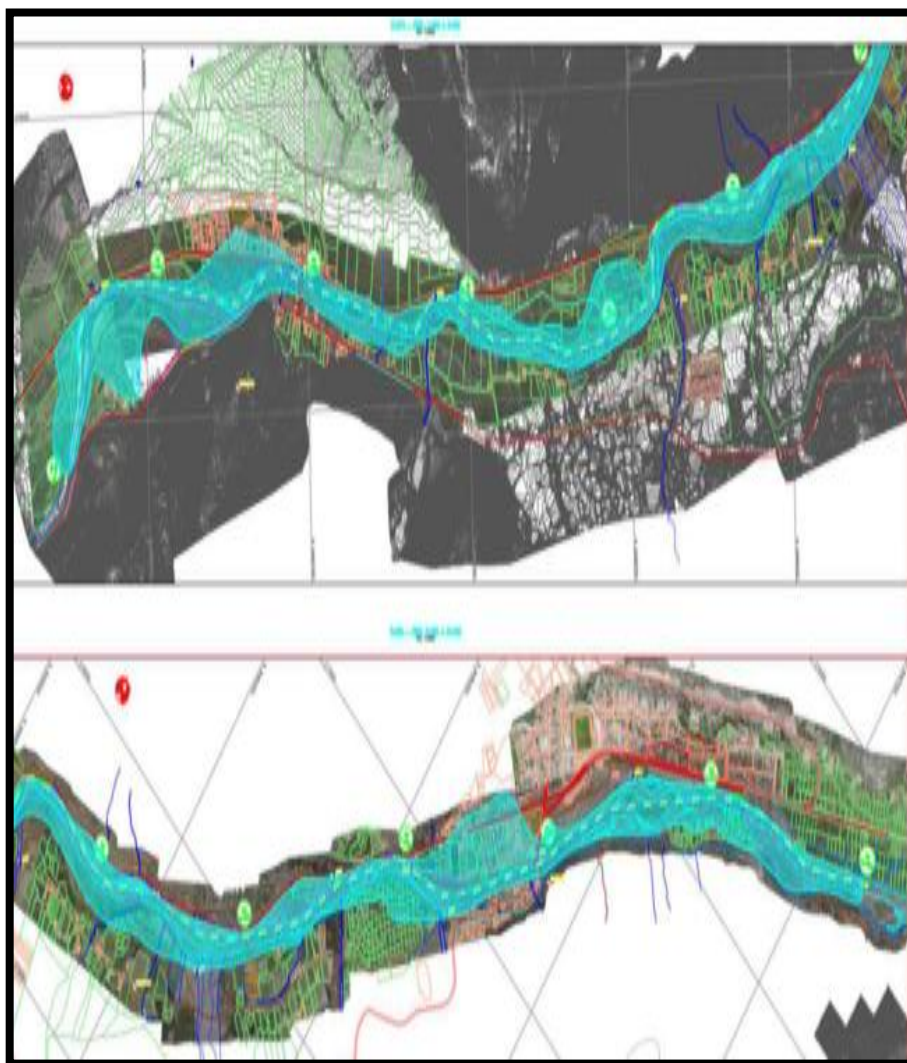
5.16 MODELAMIENTO HIDRÁULICO

5.16.1 MODELACIÓN HIDRÁULICA “SIN PROYECTO”

En el Anexo N.º 03 modelamiento hidráulico “Sin Proyecto”, mostramos los niveles agua alcanzados en el área de estudio.

Se ha determinado 10 áreas afectadas en ambas márgenes del río Vilcanota (tramo de estudio 10 km), siendo la sumatoria de áreas de 65,5814.84 m², como se puede apreciar en la Tabla 10, para mayor detalle se adjunta el plano áreas de Inundación, ubicado en el Anexo N.º 04 Planos y Mapas de este informe.

Figura 35
Mapa de inundación



Nota: Se muestra las áreas inundables en planos.

5.16.2 MODELACIÓN HIDRÁULICA “CON PROYECTO”

La modelación hidráulica con proyecto se basa principalmente en la colocación de diques en diferentes tramos del río cuya finalidad es que no existan desbordes en el río Vilcanota tramo de estudio, los diques serán colocados a una altura mayor a los niveles de agua alcanzados en el modelamiento “Sin proyecto”.

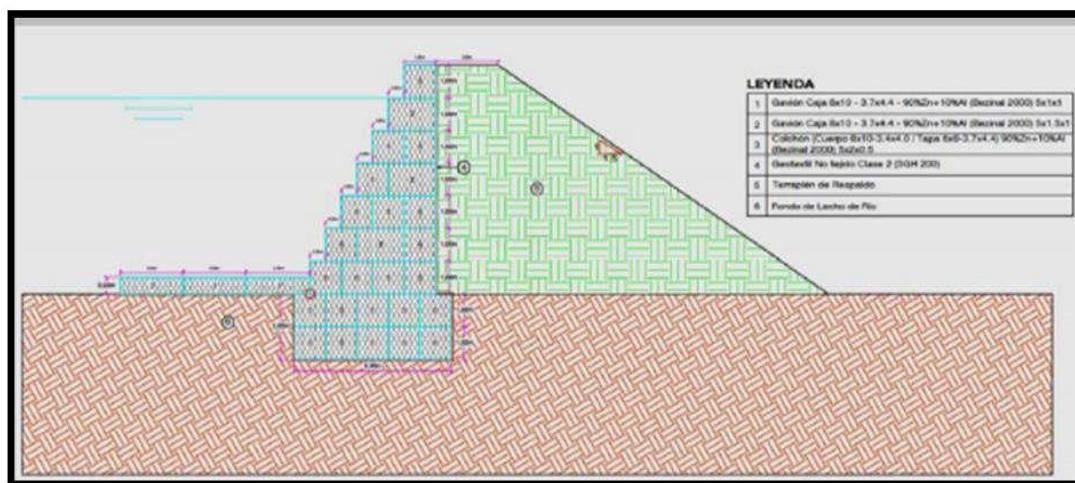
En la Situación “Con Proyecto”, se plantea diques de protección contra las inundaciones, estos diques tendrán una cota superior a los tirantes de agua alcanzados en un Pr de 100 años (850.20 m³/s), en la Figura 23 se puede apreciar el perfil

hidráulico calculado para la situación “con proyecto”, es decir para diseño, la cota de la corona de dique tendrá que ser superior a este nivel.

5.17 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCION

Se ha proyectado la construcción de 10.32 km de defensa ribereña en ambas márgenes del rio Vilcanota revestido con gavión tipo caja, a lo largo de los tramos identificados en la margen derecha e izquierda del rio Vilcanota. En el talud de la superficie húmeda, se colocará como protección sobre el material permeable un geotextil no tejido que tendrá el objeto de mantener los finos y el talud estable, en caso se sature por las lluvias o inundaciones. El geotextil no tejido de poliéster, deberá ser resistente a los rayos ultravioletas, la degradación, entornos biológicos y químicos que se encuentran normalmente en los suelos.

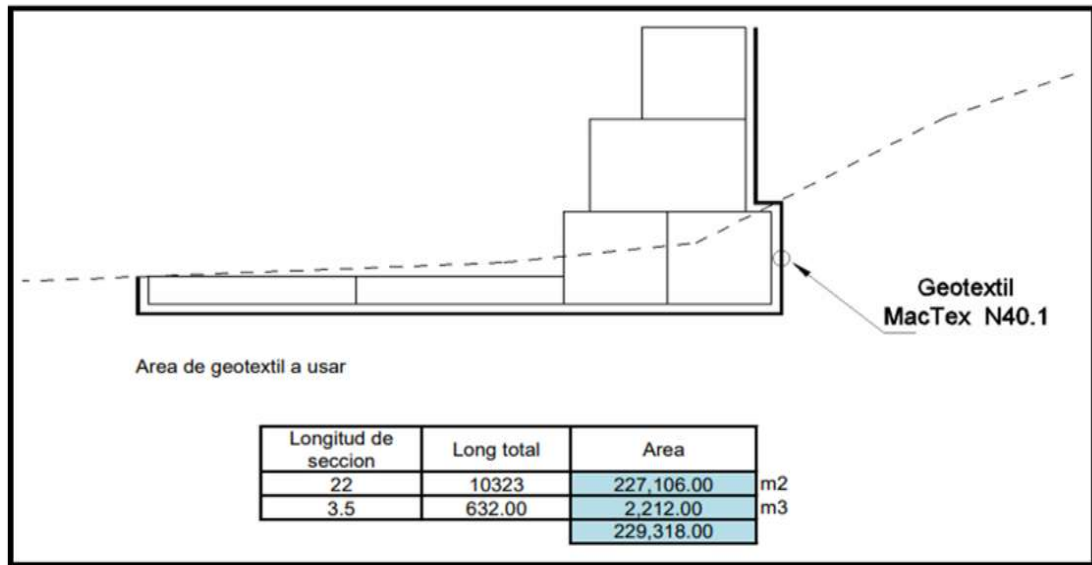
Figura 36
Gavión



Nota: Se muestra la sección del gavión como protección de defensa ribereña.

Figura37

Geo textil no tejido



Nota: Se muestra el reforzamiento con geotextil en la base del gavión.

CONCLUSIONES

1. La construcción de módulos de vivienda sin consideración de especificaciones técnicas del RNE y cerca al cauce del río, así como un crecimiento desordenado sin Planificación urbanística incrementa el peligro y lo convierten en una zona altamente vulnerable ante cualquier efecto de fenómeno natural en forma directa; en el tramo de estudio existe la presencia de Peligro Alto, así como de Vulnerabilidad Alto por la exposición al Peligro de parte de la población de la zona de Estudio ante un desastre generado por algún tipo de fenómenos naturales como inundación, erosión y otros que afectan directamente en temporadas de invierno un sismo e inundación por embalse y se tendría que recurrir a evaluar los costos asociados a la interrupción del servicio por ocurrencia de desastre y ocasionaría un costo económico mucho mayor.
2. De las modelaciones hidráulicas bidimensionales en la situación "Sin Proyecto", existe desbordamiento en la mayoría de los tramos, los tirantes de agua para un periodo de retorno de 100 años (850.20 m³/s), superan los bordes de las riberas del río Vilcanota produciendo espejos de agua y/o inundaciones en los terrenos adyacentes al río y en la situación de modelamiento "Con Proyecto", se desarrolló gaviones de protección contra las inundaciones.
3. El área total de inundación es de 65,5814.84 m² determinado de las simulaciones sin y con proyecto,
4. Producto de ello, este estudio propone la protección de dicho tramo mediante un muro de gavión tipo caja, cuya ubicación del tramo se puede evidenciar en el plano de intervención Anexo N.º 03 Planos y mapas y la ubicación proyectada del eje del dique permite encauzar las aguas del río Vilcanota manteniendo las condiciones hidráulicas del río estables con bajas velocidades de flujo.

RECOMENDACIONES

1. El caudal de máxima avenida recomendado a utilizar está definido para un periodo de retorno mínimo de 100 años, con un riesgo de falla mínimo de la estructura para el proyecto de defensa ribereña del 20%, corresponde al valor de 850.2 m³/s.
2. Se deberá plantear el detalle de los diseños definitivos y ubicación exacta de las infraestructuras considerando, de darse el caso, peligros y vulnerabilidades que no hayan sido detectados. En ese sentido, en caso se determinen riesgos al proyecto producto de peligros y vulnerabilidades no consideradas en el estudio, se deberán incluir y presupuestar las medidas necesarias para reducir tales riesgos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Dolores Garay, D., & Gabriel Agüero, J. N. (2018). *Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón*.
- amargo Osorio, W. C. (2016). *MODELACION HIDROLOGICO-HIDRAULICA DE EVENTOS DE INUNDACION EN EL RIO BOGOTA (SECTOR TOCANZIPIA-CHIA) USANDO HEC-RAS*. COLOMBIA.
- CENEPRED. (2015). *MANUAL Para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales*.
- Economipedia. (2015). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/modelo-matematico.html>
- Economipedia*. (2021).
- García Verde, J. H. (2021). *NIVELES DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN EL CENTRO POBLADO SANTA ROSA DE SHAPAJILLA POR DESBORDE DE LA QUEBRADA "ALIMONIA", TINGO MARÍA 2019*. TINGO MARIA.
- Hernandez Sampieri, R., Fernadez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*.
- iagua. (2018). Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-rio>
- INDECI. (2006).
- INDECI. (2007). *Modelo de Evaluación y Estimación del Riesgo*.
- López Rodríguez, L. (2016). *Procedimiento para la simulación hidráulica a partir de los software*. Cuba: 2017.
- Meza Verastegui, Y. S. (2019). *"Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Tarma en el sector de Santo Domingo- Palca-Tarma"*.
- Montalvo, R. (2014). *Bases de diseño hidráulico para los encauzamientos o canalizaciones de ríos*.

Moya Rico, R. (2018). *MODELACIÓN HIDRÁULICA DE UN CANAL URBANO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ, CASO DE ESTUDIO: CANAL RIO NEGRO*. Bogota: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.

Puelles Maza, J. C. (2015). *ESTUDIO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO DE LA CUENCA ALTO PERÚ Y EL PORVENIR EN EL ASENTAMIENTO HUMANO LAS MERCEDES ALTO PERÚ*.

Ramirez Roger. (2014). *Prezi*. Obtenido de <https://prezi.com/b14wlk8fdz8a/balance-hidrico/>

SENAMHI. (2013). *BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL - CUENCA DEL RÍO CHICAMA*.

Soto Carrasco, J. L. (2017). *MODELAMIENTO HIDRÁULICO Y DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RIO AMOJÚ, LOCALIDAD EL PARRAL – JAÉN*.

Torres Sanchez, J. M. (2017). *Diseño hidráulico y modelamiento en HECRAS del canal de concreto y de obras de arte del Proyecto Carpintero – Tramo Km 0+000 al Km 5+000*. lima.

Vasquez Chavez, L. (2018). *DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS Y SU APLICACIÓN EN EL CAUCE DEL RÍO LA LECHE, DISTRITO DE PACORA – LAMBAYEQUE*.

Vera Ortiz, O. (1994). *Hidrología de superficie*.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Marrujo Cardenas, A. (2023). *Modelamiento hidráulico y planteamiento de alternativas de obras de protección del tramo del río Vilcanota; longitud de 10.0 km aprox. de 1.9 km aguas arriba del puente Mollebamba hasta 2.4 km aguas abajo del puente Urcos-2022* [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

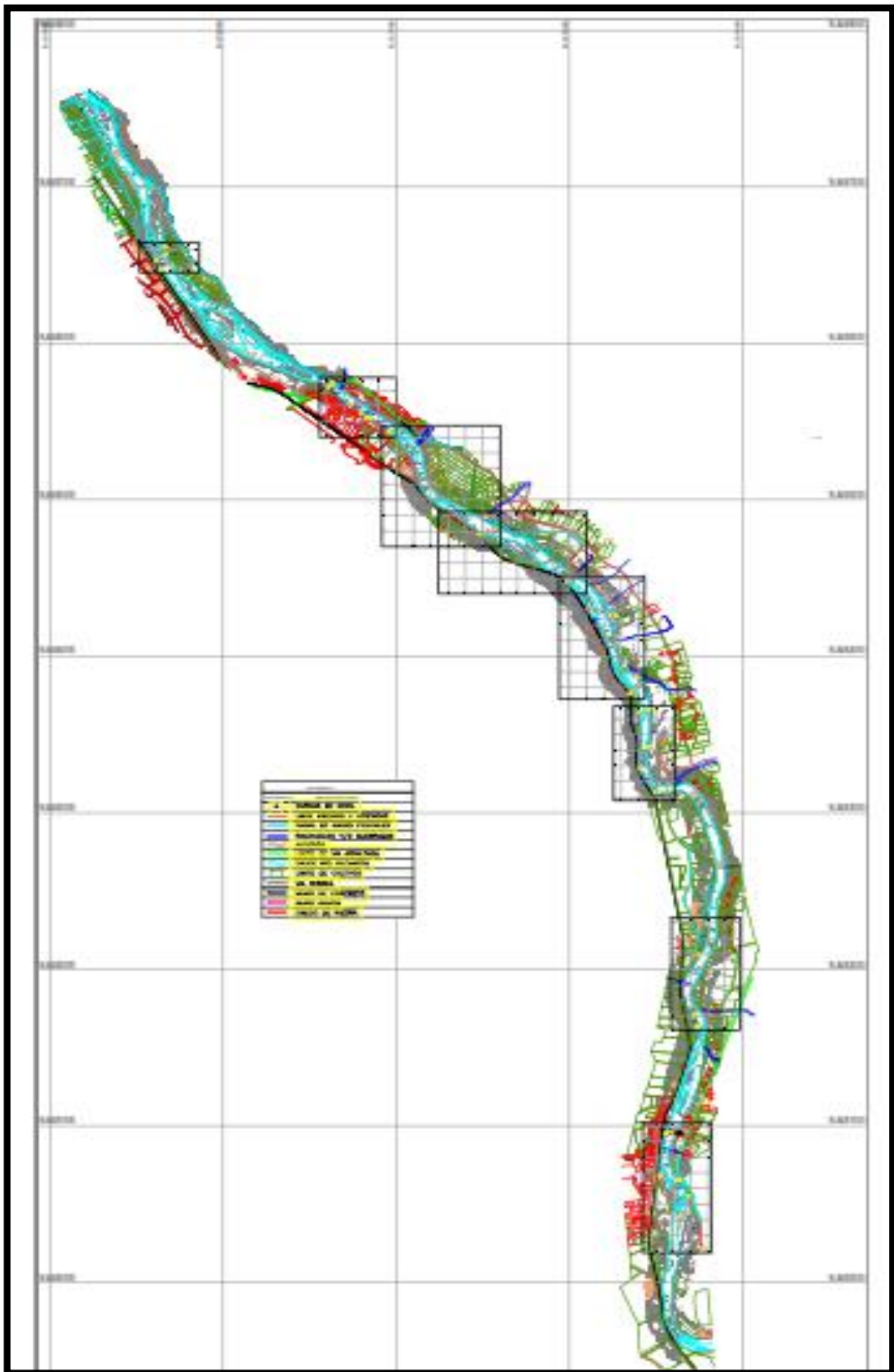
ANEXOS

ANEXOS 1

MATRIZ DE OPERACIONALIDAD

PROBLEMAS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	TIPO
¿Cuál es el nivel de riesgo de inundación en el tramo del río Vilcanota; longitud de 10.00 Km aproximado. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos?	Especificar el nivel de riesgo de inundación para el tramo del río Vilcanota; longitud de 10.0 Km aprox. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos.	Riesgo de Inundación	Investigación aplicada
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE	NIVEL
¿Cuáles son los criterios para realizar un modelamiento numérico hidráulico bidimensional con el software HEC-RAS 2D del tramo del río Vilcanota; longitud de 10.0 Km aprox. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos?	Realizar la modelación hidráulica numérica bidimensional con el software HEC-RAS 2D del tramo del río Vilcanota; longitud de 10.0 Km aprox. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos.	Planteamiento de alternativas de obras de protección	Es de nivel descriptivo porque inicialmente describe la variable principal identificada en el problema y correlacional porque busca relacionar las variables mediante métodos de análisis matemático
¿Cuál es el área de inundación para el tramo del río Vilcanota; longitud de 10.00 Km aprox. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos?	Determinar la superficie inundable del tramo del río Vilcanota; longitud de 10.0 Km aprox. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos.		DISEÑO
¿Cuál es la propuesta del diseño para las alternativas de obras de protección del tramo del río Vilcanota; longitud de 10.0 Km aprox. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos?	Proponer el diseño para las alternativas de obras de protección en el tramo del río Vilcanota; longitud de 10.0 Km aprox. desde el km 1.9 aguas arriba del puente Mollebamba hasta el km 2.4 aguas abajo del puente Urcos		Es un diseño no experimental, porque las variables no tendrán cambio en el desarrollo.

ANEXO 2 MAPAS DE UBICACIÓN



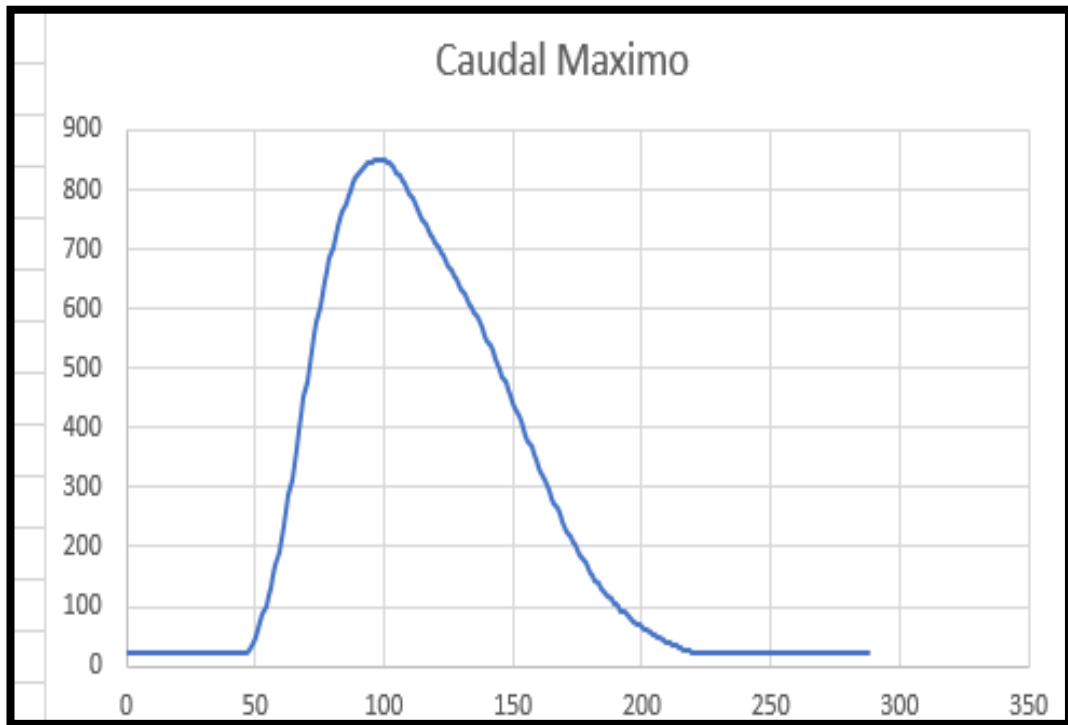
ANEXO 3

RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN (RUGOSIDAD, HIDROLOGÍA, IMÁGENES SATELITALES, PARÁMETROS REOLÓGICOS)

3.1 Inventario de Estructuras Existentes

INFORME DEL INVENTARIO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE - ESPECIALIDAD HIDRAULICA FLUVIAL PARA EL PIP: CREACION DEL SERVICIO DE PROTECCION FRENTE A INUNDACIONES EN EL RIO VILCANOTA, TRAMO MOLLEBAMBA - URCOS, DISTRITO DE URCOS, PROVINCIA DE QUISPICANCHI, REGION CUSCO*														
SIMBOL O	ESTRUCTURA	TIPO	MARGEN DEL RIO VILCANOTA	LONGITUD (m)	CANTIDAD	UBICACIÓN GEOGRAFICA EN COORDENADAS UTM-DATUM: WGS				ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE				%
						INICIO		FINAL		BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	
						NORTE	ESTE	NORTE	ESTE					
E-1	DEFENSA RIBEREÑA	GAVIÓN	Derecha	365.00	1.00	8480207	218784	8480553	218688	X				3.70%
E-2	DEFENSA RIBEREÑA	ENROCADO ACOMODADO	Derecha	112.00	1.00	8480553	218688	8480657	218635	X				3.70%
E-3	DEFENSA RIBEREÑA	ENROCADO ACOMODADO	Izquierda	277.00	1.00	8480679	218523	8480953	218560	X				3.70%
E-4	PUENTE MOLLEBAMBA	ESTRUCTURA	Derecha - Izquierda	76.00	1.00	8480963	218589			X				3.70%
E-5	DEFENSA RIBEREÑA	MURO DE CONCRETO	Izquierda	74.00	1.00	8481637	218741	8481704	218720	X				3.70%
E-6	DEFENSA RIBEREÑA	GAVIÓN	Izquierda	424.00	1.00	8481704	218720	8482093	218749	X				3.70%
E-7	DEFENSA RIBEREÑA	BATERIA DE ESPIGONES	Izquierda	200.00	12.00	8482093	218749	8482291	218798	X				3.70%
E-8	DEFENSA RIBEREÑA	ESPIGÓN	Izquierda	5.00	1.00	8483133	218517			X				3.70%
E-9	DEFENSA RIBEREÑA	GAVIÓN	Izquierda	182.00	1.00	8483131	218497	8483285	218406	X				3.70%
E-10	DEFENSA RIBEREÑA	ENROCADO ACOMODADO	Izquierda	359.00	1.00	8483285	218406	8483644	218400	X				3.70%
E-11	DEFENSA RIBEREÑA	BATERIA DE ESPIGONES	Derecha	240.00	14.00	8483423	218450	8483662	218458				X	3.70%
E-12	DEFENSA RIBEREÑA	ENROCADO ACOMODADO	Izquierda	803.00	1.00	8483762	218353	8484478	217988		X			3.70%
E-13	DEFENSA RIBEREÑA	ROCA AL VOLTEO	Derecha	100.00	1.00	8483867	218390	8483942	218321		X			3.70%
E-14	CAPTACIÓN	TOMA DE AGUA	Derecha	20.00	1.00	8484266	218267			X				3.70%
E-15	CANAL DE RIEGO	RECTANGULAR DE CONCRETO	Derecha	818.00	1.00	8484266	218267	8484892	217514	X				3.70%
E-16	PUENTE CACHIMAYO	ARMADURA	Derecha - Izquierda	66.00	1.00	8485390	219400			X				3.70%
E-17	DEFENSA RIBEREÑA	ROCA AL VOLTEO	Izquierda	668.00	1.00	8484478	217988	8484782	217483			X		3.70%
E-18	DEFENSA RIBEREÑA	ENROCADO ACOMODADO	Izquierda	863.00	1.00	8484782	217483	8485435	216958	X				3.70%
E-19	DEFENSA RIBEREÑA	GAVIÓN	Izquierda	142.00	1.00	8485435	216958	8485525	216840	X				3.70%
E-20	PUENTE	EN CONSTRUCCIÓN	Derecha - Izquierda	66.00	1.00	8485525	216840							
E-21	DEFENSA RIBEREÑA	MURO DE CONCRETO	Izquierda	50.00	1.00	8485525	216840	8485557	216799	X				3.70%
E-22	DEFENSA RIBEREÑA	GAVIÓN	Izquierda	82.00	1.00	8485557	216799	8485606	216733	X				3.70%
E-23	DEFENSA RIBEREÑA	MURO DE CONCRETO	Izquierda	170.00	1.00	8485606	216733	8485720	216603	X				3.70%
E-24	DEFENSA RIBEREÑA	MURO DE CONCRETO	Derecha	25.00	1.00	8485747	216636	8485752	216631	X				3.70%
E-25	PUENTE URCOS	ESTRUCTURA	Derecha - Izquierda	66.00	1.00	8485736	216602			X				3.70%
E-26	DEFENSA RIBEREÑA	GAVIÓN	Izquierda	70.00	1.00	8486471	215643	8486533	215612	X				3.70%
E-27	CAPTACIÓN	TOMA DE AGUA	Derecha	70.00	1.00	8486568	215665			X				3.70%
E-28	DEFENSA RIBEREÑA	GAVIÓN	Derecha	130.00	1.00	8486497	215705	8486618	215665	X				3.70%
														100.00%
	Bueno			85.19%										
	Regular			7.41%										
	Malo			3.70%										
	Muy malo			3.70%										

3.2 Caudal Máximo de Diseño



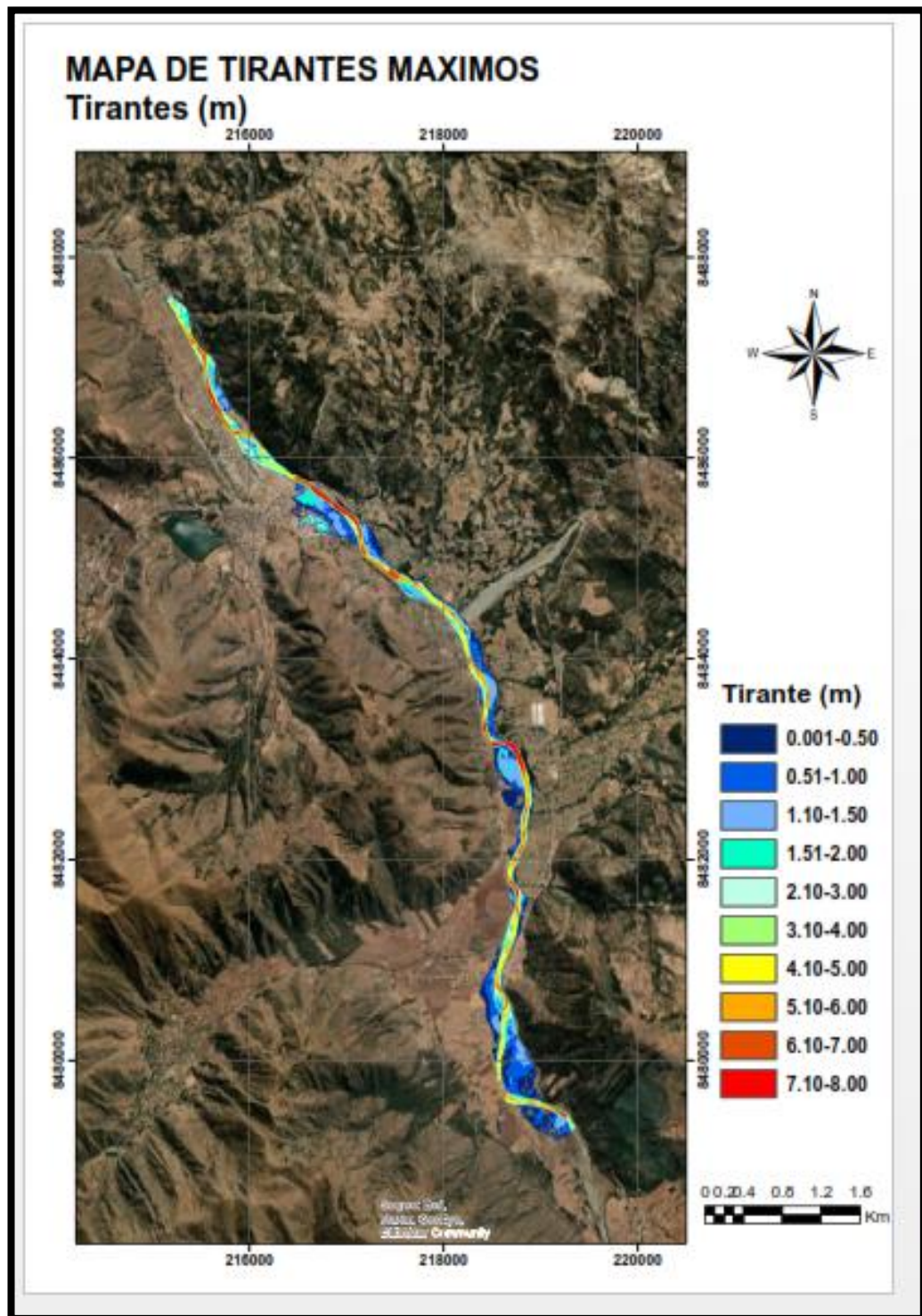
3.3 Ortofo satelital



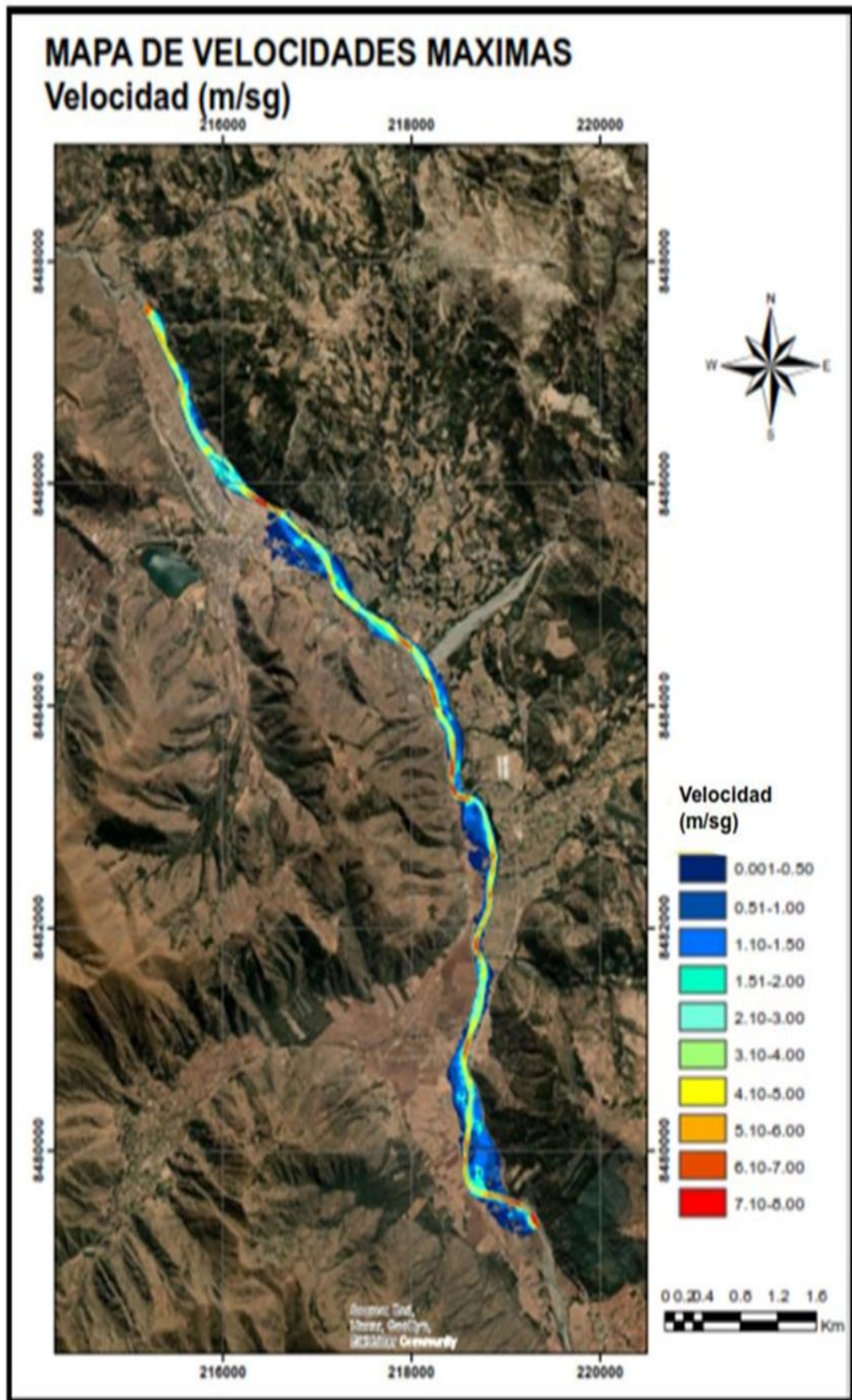
ANEXO 4

MAPAS O PLANOS DE VELOCIDADES, TIRANTES, NIVELES DE AGUA Y ESFUERZO DE CORTE A UNA ESCALA RECOMENDADA Y DE PREFERENCIA LA ESCALA DE COLORES TIPO SEMAFÓRICO

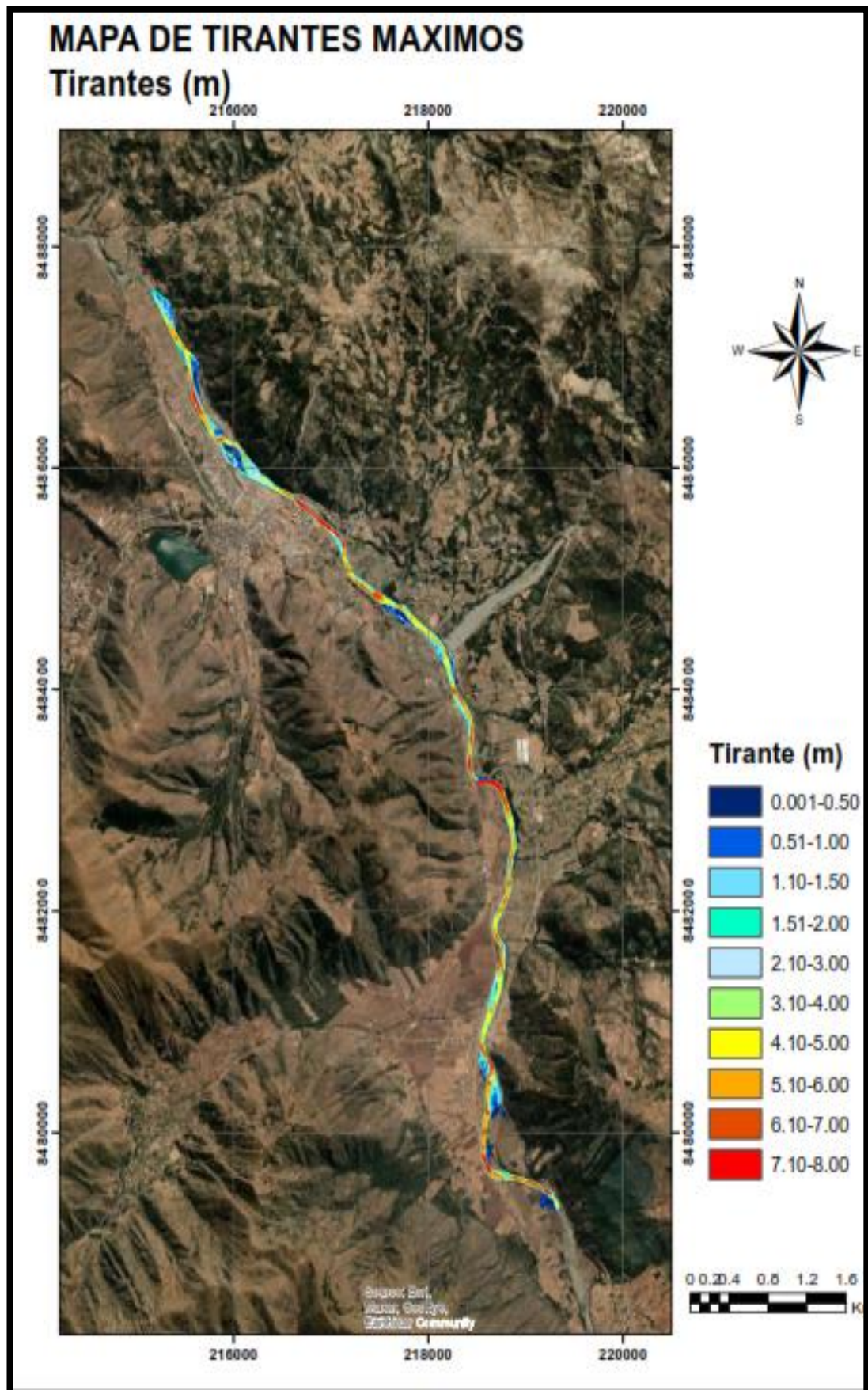
4.1 Tirante sin Proyecto



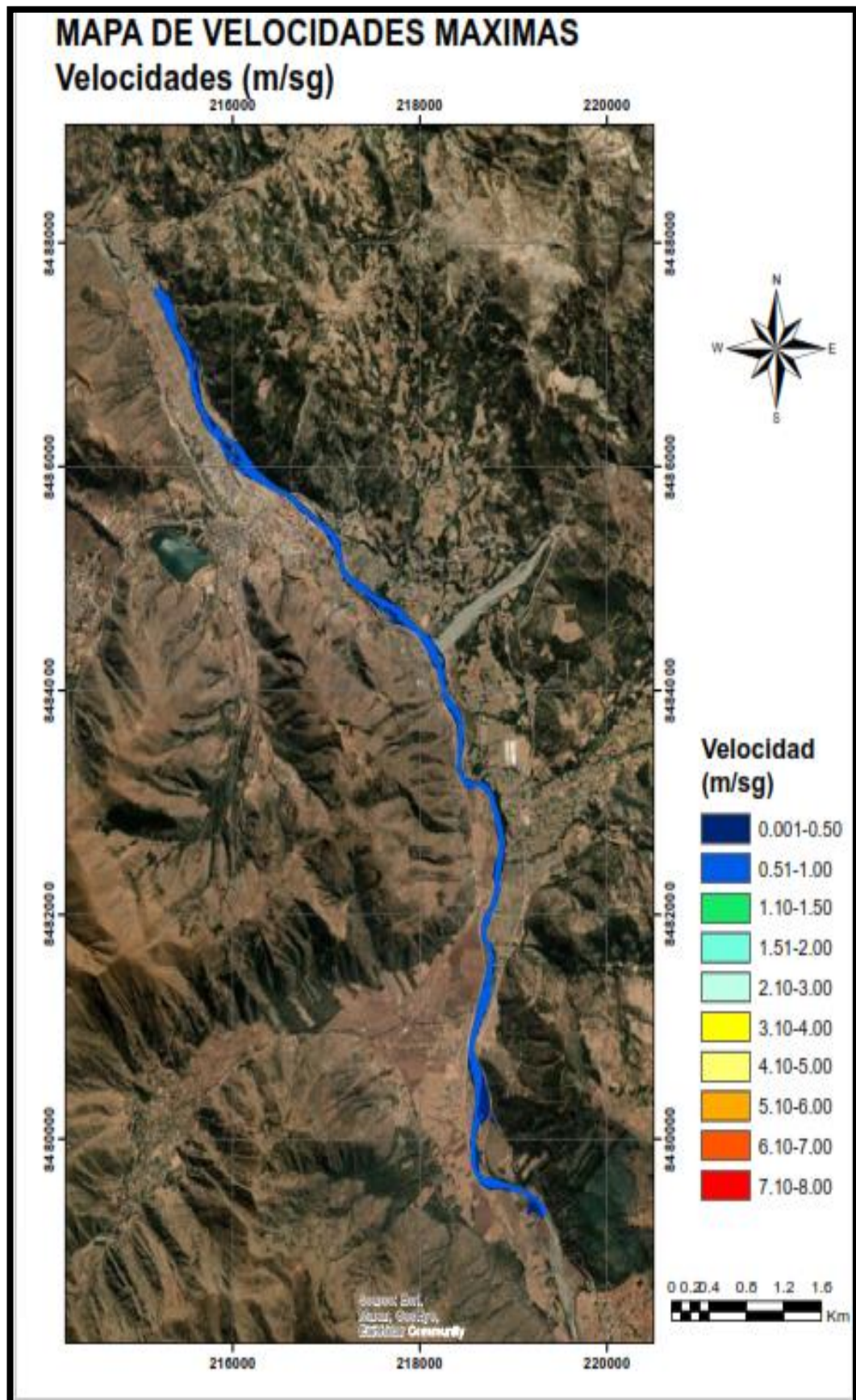
4.2 Velocidad sin Proyecto



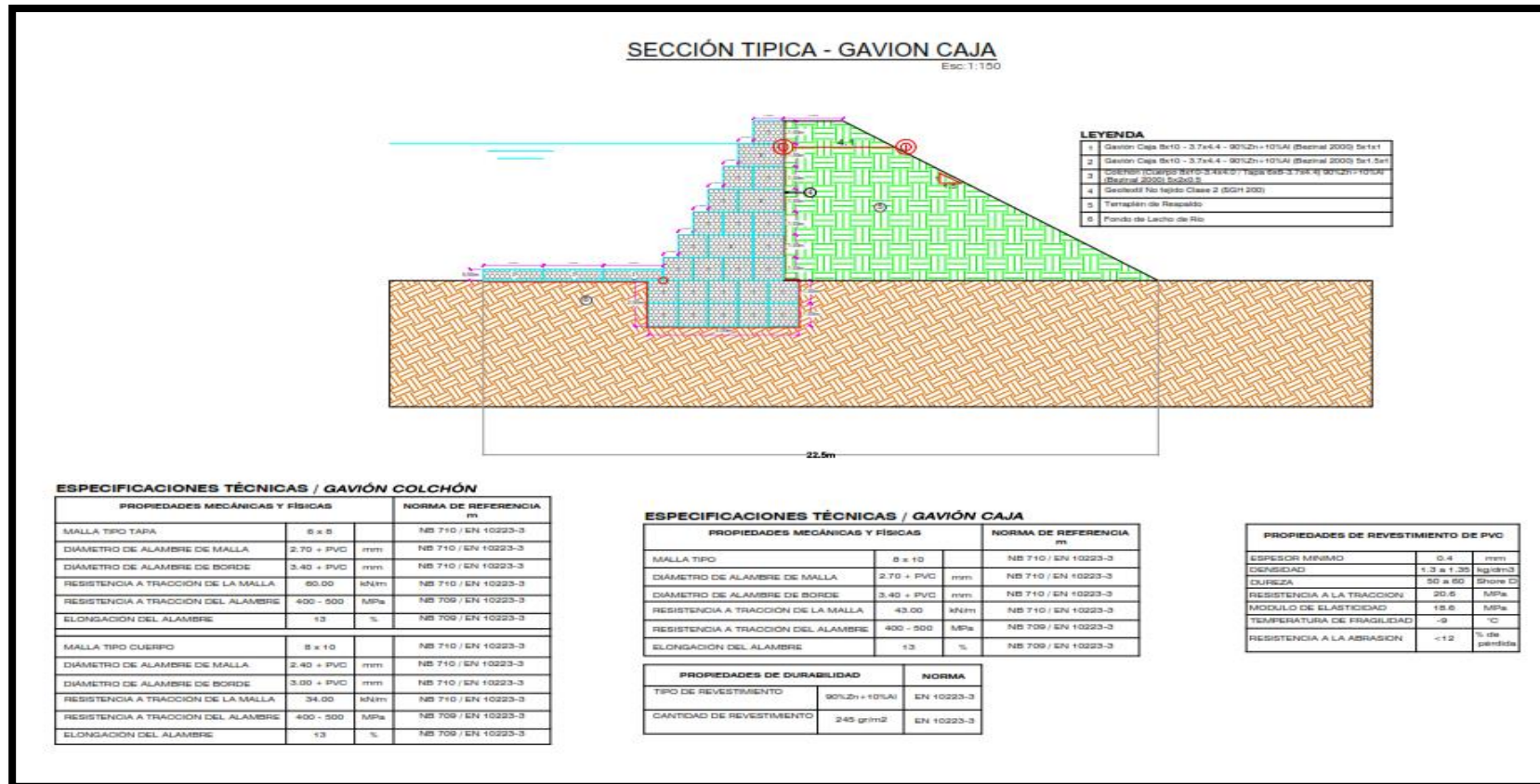
4.3 Tirante con Proyecto



4.4 Velocidad con Proyecto



4.5 Alternativa de solución



ANEXO 5
TRABAJO DE CAMPO



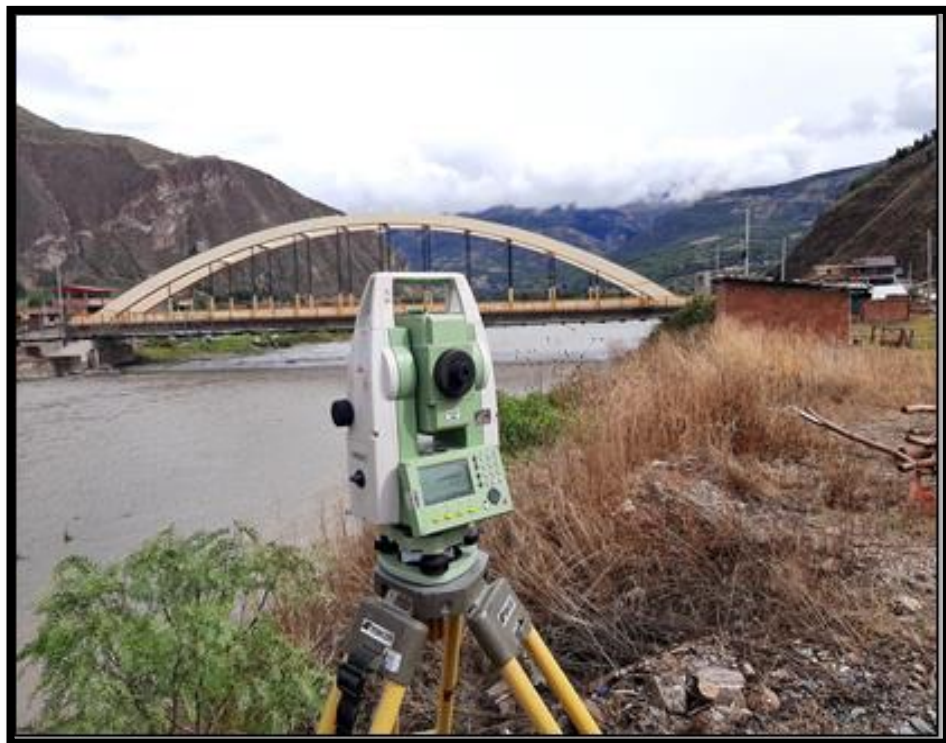
Deterioro de la infraestructura existente.



Espigones a punto de colapsar margen derecha del rio Vilcanota.



Topografía con GPS diferencial y RTK.



Topografía convencional con estación total.



Configuración para inicio de batimetría.



Inicio de la batimetría en el río.



Vista panorámica del río Vilcanota.

ANEXO 6

RESOLUCIONES

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2092-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 15 de setiembre de 2023

Visto, el Oficio N° 1438-2023-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Suficiencia Profesional intitulado: **"MODELAMIENTO HIDRÁULICO Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE OBRAS DE PROTECCION DEL TRAMO DEL RÍO VILCANOTA; LONGITUD DE 10.0 KM APROX. DESDE 1.9 KM AGUAS ARRIBA DEL PUENTE MOLLEBAMBA HASTA 2.4 KM AGUAS ABAJO DEL PUENTE URCOS"**, presentado por el (la) Bach. **Alessandra Antonella MARRUJO CARDENAS**.

CONSIDERANDO:

Que, según mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 1727-2022-D-FI-UDH, de fecha 02 de noviembre de 2022, se designó al jurado revisor que evaluará el Trabajo de Suficiencia Profesional, de la Bach. **Alessandra Antonella MARRUJO CARDENAS**, y;

Que, según Oficio N° 1438-2023-C-PAIC -FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Suficiencia Profesional intitulado: **"MODELAMIENTO HIDRÁULICO Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE OBRAS DE PROTECCION DEL TRAMO DEL RÍO VILCANOTA; LONGITUD DE 10.0 KM APROX. DESDE 1.9 KM AGUAS ARRIBA DEL PUENTE MOLLEBAMBA HASTA 2.4 KM AGUAS ABAJO DEL PUENTE URCOS"**, presentado por el (la) Bach. **Alessandra Antonella MARRUJO CARDENAS**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza (Secretario) e Ing. Jerry Marlon Dávila Martel (Vocal), quienes declaran APTO para la Sustentación de su Trabajo de Suficiencia Profesional, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Único. - APROBAR, el Trabajo de Suficiencia Profesional intitulado: **"MODELAMIENTO HIDRÁULICO Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE OBRAS DE PROTECCION DEL TRAMO DEL RÍO VILCANOTA; LONGITUD DE 10.0 KM APROX. DESDE 1.9 KM AGUAS ARRIBA DEL PUENTE MOLLEBAMBA HASTA 2.4 KM AGUAS ABAJO DEL PUENTE URCOS"**, presentado por el (la) Bach. **Alessandra Antonella MARRUJO CARDENAS** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil del Programa Académico de Ingeniería Civil, de la Universidad de Huánuco.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1565-2021-D-FI-UDH

Huánuco, 23 de Noviembre de 2021

Visto, el Oficio N° 937-2020-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 319913-0000005032, de la Bach. **ALESSANDRA ANTONELLA MARRUJO CARDENAS**, quién solicita Asesor de Trabajo de Suficiencia Profesional, para que lo oriente en la elaboración de dicho Trabajo,

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art. 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 319913-0000005032, presentado por el (la) Bach. **ALESSANDRA ANTONELLA MARRUJO CARDENAS**, quién solicita Asesor de Trabajo de Suficiencia Profesional, para que lo oriente en la elaboración de dicho Trabajo, el mismo que propone al Mg. Luis Geronimo Lira Camargo, como Asesor de Trabajo de Suficiencia Profesional, y;

Que, según lo dispuesto en el Título VI, Art. 59 y 60 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- DESIGNAR, como Asesor de Trabajo de Suficiencia Profesional de la Bach. **ALESSANDRA ANTONELLA MARRUJO CARDENAS**, al Mg. William Paolo Taboada Trujillo, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo.- El candidato tendrá un plazo máximo de 03 meses para presentar el Trabajo de Suficiencia Profesional, contados a partir de la fecha de designación de Docente Asesor. Vencido el plazo fijado, y si el candidato no hubiera podido culminar por motivo de fuerza mayor, debidamente comprobado, podrá solicitar ampliación del plazo, no pudiendo ser mayor de un mes. En caso de no solicitar ampliación del plazo estipulado se considerará en abandono el expediente, pudiendo el interesado reiniciar la gestión de optar por la modalidad de tesis.

Regístrese, comuníquese y archívese



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1727-2022-D-FI-UDH

Huánuco, 02 de setiembre de 2022

Visto, el Of. N° 1094-2021-C-PAIC-FI-UDH y el Exp. N° 333523-0000001287 presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil, quien informa que la Bach. **Alessandra Antonella MARRUJO CARDENAS**, solicita Revisión del Trabajo de Suficiencia Profesional intitulada: **"MODELAMIENTO HIDRÁULICO Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE OBRAS DE PROTECCION DEL TRAMO DEL RÍO VILCANOTA; LONGITUD DE 10.0 KM APROX. DESDE 1.9 KM AGUAS ARRIBA DEL PUENTE MOLLEBAMBA HASTA 2.4 KM AGUAS ABAJO DEL PUENTE URCOS"**.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Art. N° 64 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, es necesaria la revisión del Trabajo de Suficiencia Profesional por la Comisión de Grados y Títulos del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, de la Universidad de Huánuco; y,

Que, para tal efecto es necesario nombrar al jurado Revisor y/o evaluador, compuesta por tres miembros docentes de la Especialidad, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - **NOMBRAR**, al Jurado Revisor que evaluará el Trabajo de Suficiencia Profesional intitulada: **"MODELAMIENTO HIDRÁULICO Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE OBRAS DE PROTECCION DEL TRAMO DEL RÍO VILCANOTA; LONGITUD DE 10.0 KM APROX. DESDE 1.9 KM AGUAS ARRIBA DEL PUENTE MOLLEBAMBA HASTA 2.4 KM AGUAS ABAJO DEL PUENTE URCOS"**, presentado por la Bach. **Alessandra Antonella MARRUJO CARDENAS**, del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, conformado por los siguientes docentes:

- | | |
|------------------------------------|------------|
| ➤ Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas | PRESIDENTE |
| ➤ Mg. Yelen Lisseth Trujillo Ariza | SECRETARIO |
| ➤ Ing. Jerry Marlon Dávila Martel | VOCAL |

Artículo Segundo. - Los miembros del Jurado Revisor tienen un plazo de siete (07) días hábiles como máximo, para emitir el informe y opinión acerca del Trabajo de Suficiencia Profesional.

REGISTRESE, COMUNIQUESE Y ARCHIVASE.



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Jhonny Monzoza Lazado
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Rencho Campos Ríos
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA