

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA



TESIS

**“IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO
HIDRÁULICO DEL RÍO CHONTA EN EL TRAMO HUAYRAPONGO –
URBANIZACIÓN CONDOMINIO EL SAUSALITO”**

**TESIS PARA OPTAR:
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO HIDRÁULICO**

**PRESENTADO POR:
RAMIREZ HUAMÁN EDINSON JHOAN**

**ASESOR:
Dr. LUIS LEÓN CHAVEZ**

**CAJAMARCA - PERÚ
2018**

DEDICATORIA

A mi madre, Georgina Huamán Ramirez.

A mi hermano, Gustavo Iván Ramirez Huamán.

A mis tíos, Walter Huamán Ramirez, Alejandro Huamán Ramirez, Carmen Huamán Ramirez.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los docentes del Departamento de Recursos Hídricos, y docentes en general de la E.A.P. de Ingeniería Hidráulica.

Expreso mi agradecimiento a amigos y compañeros que me brindaron su apoyo y el trabajo conjunto para sacar adelante nuestros proyectos.

Agradezco sinceramente a mi familia.

A la Universidad Nacional de Cajamarca por brindarme la oportunidad de cursar una carrera profesional.

A mi asesor el Dr. Luis Andrés León Chávez, por brindarme su orientación y colaboración desinteresada durante la elaboración del presente proyecto.

A mi querida esposa Gloria Isabel Alfaro Pérez por brindarme su apoyo incondicional.

A los que no he mencionado por alguna omisión involuntaria, gracias por creer en mí.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	CONTEXTO	1
1.2.	PROBLEMA	1
1.3.	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.4.	ALCANCES	2
1.5.	OBJETIVOS.....	2
	OBJETIVO GENERAL	2
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
II.	MARCO TEÓRICO	3
2.1.	ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVETIGACIÓN.....	3
2.2.	BASES TEORICAS	3
a)	ÁREA DE ESTUDIO.....	3
b)	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	4
c)	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	4
d)	MORFOLOGÍA FLUVIAL	7
e)	FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	13
f)	Determinación de la ecuación de Imáx mediante soft ware Hidroesta 2.0.	15
g)	APLICACIÓN DEL MÉTODO RACIONAL PARA DETERMINAR CAUDALES MAXIMOS	19
h)	MODELO HIDRÁULICO	20
i)	MODELO IBER.....	27
j)	DEFENSAS RIBEREÑAS	36
k)	INUNDACIÓN	37
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	38
3.2.	MATERIALES	40
a)	Información cartográfica y topográfica	40
b)	Trabajo de Campo	40
c)	Trabajo de gabinete	40
d)	Equipos	40
e)	SOFTWARE	41
3.3.	PROCEDIMINETO	41
a)	CARACTERIZACIÓN DEL RÍO CHONTA.....	41
b)	MODELAMIENTO HIDROLÓGICO	42

c) MODELAMIENTO HIDRÁULICO	44
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1. CARACTERIZACION DEL RÍO CHONTA.....	48
a) Geometría Hidráulica del Río Chonta	48
b) Clasificación del río Chonta	48
4.2. MODELAMIENTO HIDRÓLOGICO	49
a) Caudales máximos obtenidos de la cuenca del río Chonta por el Método racional ..	54
4.3. MODELAMIENTO HIDRÁULICO	55
a) Generación - proceso Iber	55
b) Modelamiento - Simulación hidráulica del área en estudio mediante Software Iber	58
V. CONCLUSIONES Y RECOMEN DACIONES	69
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	71
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
VII. ANEXO	74
ANEXO N° 01: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	74
ANEXO N° 02: PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS Y OTROS DE LA CUENCA	88
ANEXO N° 03: CAUDAL MÁXIMO	94
ANEXO N° 04: PLANO ZONA DE ESTUDIO	107
ANEXO N° 05: PLANOS DE AREAS DE PELIGROSIDAD	110
ANEXO N° 06: PLANOS DE AREAS INUNDADAS	114

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: HERRAMIENTAS Y DESCRIPCIONES DEL PROGRAMA ARCGIS UTILIZADOS EN HIDROLOGÍA	6
TABLA N° 2: CLASIFICACIÓN DE PARTÍCULAS DE ACUERDO A LA AMERICAN GEOPHYSICAL UNION (A.G.U.) (ESCALA DE WEMT WORTH)	13
TABLA N° 3: EJEMPLO DE ORDENAMIENTO DE DATOS EN EL SOFT WARE HIDROESTA 2	16
TABLA N° 4: PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS MÁS IMPORTANTES DE UNA CUENCA.	17
TABLA N° 5: FÓRMULAS PARA EL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	19
TABLA N° 6: COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA MÉTODO RACIONAL. (TABLA OBTENIDA DEL MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)	20
TABLA N° 7: TIPOS DE ONDAS PRESENTES EN FLUJO NO PERMANENTE EN CANALES.	27
TABLA N° 8: FRICCIÓN DE PARED. KS ES LA ALTURA DE RUGOSIDAD DE LA PARED	30
TABLA N° 9: VALORES DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING	32
TABLA N° 10: VALORES PARA EL CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD MEDIANTE LA ECUACIÓN (45).....	33
TABLA N° 11: VALORES MÁX. RECOMENDADOS DE RIESGO ADMISIBLE DE OBRAS DE DRENAJE	37
TABLA N° 12: VALORES MÁX. RECOMENDADOS DE RIESGO ADMISIBLE DE OBRAS DE DRENAJE	48
TABLA N°13: PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LA CUENCA EN ESTUDIO (RÍO CHONTA).....	50
TABLA N°14: INTENSIDADES MÁXIMAS TRANSFERIDAS A LA CUENCA EN ESTUDIO (RÍO CHONTA).....	51
TABLA N°15: INTENSIDADES MÁXIMAS TRANSFERIDAS A LA CUENCA EN ESTUDIO (RÍO CHONTA).....	52
TABLA N°16: INTENSIDADES MÁXIMAS TRANSFERIDAS A LA CUENCA EN ESTUDIO (RÍO CHONTA).....	53
TABLA N°17: CAUDALES MÁXIMOS GENERADO POR EL MÉTODO RACIONAL – CUENCA RÍO CHONTA	54
TABLA N°18: RUGOSIDAD “N” DE MANNING DE LAS ÁREAS INUNDABLES	56
TABLA N°19: CASOS PROBABILÍSTICOS A SIMULAR CON EL PROGRAMA IBER.....	58
TABLA N°20: ÁREAS INUNDABLES CON DIFERENTES CASOS PROBABILÍSTICOS	69
TABLA N°21: ESCENARIOS MODELADOS HIDROLÓGICAMENTE DE ACUERDO AL MANUAL DE HIDROLOGÍA HIDRÁULICA Y DRENAJE DEL MTC.....	70
TABLA N°22: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL TRAMO ESTUDIADO.	74
TABLA N°23: PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LA CUENCA EN ESTUDIO (RÍO CHONTA).....	88
TABLA N°24: CÁLCULO DE LA ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA EN ESTUDIO	88
TABLA N°25: INTENSIDADES MÁXIMAS - ESTACIÓN A. WEBERBAUER - CAJAMARCA 1973 – 2015	94
TABLA N°26: INTENSIDADES MÁXIMAS ORDENADAS (MM/H)	95
TABLA N°27: PROBABILIDADES OBSERVADAS Y SIMULADAS DE LA PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE.....	96

TABLA N°28: DIFERENCIAS ABSOLUTAS ENTRE PROBABILIDADES SIMULADAS Y OBSERVADAS EN LA PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE.	97
TABLA N°29: PARA VARIOS VALORES DE N Y NIVELES DE SIGNIFICACIÓN A(TOMADO DE YEVJEVICH 1972)	98
TABLA N°30: SIMULACIÓN DE INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN MEDIANTE EL MODELO GUMBEL, ESTACIÓN WEBERBAUER (ALTITUD 2536 MSNM), MICROCUENCA RÍO MASHCÓN.....	99
TABLA N°31: COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA DE LA CUENCA DEL RÍO CHONTA.....	106

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS	5
FIGURA N° 2: COMPARACIÓN DE LAS RELACIONES DE FORMA O ANCHURA RELATIVAS DE UN RÍO GRANDE Y UNO PEQUEÑO.....	7
FIGURA N° 3: FORMAS DE SECCIÓN TRANSVERSAL CON MATERIAL GRUESO (1), MEDIO (2) Y FINO (3) SI SE CONSERVAN IGUALES LAS RESTANTES CONDICIONES	8
FIGURA N° 4: CONCEPTO DE CAUDAL DOMINANTE.....	8
FIGURA N° 5: CONCEPTO DE CAUDAL DOMINANTE CON RELACIÓN AL CAUDAL Y A LA TENSIÓN TANGENCIAL T.	9
FIGURA N° 6: CLASIFICACIÓN DE RÍOS SEGÚN LA PENDIENTE.....	10
FIGURA N° 7: CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LOS RÍOS	11
FIGURA N° 8: CLASIFICACIÓN DE LOS RÍOS POR SUS GRADOS DE LIBERTAD	12
FIGURA N° 9: DIFERENTES TIPOS DE FLUJO EN CANALES ABIERTOS. F.G.V. = FLUJO GRADUALMENTE VARIADO. F.R.V. = FLUJO RÁPIDAMENTE VARIADO.	23
FIGURA N° 10: REPRESENTACIÓN SIMPLIFICADA DE LA ENERGÍA EN FLUJO NO PERMANENTE.	25
FIGURA N° 11: IMAGEN SATELITAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	38
FIGURA N° 12: EQUIPOS NECESARIOS PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS	40
FIGURA N° 13: TRAMO HUA YRAPONGO - URBANIZACIÓN CONDOMINIO EL SAUSALITO	41
FIGURA N° 14: RÍO CHONTA TRAMO CUENCA BAJA (N°1 Y N°3) Y ALTA (N°2 Y N°4)	42
FIGURA N° 15: PRE- PROCESO IBER	45
FIGURA N° 16: PROCESO O CÁLCULO IBER	47
FIGURA N° 17: MATERIAL DEL LECHO DEL RÍO – TRAMO ESTUDIADO	49
FIGURA N°18: MATERIAL DE LAS MÁRGENES SUSCEPTIBLES A SER MOVIDO Y TRANSPORTADO POR LA CORRIENTE.....	49
FIGURA N° 19: CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA DE DISEÑO PARA UNA DURACIÓN Y PERIODO DE RETORNO DADO, MEDIANTE EL PROGRAMA HIDROESTA 2.0.	51
FIGURA N° 20: CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA DE DISEÑO PARA UNA DURACIÓN Y PERIODO DE RETORNO DADO, MEDIANTE EL PROGRAMA HIDROESTA 2.0.	52
FIGURA N° 21: CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA DE DISEÑO PARA UNA DURACIÓN Y PERIODO DE RETORNO DADO, MEDIANTE EL PROGRAMA HIDROESTA 2.0.	53
FIGURA N° 22: CREACIÓN E IMPORTACIÓN DE GEOMETRÍA	55
FIGURA N° 23: RUGOSIDADES MANNING	56
FIGURA N° 24: RESULTADOS MALLA NO ESTRUCTURADA	57
FIGURA N° 25: ASIGNACIÓN DE ELEVACIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO	57
FIGURA N° 26: PRIMER EVENTO PROBABILÍSTICO - CALADOS MÁXIMOS	58
FIGURA N° 27: PRIMER EVENTO PROBABILÍSTICO – NUMERO DE FROUDE.....	59
FIGURA N° 28: PRIMER EVENTO PROBABILÍSTICO – CAUDAL ESPECÍFICO	59
FIGURA N° 29: PRIMER EVENTO PROBABILÍSTICO – VELOCIDADES MÁX. Y MÍN.....	60
FIGURA N° 30: PRIMER EVENTO PROBABILÍSTICO – ÁREA PELIGROSIDAD.....	60
FIGURA N° 31: PRIMER EVENTO PROBABILÍSTICO – ÁREAS INUNDADAS.....	61
FIGURA N° 32: SEGUNDO EVENTO PROBABILÍSTICO - CALADOS MÁXIMOS	62

FIGURA N° 33: SEGUNDO EVENTO PROBABILÍSTICO – NUMERO DE FROUDE.....	62
FIGURA N° 34: SEGUNDO EVENTO PROBABILÍSTICO – CAUDAL ESPECÍFICO	63
FIGURA N° 35: SEGUNDO EVENTO PROBABILÍSTICO – VELOCIDADES MÁX Y MÍN	63
FIGURA N° 36: SEGUNDO EVENTO PROBABILÍSTICO – ÁREA PELIGROSIDAD.....	64
FIGURA N° 37: SEGUNDO EVENTO PROBABILÍSTICO – ÁREAS INUNDADAS	64
FIGURA N° 38: TERCER EVENTO PROBABILÍSTICO - CALADOS MÁXIMOS	65
FIGURA N° 39: TERCER EVENTO PROBABILÍSTICO – NUMERO DE FROUDE.....	66
FIGURA N° 40: TERCER EVENTO PROBABILÍSTICO – CAUDAL ESPECÍFICO.....	66
FIGURA N° 41: TERCER EVENTO PROBABILÍSTICO – VELOCIDADES MÁX Y MÍN.....	67
FIGURA N° 42: TERCER EVENTO PROBABILÍSTICO – ÁREA PELIGROSIDAD.....	67
FIGURA N° 43: TERCER EVENTO PROBABILÍSTICO – ÁREAS INUNDADAS	68
FIGURA N° 44: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL TRAMO ESTUDIADO	83
FIGURA N° 45: DEFENSAS RIBEREÑAS DEL TRAMO ESTUDIADO	84
FIGURA N° 46: PARTE BAJA DE LA URBANIZACIÓN CONDOMINIO EL SAUSALITO ALEDAÑO A LA MARGEN DERECHA DEL RÍO CHONTA	85
FIGURA N° 47: SECTOR GANADERO DEL TRAMO EN ESTUDIO IDENTIFICADO COMO ZONA DE EXPANSIÓN URBANA	86
FIGURA N° 48: SECTOR DEL TRAMO EN ESTUDIO DEL RÍO CHONTA	87
FIGURA N° 49: CURVA HIPSOMÉTRICA & FRECUENCIA DE ALTITUDES	89

RESUMEN

El objetivo de la tesis es identificar las áreas inundables mediante modelamiento Hidráulico del río Chonta en el Tramo Huayrapongo – Urbanización Condominio el Sausalito. Se recopiló información cartográfica y topográfica de la cuenca baja del río Chonta y se caracterizó el tramo del río en estudio siendo este un río maduro, recto, gravoso, de pendiente baja, y que tiene tres grados de libertad. También se modeló hidrológicamente empezando por la caracterización geomorfológica de la cuenca del río Chonta teniendo como punto de concentración de la cuenca las coordenadas E: 0779674 y N: 9206439, obteniendo un área de 344.677 Km² y una altura media de la cuenca de 3512.51 msnm, luego se transfirió las intensidades máximas a la altura media de la cuenca, después se simuló caudales máximos de acuerdo al periodo de diseño del modelamiento hidráulico y el riesgo de falla (5%,15% y 25%), mediante el método Racional. Se estableció tres escenarios posibles con caudales del orden de 515.32 m³/sg, 459.20 m³/sg y 433.75 m³/s. El tramo estudiado del río Chonta se modeló hidráulicamente a través del programa Iber, obteniendo las áreas inundables y el grado de peligrosidad de las mismas. Del modelamiento hidráulico se concluyó que una de las principales causas de la inundación es la falta de defensas ribereñas (gaviones) especialmente en la margen derecha.

Palabras claves: inundación, modelamiento hidráulico, inundación, Urbanización Condominio el Sausalito.

ABSTRACT

The objective of the thesis is to identify the flood areas through Hydraulic modeling of the Chonta River in the Huayrapongo Section - Sausalito Condominium Complex. Map and topographic information was collected from the lower Chonta River basin and the stretch of the river in study was characterized. river mature, straight, heavy, low slope, and has three degrees of freedom. It was also modeled hydrologically beginning with the geomorphological characterization of the Chonta river basin, with the coordinates of E: 0779674 and N: 9206439 as the focal point of the basin, obtaining an area of 344,677 km² and an average height of the basin of 3512.51 meters above sea level, then the maximum intensities were transferred to the mean height of the basin, then maximum flows were simulated according to the hydraulic modeling design period and the risk of failure (5%, 15% and 25%), by means of the Rational method. Three possible scenarios were established with flow rates in the order of 515.32 m³ / sg, 459.20 m³ / sg and 433.75 m³ / s. The studied section of the Chonta River was modeled hydraulically through the Iber program, obtaining the flood areas and the degree of danger of them. From hydraulic modeling, it was concluded that one of the main causes of flooding is the lack of riparian defenses (gabions), especially on the right bank.

Keywords: flood, hydraulic modeling, flooding, Urbanization Condominio el Sausalito.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. CONTEXTO

Los ríos, con sus cauces y riberas, son ecosistemas sujetos tanto a los cambios derivados de su propia dinámica natural como también, de manera muy importante, a aprovechamientos por parte del hombre. Sin embargo, la función primordial de un río es evacuar el agua que precipita en la cuenca. Así, las redes fluviales son los sistemas de drenaje natural en las cuencas hidrográficas. El gran motor de la dinámica fluvial son las crecidas. Un río sin crecidas es un río muerto. He aquí la importancia de los embalses y defensas rivereñas, son precisamente las crecidas fluviales los mecanismos que tiene el río para limpiar periódicamente su propio cauce, cauce que sirve para transportar agua, sedimentos y seres vivos, y con su propia morfología, diseñada por sí mismo.

Por su parte, al generarse crecidas se genera inundaciones y es pues las inundaciones el riesgo natural más frecuente en las regiones mediterráneas y uno de los que provoca mayores pérdidas económicas. En casos extremos, las inundaciones pueden afectar las actividades agrarias, industriales y comerciales, el medio urbanizado en general y las infraestructuras y servicios públicos en particular; en el Perú han ocurrido desastres extremos, tal es el caso del fenómeno del niño del 1997 y 1998, donde los damnificados fueron en el departamento de Piura, con 120 mil damnificados; seguido de La Libertad con 72,306 damnificados; Lambayeque con 71,756 damnificados, y el más reciente que fue "el niño costero" ocurridos en los meses de Diciembre de 2016 a Marzo de 2017, dejando un saldo de 85 decesos, 270 heridos y 20 desaparecidos, además de alrededor de 800,000 personas entre damnificadas y afectadas (INDECI, 2016).

Cabe mencionar que el departamento de Cajamarca no es ajeno a dichos fenómenos pluviométricos pues ha sufrido graves estragos, esto es producto de la precariedad de nuestros sistemas de drenaje tanto fluviales como pluviales, así como la falta de defensas ribereñas en especial en zonas urbanas donde existe mayor vulnerabilidad por desborde de ríos. Frente a ello se tomó la iniciativa de dar un aporte a esta problemática, que es el de identificar zonas vulnerables a estos fenómenos específicamente en el Distrito de Baños del Inca, donde se tiene un alto riesgo de inundación en la cuenca baja del río Chonta en el tramo Huayrapongo – Urbanización condominio el Sausalito.

1.2. PROBLEMA

¿Cuáles son las áreas inundables en la cuenca baja del río Chonta, Tramo Huayrapongo – Urb. Condominio el Sausalito del Distrito de los Baños del Inca, frente a fenómenos pluviométricos extraordinarios?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Últimamente en el Distrito de los Baños del Inca la expansión demográfica va en aumento, y las zonas pobladas se acentúan en diversos lugares, mas no se concentran en un solo punto, a ello no es ajeno La Urbanización condominio el Sausalito que en estos últimos años se está acentuando y/o lotizando de manera no prudencial junto a las márgenes del río, es por ello que se pretende generar un principio de prevención para eventos extraordinarios de caudales de máximas avenidas para la Municipalidad Distrital de Los Baños del Inca, al momento de generar lotizaciones y/o caracterizarlas debido a que la zona de estudio denominada como zona de expansión urbana, es proclive a dichos eventos.

1.4. ALCANCES

La zona en estudio Tramo “Huayrapongo -Urbanización condómino el Sausalito”, denominado por parte de la Municipalidad Distrital de Los Baños del Inca como área de expansión Urbana, se encuentra propenso a procesos de inundaciones por efecto de máximas avenidas por parte del río Chonta, por tal motivo el objetivo del trabajo es determinar las áreas inundables, para ello se ha transferido las intensidades máximas de la cuenca del río Mashcón de la Estación Augusto Weber Bauer, a la atura media de la cuenca del rio Chonta, generando así caudales de máximas avenidas, modeladas mediante el software Iber.

1.5. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Identificar áreas inundables mediante modelamiento hidráulico del río Chonta, tramo Huayrapongo – Urbanización Condominio el Sausalito.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar y procesar información cartográfica y topográfica de la cuenca baja del río Chonta en el tramo Huayrapongo – condominio el sausalito.
- Caracterizar el río Chonta en el tramo Huayrapongo – Urb. Condominio el Sausalito.
- Recopilar y procesar información hidrológica (intensidades máximas de precipitación).
- Realizar el modelamiento hidrológico y simulación de máximos caudales.
- Realizar el modelamiento hidráulico de las áreas inundables con diversos grados de certeza.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

En el año 2014 se ha desarrollado la tesis de grado “Construcción del viaducto del proyecto: Mejoramiento del servicio de transitabilidad peatonal y vehicular de los Baños del Inca a Urb. Hurtado Miller, Distrito de los Baños del Inca – Cajamarca - Cajamarca” a cargo de la Bachiller Llanos Pérez Claudia Erika de la Universidad Nacional de Cajamarca, en dicha tesis se diseñó un viaducto carrozable para lo cual, se caracterizó geomorfológicamente la cuenca del río Chonta y se calculó un caudal máximo de 233.34 m³/s para un periodo de retorno de 50 años y una intensidad de diseño de 9.92 mm/h, para un punto de aforo cercano al área de estudio.

En el año 2014 se ha desarrollado de tesis de grado “Construcción del viaducto de proyecto creación del servicio de transitabilidad en el tramo Huayrapongo – Sta. Victoria – Iscoconga, Distrito de los Baños del Inca, Cajamarca – Cajamarca” a cargo del Bachiller Gutierrez Peregrino Ángel Homero de la Universidad Nacional de Cajamarca, en dicha tesis se calcula el caudal en las crecientes máximas extraordinarias con el fin de analizar y diseñar un Viaducto, el caudal de diseño con punto de aforo cercano al área de estudio de la presente tesis fue de 339 m³/s para un periodo de retorno de 25 años y una intensidad de diseño de 10.63 mm/h.

En el año 2018 se ha desarrollado de tesis de grado “Identificación de áreas inundables mediante modelamiento hidráulico del río Chonta tramo de la Alameda la Chonta Distrito de Los Baños del Inca” a cargo del Bachiller Kevin Joel Villena Idrogo, de la Universidad Nacional de Cajamarca, en dicha tesis se calcula las áreas inundables en la zona urbana del Distrito de los Baños del Inca, mediante modelamiento Hidráulico del río Chonta en el tramo que atraviesa la Alameda la Chonta, el puente Chonta y el Puente Atahualpa en presencia de fenómenos pluviométricos extraordinarios, y para ello se estableció tres escenarios posibles:

Caudal máximo (m³/s)	Imax (mm/hr)	Tiempo de Retorno (años)
369.62	9.513	87.4
387.64	9.977	139.5
396.53	10.205	174.3

Teniendo como punto de concentración de aforo de la cuenca en el Puente Atahualpa.

2.2. BASES TEORICAS

a) ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la zona geográfica que da contexto al problema en estudio. El criterio para su delimitación dependerá de las características propias del proyecto, pudiendo quedar definida por límites geopolíticos o geográficos, por la organización territorial, por la

configuración territorial, entre otros. (<http://proyectos.ingenotas.com/2010/12/identificacion-de-area-de-estudio-y.html>)

b) LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

Los levantamientos topográficos se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre. En un levantamiento topográfico se toman los datos necesarios para la representación gráfica o elaboración del mapa del área en estudio (L. Casanova, 2002)

➤ **Levantamiento topográfico con estación total**

Una de las grandes ventajas de levantamiento con estación total es que la toma y registro de datos es automático, eliminando los errores de lectura, anotación, transcripción y cálculo; ya que con estas estaciones la toma de datos es automática (en forma digital) y los cálculos de coordenadas se realizan por medio de programas de computación incorporados a dichas estaciones. (L. Casanova, 2002)

c) SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

En general, un Sistema de Información (SI) consiste en la unión de información en formato digital y herramientas informáticas (programas). Un SIG es un caso particular de SI en el que la información aparece georreferenciada es decir incluye su posición en el espacio utilizando un sistema de coordenadas estandarizado resultado de una proyección cartográfica generalmente UTM. (F. Alonso, 2013)

➤ **Sistemas de coordenadas**

Disponiendo de un modelo preciso para definir la forma de la Tierra, podemos establecer ya un sistema de codificar cada una de las posiciones sobre su superficie y asignar a estas las correspondientes coordenadas. Puesto que la superficie de referencia que consideramos es un elipsoide, lo más lógico es recurrir a los elementos de la geometría esférica y utilizar estos para definir el sistema de referencia. De ellos derivan los conceptos de latitud y longitud, empleados para establecer las coordenadas geográficas de un punto. (V. Olaya, 2014)

➤ **Coordenadas geográficas**

El sistema de coordenadas natural de un esferoide, y por tanto de un datum, es el de coordenadas angulares (latitud y longitud) que suele denominarse de **coordenadas geográficas** Para definir latitud y longitud, debemos identificar el eje de rotación terrestre. El plano perpendicular al eje de rotación que corta la Tierra atravesándola por su centro define el Ecuador en su intersección con el esferoide. El resto de las líneas de intersección con la superficie terrestre de los infinitos planos perpendiculares al eje de rotación definen los diferentes paralelos o líneas de latitud constante. Finalmente, los meridianos pueden definirse como las líneas de intersección con la superficie terrestre de los infinitos planos que contienen al eje de rotación. Paralelos y meridianos se cruzan siempre en ángulo recto. (F. Alonso, 2013)

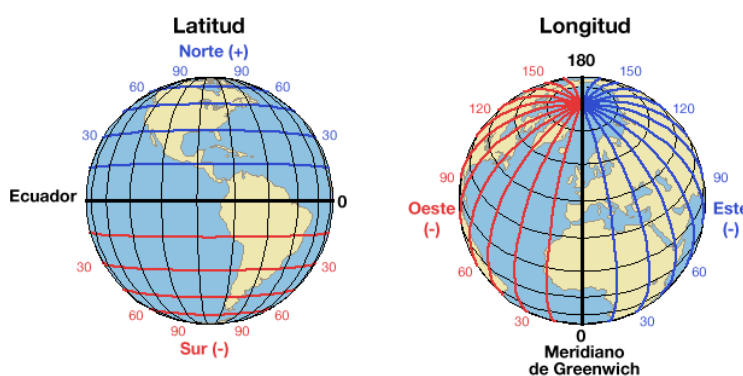
✓ **Longitud**

Es la distancia angular entre el meridiano de un lugar y el de Greenwich, se expresa en grados, minutos y segundos de arco y se mide de 0 a 180° hacia el Este o hacia el Oeste desde el meridiano de Greenwich. (F. Alonso, 2013)

✓ **Latitud**

Es la distancia angular entre el paralelo de un lugar y el Ecuador, se expresa en las mismas unidades que la longitud y se mide de 0 a 90° hacia el Norte o el Sur. En ocasiones la latitud y longitud se expresan en grados y décimas de grado en lugar de en grados, minutos y segundos. (F. Alonso, 2013)

Figura N° 1: Sistema de coordenadas geográficas



➤ **Proyecciones**

El proceso de transformar las coordenadas geográficas del esferoide en coordenadas planas para representar una parte de la superficie del elipsoide en dos dimensiones se conoce como proyección y es el campo de estudio tradicional de la ciencia cartográfica. La aparición de los SIG y la posibilidad de combinar información de diferentes mapas con diferentes proyecciones ha añadido la relevancia de la cartografía más allá de la confección de mapas. (F. Alonso, 2013)

✓ **Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM)**

La proyección UTM es una de las más conocidas y utilizadas. Se trata de una proyección cilíndrica transversa. La Tierra se divide en 60 husos, con una anchura de 6 grados de longitud, empezando desde el meridiano de Greenwich. Se define un huso como las posiciones geográficas que ocupan todos los puntos comprendidos entre dos meridianos. (F. Alonso, 2013).

➤ **Programas de Sistemas de Informaciones Geográficas**

Desde el punto de vista de los programas, los Sistemas de Información Geográfica se han desarrollado a partir de la unión de diversos tipos de aplicaciones informáticas: la cartografía automática tradicional, los sistemas de gestión de bases de datos, las herramientas de análisis digital de imágenes, los sistemas de ayuda a la toma de decisiones y las técnicas de modelización física. (F. Alonso, 2013)

✓ Software ArcGIS

Vista general del conjunto de herramientas de Hidrología

- Las herramientas de Hidrología se utilizan para modelar el flujo de agua a través de una superficie, y para generar datos de hidrología es imprescindible saber relacionar el ArcGis y un DEM (Digital Elevation Model), que es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno basados en celdas, estos datos se utilizan como entrada para cuantificar las características de la superficie del suelo. Un DEM es una representación de ráster de una superficie continua, que en general hace referencia a la superficie de la tierra. La precisión de estos datos se determina principalmente por la resolución (la distancia entre los puntos de muestra). Otros factores que afectan la precisión son el tipo de datos y el muestreo real de la superficie cuando se crea el DEM original. Las herramientas en ArcGuis para datos de Hidrología se pueden aplicar de forma individual o utilizar en secuencia para crear una red de corrientes o delinear cuencas hidrográficas. (<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/an-overview-of-the-hydrology-tools.htm>).

Tabla N° 1: Herramientas y descripciones del programa ArcGis Utilizados en Hidrología

HERRAMIENTA	DESCRIPCIÓN
Cuenca	Crea un ráster que delinea todas las cuencas de drenaje.
Relleno	Rellena sumideros en un ráster de superficie para quitar pequeñas imperfecciones en los datos.
Acumulación de flujo	Crea un ráster de flujo acumulado para cada celda. Opcionalmente, puede aplicar un factor de peso.
Dirección del flujo	Crea un ráster de dirección de flujo desde cada celda hasta su vecina con la pendiente descendente más empinada.
Longitud de flujo	Calcula la distancia aguas arriba o aguas abajo o la distancia ponderada a lo largo de la ruta de flujo para cada celda.
Sumidero	Crea un ráster que identifica todos los sumideros o áreas de drenaje interno.
Alinear punto de fluidez	Alinea los puntos de fluidez a la celda de acumulación de flujo más alta dentro de una distancia específica.
Vínculo de arroyo	Asigna valores únicos a secciones de una red lineal de ráster entre intersecciones.
Clasificación de arroyos	Asigna un orden numérico a los segmentos de un ráster que representan las ramas de una red lineal.
De transmisión a entidad	Convierte un ráster que representa una red lineal a entidades que representan la red lineal.
Cuenca hidrográfica	Determina el área de contribución por sobre un conjunto de celdas de un ráster.

(Fuente: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/an-overview-of-the-hydrology-tools.htm>)

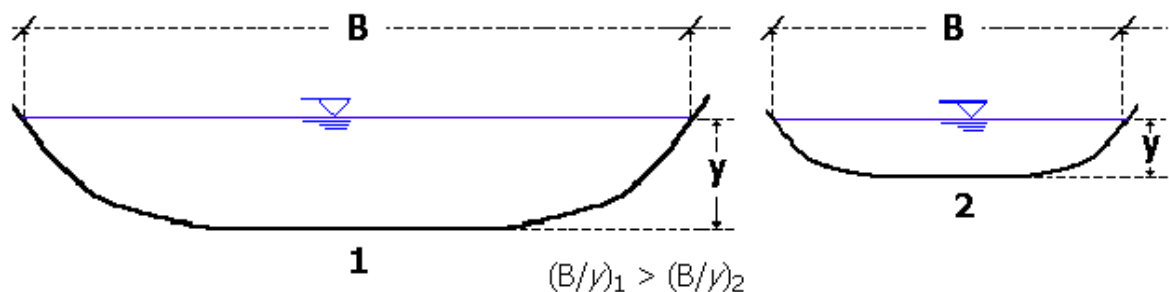
d) MORFOLOGÍA FLUVIAL

La morfología de los ríos estudia la estructura y forma de los ríos, incluyendo la configuración del cauce en planta, la geometría de las secciones transversales, la forma del fondo y las características del perfil (J. Álvarez, 1995).

➤ Geometría hidráulica de un río

Examinando las dimensiones de las secciones transversales de los ríos se ha encontrado que la anchura B es proporcional a la raíz cuadrada del caudal ($B \leftrightarrow Q^{0.5}$), es decir, que un río cuatro veces más caudaloso que otro tendrá una anchura aproximadamente doble. Un hecho claro en el movimiento del agua en lámina libre es que la velocidad media es mayor cuanto mayor es el tamaño de la sección, más concretamente cuanto mayor es su dimensión vertical, profundidad, tirante o calado “ y ”. Como el producto “ $B \cdot y \cdot v$ ” es el caudal “ Q ” y como “ $B \leftrightarrow Q^{0.5}$ ”, se desprende que el calado “ y ” crecerá con el caudal más suavemente que la anchura “ B ”, al igual que la velocidad. Por lo tanto, el cociente “ B/y ”, llamado relación de forma de la sección, crecerá, aunque suavemente con el caudal. Es decir, un río más caudaloso da un cauce más ancho y profundo, pero es aún más ancho, proporcionalmente a su profundidad, que un río menos caudaloso (J. Vide, 2002).

Figura N° 2: Comparación de las relaciones de forma o anchura relativas de un río grande y uno pequeño.



Fuente: J. Vide, 2002

Otra relación empírica indica que el cociente “ B/y ” es mayor cuanto menor es el contenido de material fino en el cauce, es decir, con material más grueso se tienen cauces más anchos (Fig. N°03). El mismo efecto de aumentar “ B/y ” ocurre cuanto mayor es el transporte sólido del río (el tamaño del material aluvial y el caudal de dicho material transportado tienen el mismo efecto morfológico en la sección transversal). Otra consecuencia observada del aumento del transporte de sólido es la disminución de la sinuosidad, es decir el cauce se hace más recto. (J. Vide, 2002).

Figura N° 3: Formas de sección transversal con material grueso (1), medio (2) y fino (3) si se conservan iguales las restantes condiciones

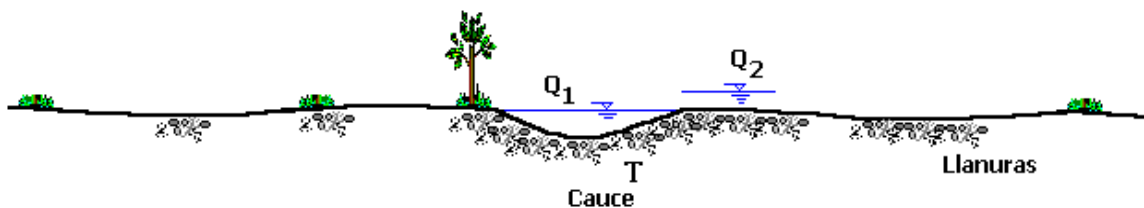


Fuente: J. Vide, 2002

➤ **Caudal dominante**

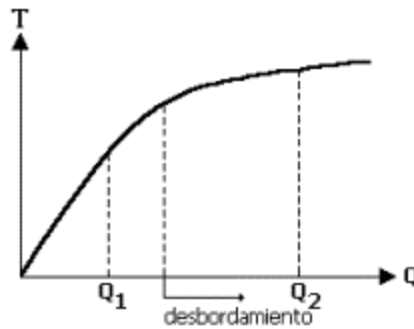
Al hablar de caudal dominante, surge la pregunta ¿qué caudal del río debe utilizarse para su análisis? La respuesta es, que debido a que el caudal de un río es siempre variable, debe emplearse el caudal que da lugar a la geometría hidráulica que se estudia. Esto significa reconocer que la geometría es consecuencia del caudal y más concretamente que si una geometría es permanente se debe a que ciertos caudales, por su magnitud, por su frecuencia o por una combinación de ambas cosas, se convierten en los caudales determinantes. Esta noción tiene un referente claro en geomorfología fluvial, ya que muchos ríos tienen un cauce, lecho, madre, álveo diferenciado, más o menos hondo y limitado por unas orillas que lo separan de las llanuras de inundación. (G. Uribe, 2002).

Figura N° 4: Concepto de caudal dominante.



El río se desborda de su cauce en periodos de inundación que ocurren periódicamente, y este caudal que llena a rebosar el cauce, es especialmente importante porque es el responsable principal de la forma y dimensiones del mismo. Esto es así porque mientras el agua está contenida en el cauce, circula con cierta velocidad, en tanto que cuando se desborda levemente, el incremento de caudal inunda las llanuras adyacentes y deposita sedimento en ellas, pero no cambia sustancialmente el flujo en el cauce central. El caudal que llena el cauce principal desarrolla la mayor o más importante acción modeladora sobre el cauce (G. Uribe, 2002).

Figura N° 5: Concepto de caudal dominante con relación al caudal y a la tensión tangencial T.



➤ Clasificación de los Ríos

Para facilitar el estudio de la morfología fluvial se suelen clasificar los ríos desde numerosos puntos de vista, lo cual permite ubicar fácilmente a cualquier cauce para determinar sus principales características. Debe tenerse en cuenta que en la naturaleza es posible encontrar situaciones intermedias a las que serán definidas en esta clasificación. (J. Álvarez, 1995).

✓ Según la Edad

Ríos jóvenes: se encuentran en cauces de montaña, tienen pendientes altas y sección transversal tipo "V". Son muy irregulares y generalmente se encuentran en un proceso de degradación. (S. Jimenes, 2016).

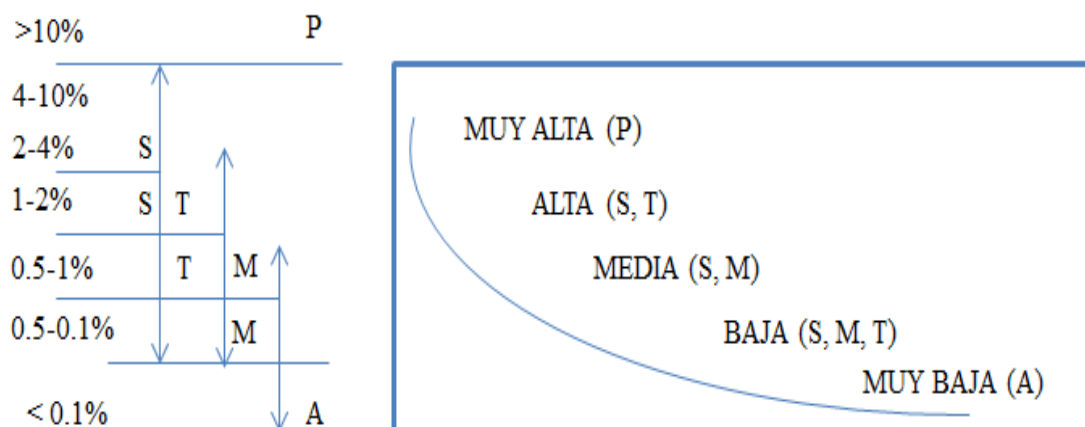
Ríos maduros: se presentan en valles amplios y tienen pendientes relativamente bajas, la erosión de las márgenes ha reemplazado a la erosión de fondo. Estos ríos son estables y la sección transversal de cada tramo es capaz de transportar la carga de sedimento en todo su recorrido. (S. Jimenes, 2016).

Ríos viejos: se encuentran en valles amplios y planicies cuyo ancho es 15 a 20 veces mayor que el ancho de meandros. Las pendientes son muy bajas y forman depósitos naturales de sedimentos en las márgenes. Frecuentemente se encuentran zonas de pantanos y/o lagos con formas de herradura que son restos de meandros abandonados que fueron cortados en forma natural. (S. Jimenes, 2016).

✓ Según la pendiente

La pendiente de un río establece la diferencia más importante en cuanto al régimen hidráulico. Entre el 0.5% y el 1.5%, son generalmente la pendiente habitual de los ríos, siendo mayor en los tramos de montaña y menor en los valles situados cerca de la desembocadura. Cuando la pendiente del río es superior al 1.5 % se habla de ríos torrenciales, mientras que si la pendiente es mayor del 6% se habla de torrentes. En los torrentes, debido a la gran cantidad de sedimentos transportados, el flujo tiene un comportamiento no newtoniano. (J. Alvarez, 1995).

Figura N° 6: Clasificación de ríos según la pendiente



✓ Según el tipo de fondo

Según el material de lecho y cauce los ríos pueden clasificarse en ríos con lechos aluviales, de grava o de arena, o ríos con lecho rocoso o ríos encajados.

- Los ríos de lecho aluvial, ya sean de gravas o arenas, se caracterizan por poseer elevadas tasas de transporte de sedimentos y presentar evoluciones morfológicas rápidas (semanas, años). (J. Alvarez, 1995).
- En los ríos sobre lechos rocosos el transporte de sedimentos es muy reducido y su evolución morfológica es mucho más lenta (decenas años, siglos) debido a la dureza del material de su cauce. (J. Alvarez, 1995).

✓ Según la forma en planta

- Ríos rectos

En la naturaleza prácticamente no existen ríos rectos. Se les suele considerar como un estado transitorio al meándrico. En inglés a los ríos rectos se les llama "straight rivers". (A. Rocha, 1998).

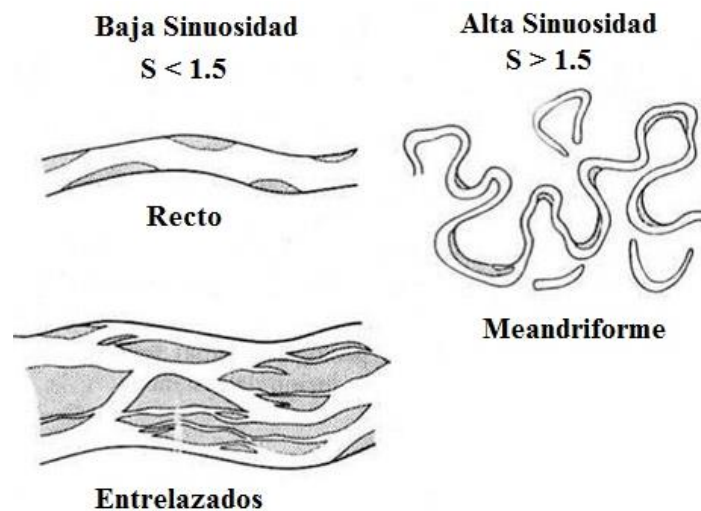
- Ríos entrelazados

Los ríos entrelazados tienen varios canales secundarios (brazos) que se comunican entre sí y que forman bancos (islas transitorias) entre ellos. Se ha dicho que son "multicanalizados". Estos canales se separan y vuelven a unirse. Este tipo de ríos tiene un curso divagante, literalmente "entrelazado". Los ríos entrelazados son marcadamente inestables y de comportamiento altamente impredecible. Pueden tener grandes cantidades de sólidos de fondo que excedan la Capacidad de Transporte de la corriente. El exceso de sólidos sedimenta y se forman islas transitorias y bancos inestables (A. Rocha, 1998).

- Ríos meándricos

La tendencia a formar meandros es característica de los ríos aluviales. Es por eso que se dice que son serpenteantes. Es decir que tienen una tendencia natural a no seguir un curso rectilíneo, lo que constituye una expresión de su inestabilidad. En inglés a este tipo de ríos se les llama “meandering rivers”. La aparición de meandros significa necesariamente un aumento del recorrido fluvial lo que implica una disminución de la pendiente y de la velocidad media de la corriente (A. Rocha, 1998).




Figura N° 7: Clasificación Morfológica de los Ríos



✓ Según grados de libertad

- **Un grado de libertad:** Cuando al variar el gasto en un cauce o canal sólo varía el tirante, se dice que existe un grado de libertad. Esto ocurre si el fondo, las paredes y la pendiente no cambian al variar el gasto; por ejemplo, un canal revestido. Cuando se tiene un grado de libertad no existe transporte de sedimentos. (J. Álvarez, 1995).
- **Dos grados de libertad:** Cuando sólo pueden variar el tirante y la pendiente, se dice que el cauce tiene dos grados de libertad. Esto puede ocurrir cuando las márgenes son muy resistentes pero el fondo no. (J. Álvarez, 1995).
- **Tres grados de libertad:** Si además del tirante y la pendiente, también pueden alterarse las márgenes y ajustarse al ancho, se dice que el cauce tiene tres grados de libertad. (J. Álvarez, 1995).

Figura N° 8: Clasificación de los Ríos por sus grados de libertad

	<p>Río con un grado de libertad, cambio del tirante.</p>
	<p>Río con dos grados de libertad, pendiente, tirante.</p>
	<p>Río con tres grados de libertad, pendiente, tirante y ancho.</p>

✓ **Tamaño y forma del material**

Existen diferentes clasificaciones para identificar a una partícula de tamaño determinado. En el Tabla N° 02 se presenta la perteneciente a la American Geophysical Union (A.G.U.), confeccionada en base al diámetro. El tamaño de los cantos rodados y guijarros se puede medir directamente. El de las gravas y arenas se mide mediante mallas, y el de limos y arcillas se determina por medio de sedimentación o con microscopio. (A. Rocha, 1998)

Tabla N° 2: Clasificación de partículas de acuerdo a la American Geophysical Union (A.G.U.)
(Escala de Wentworth)

1. Cantos rodados (250 – 4000 mm)	Muy grandes.	4000 – 2000 mm
	Grandes.	2000 – 1000 mm
	Medianos.	1000 – 500 mm
	Pequeños.	500 – 250 mm
2. Gujarros (64 – 250 mm)	Grandes.	250 – 125 mm
	Pequeños.	125 – 64 mm
3. Gravas (2 – 64 mm)	Muy Gruesa.	64 – 32 mm
	Gruesa.	32 – 16 mm
	Media.	16- 8 mm
	Fina.	8 – 4 mm
	Muy fina.	4 – 2 mm
4. Arenas (0.062 – 2 mm)	Muy gruesa.	2 – 1 mm
	Gruesa	1 – 0.5 mm
	Media	0.5 – 0.25 mm
	Fina	0.25 – 0.125 mm
	Muy fina	0.125 – 0.062 mm
5. Limos ✓ (4 a 62 u) = (0.004 a 0.062 mm)		
6. Arcillas ✓ (0.24 a 4 u) = (0.00024 a 0.004 mm)		

Fuente: Introducción a la hidráulica fluvial (A. Rocha, 1998).

e) FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

➤ Variables aleatorias

Una variable aleatoria es una función X , definida sobre un espacio muestral S , que asigna un valor a esta variable, correspondiente a cada punto (o cada resultado) del espacio muestral de un experimento. A una variable aleatoria se le conoce también como variable estocástica, sus valores son números reales, que no pueden predecirse con certeza antes de ocurrir el fenómeno; es decir, ocurren al azar. (M. Villón, 2002).

➤ **Variable aleatoria discreta**

Se dice que una variable aleatoria X es discreta cuando sus valores se restringen a un conjunto enumerable finito o infinito.

Ejemplo: Número de días de lluvias ocurridas en los meses de un año cualquiera. (M. Villón, 2002).

➤ **Variable aleatoria continua**

Se dice que una variable aleatoria X es continua, cuando sus valores se encuentran en un rango continuo y puede ser representado por cualquier número entero o decimal.

Ejemplo: El caudal diario registrado en una estación de aforo. (M. Villón, 2002).

➤ **Distribuciones**

El comportamiento de una variable aleatoria se describe mediante su ley de probabilidades, que, a su vez, se puede caracterizar de varias maneras. La más común es mediante la distribución de probabilidades de la variable aleatoria. (M. Villón, 2002).

➤ **Pruebas de bondad de ajuste**

Las pruebas de bondad de ajuste consisten en comprobar, gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada se ajusta a una determinada función de probabilidades teórica seleccionada a priori, con los parámetros estimados, con base en los valores muestrales.

Las pruebas estadísticas tienen por objeto, medir la certidumbre que se obtiene al hacer una hipótesis estadística sobre una población; es decir, calificar el hecho de suponer que una variable aleatoria se distribuya según una cierta función de probabilidades.

Las pruebas de bondad de ajuste más utilizadas son Ajustes Gráficos y Ajustes Estadístico (M. Villón, 2002).

- Ajuste gráfico

- Ajuste estadístico $\left\{ \begin{array}{l} \text{Chi - cuadrado} \\ \text{Smirnov - Kolmogorov} \end{array} \right\}$

➤ **Distribución Gumbel**

La distribución Gumbel es una de las distribuciones de valor extremo, es llamada también Valor Extremo Tipo I, Fisher-Tippett tipo I o distribución doble exponencial, (M. Villón, 2002).

La función de distribución acumulada de la distribución Gumbel, tiene la forma:

$$F(x < X) = \text{EXP} (-\text{EXP} (-(x - \beta) / \alpha)) \quad \text{ó} \quad (1)$$

$$F(x < X) = e^{-e^{-\frac{x-\beta}{\alpha}}} \quad (2)$$

dónde:

$$\bar{X} = \beta + 0.45005 S \quad (3)$$

$$\alpha = 1.28255/S \quad (4)$$

dónde:

$F(x < X)$: Probabilidad acumulada de que cualquier evento x será menor que determinado evento X .

x : Magnitud de la variable aleatoria.

$0 < \alpha < \infty$: Parámetro de escala del modelo

$-\infty < \beta < \infty$: Parámetro de posición del modelo.

\bar{X} : Promedio de los datos observados

S : Desviación estándar de la muestra

La inversa del primer miembro de la ecuación N° 02: constituye también el tiempo de retorno de la variable extrema x ecuación N° 05 (ORTIZ, O. 1994).

$$T_r = \frac{1}{F(x < X)} \quad (5)$$

Por lo que combinando las ecuaciones 02 y 05 y despejando la variable extrema x , resulta la ecuación N°06 (ORTIZ, O. 1994).

$$x = \beta - \frac{\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_r} \right) \right]}{\alpha} \quad (6)$$

En consecuencia, la predicción del tamaño de la variable luego de ajustar al modelo, se realiza mediante la ecuación N°06 para una gamma muy grande de tiempos de retorno dependiendo de los niveles de incertidumbre o riesgo de ocurrencia, obtenidos a partir de la ecuación N° 07 (ORTIZ, O. 1994).

f) Determinación de la ecuación de I_{\max} mediante soft ware Hidroesta 2.0.

Cuando se cuenta con datos de información pluviográfica, para obtener la ecuación de I_{\max} , hacer lo siguiente:

- Analizar todas las tormentas caídas en el lugar, siguiendo el proceso ya indicado, es decir, para cada tormenta hallas la intensidad máxima, para diferentes duraciones.
- Tabular los resultado en orden cronológico, tomado la intensidad mayor de cada año para cada periodo de duración (10 min, 30min, 60 min , 90 min, 120 min, 240 min),
- Ordenar en forma decreciente e independiente del tiempo, los valores de las intensidades máximas correspondientes a cada uno de los periodos de duración. Para cada valor calcular su periodo de retorno (VILLON, M. 2012).

- Tiempo de retorno

El tiempo de retorno se determina a partir de la ecuación [7] (CHOW, V. 1993).

$$T_r = \frac{1}{1 - (1 - j)^{\frac{1}{N}}} \quad (7)$$

Dónde: **Tr**, es el periodo de retorno, en años; **j**, la incertidumbre o probabilidad de falla en la predicción; y **N**, es el periodo de diseño, o periodo de años durante el que se pretende proteger la estructura.

➤ **Determinación de la ecuación de correlación potencial múltiple de Imáx.**

La ecuación N° 08 es la ecuación general de la Imáx (VILLON, M. 2012).

$$I_{máx} = kT^a D^b \quad (8)$$

Sólo que en la ecuación, cuando se resuelve el exponente b, sale con signo negativo, por lo que se expresa finalmente como se muestra en la ecuación:

$$I_{máx} = \frac{kT^a}{D^b} \quad (9)$$

dónde:

$I_{máx}$ = Intensidad máxima, en mm/hr

K, **a**, **b**= parámetro característico de la zona de estudio

T = periodo de retorno en años

D = duración de la precipitación en min

Para el proceso de cálculo de la correlación múltiple, resulta conveniente reordenar los datos en forma adecuada, a fin de facilitar su cálculo, y esto es en número de tripletas (T, D, Imax) (VILLON, M. 2012).

Tabla N° 3: Ejemplo de ordenamiento de datos en el soft ware Hidroesta 2.

	T años	D min	Imax mm/hora
1	500	5	264.9898
2	475	10	190.4076
3	400	30	95.78463
4	375	60	58.35903
5	350	120	37.01389
6	540	5	249.1487
7	480	10	179.2134
8	450	30	90.31689
9	430	60	54.99451
10	520	120	22.23827
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

Fuente: VILLON, M. 2012

Ya ordenado en número de tripletes el soft ware Hidroesta 2.0 realiza el Cálculo de los parámetros **k**, **a** y **b** de la correlación potencial múltiple de la ecuación.

➤ MODELACIÓN HIDROLÓGICA

Un modelo hidrológico es una representación simplificada de un sistema real llamado prototipo, bajo forma física o matemática. De manera matemática, el sistema real está representado por una expresión analítica. En un modelo hidrológico, el sistema físico real que generalmente representamos es la “cuenca hidrográfica” y cada uno de los componentes del ciclo hidrológico. De esta manera un modelo matemático nos ayudará a tomar decisiones en materia de hidrología. Algunos modelos se utilizan para predecir los totales mensuales de escorrentía, mientras que otros están diseñados para ver a las tormentas individuales. (<https://civilgeeks.com/2011/09/27/conceptos-basicos-de-los-modelos-hidrologicos/>).

✓ Cuenca Hidrográfica

Es el área de terreno donde las aguas de escorrentía, producto de la precipitación, se distribuye en una red natural de drenaje, confluyendo luego hacia un colector común o curso principal. El límite o frontera de la cuenca hidrográfica se conoce como “Divortio Aquarum” y el punto más bajo o de total confluencias es el punto emisor (ORTIZ, O. 1994).

✓ Parámetros morfométricos más importantes de una cuenca.

Tabla N° 4: Parámetros morfométricos más importantes de una cuenca.

Parámetros	Unidad
Área (A)	Km ²
Altitud media (H)	m.s.n.m.
Perímetro (p)	Km
Índice de Gravelius (Kc)	Adim.
Relación de confluencias (Rc)	Adim.
Coefficiente orográfico (Co)	Adim.
Número de orden (O)	Adim.
Longitud de máximo recorrido(L)	Km
Pendiente del máximo recorrido (S)	Adim.
Tiempo de concentración (tc)	Minutos

Fuente: ORTIZ, O. 1994

✓ Intensidades Máximas de Precipitación

Es la cantidad de agua caída por unidad de tiempo. Su valor, siempre está relacionado a una duración y a un periodo de retorno determinado. (VILLON, M. 2002).

✓ Transferencia de intensidades de precipitación

Se tiene que tener en cuenta la similitud hidráulica de la cuenca de origen (con información) y la cuenca de destino (sin información), las intensidades pueden transferirse haciendo uso del parámetro adimensional dado por la ecuación N°10

$$\pi = \frac{I \times t}{H} \quad (10)$$

dónde:

π = es el parámetro adimensional.

H = la altitud sobre el nivel del mar.

I = la intensidad de precipitación.

t = tiempo o periodo de duración.

El cual debe ser equivalente en ambos sistemas:

$$\frac{(I_o \ t_o)}{H_o} = \frac{(I_d \ t_d)}{H_d} \quad (11)$$

$$I_d = \left(\frac{H_d}{H_o}\right) \left(\frac{t_o}{t_d}\right) I_o \quad (12)$$

Cuya igualdad resulta la ecuación de transferencia N°13 (Ortiz Vera, O., 2016).

$$I_d = H_e t_e I_o \quad (13)$$

Dónde: **I_d** , es la intensidad de precipitación en la cuenca destino; **I_o** , la intensidad de precipitación en la cuenca de origen; **H_e** , la escala de altitudes y **t_e** , la escala de periodos de duración.

Para transferir la información de intensidades bajo los mismos periodos de duración estándar, la escala de periodos de duración es la unidad. Si la finalidad de transferencia de intensidades máximas es sólo aplicación del método Racional, la transferencia puede solamente limitarse al periodo de duración equivalente al tiempo de concentración de la cuenca. (ORTIZ, O. 2015).

✓ **Tiempo de concentración**

Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado. Este tiempo es constante para toda la cuenca. (<https://www.aguaysig.com/2014/08/tiempo-de-concentracion-de-la-cuenca.html>)

Para calcular el tiempo de concentración existen varios métodos, entre ellas tenemos:

Tabla N° 5: Fórmulas para el tiempo de concentración

NOMBRE	ECUACION	COMNETARIO
Témez	$T_c = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{S^{0,25}} \right)^{0,76}$	Datos de cuencas naturales en España
Bransby Willians	$T_c = 0,605 \frac{L}{100S^{0,2}A^{0,1}}$	Especialmente recomendado para cuencas rurales
Corps Engineers	$T_c = 0.191 \frac{L^{0,76}}{S^{0,19}}$	Datos de 25 cuencas rurales en USA (64.8 – 4206.1 Km2)

T_c es el tiempo de concentración (horas), L es la longitud del curso de agua más largo (km), S es la pendiente promedio del cauce principal (m/m), A es el área de la cuenca (km²),

Fuente: Estimation on time of concentration of overland flow in Watersheds (KAUFMANN, I. 2015)

Se aclara que existen una gran variedad de ecuaciones pero se extrajo las más usadas en el ámbito de estudios de cuencas alto andinas.

g) APLICACIÓN DEL MÉTODO RACIONAL PARA DETERMINAR CAUDALES MAXIMOS

➤ Método Racional

El método Racional dado por la ecuación; es una metodología sencilla, para generar descargas máximas de escorrentía directa (picos de hidrogramas) a partir de datos de precipitación. Método muy usado hasta hoy, pudiendo competir con cualquier otro método sofisticado, si se usa correctamente bajo todas sus consideraciones (ORTIZ, O. 2016).

$$Q_{m\acute{a}x} = \frac{Cx I x A}{360} \quad (14)$$

Donde, la cantidad numérica (360) que aparece en el denominador es el factor de conversión de unidades cuando el caudal (Q_{máx.}) se expresa, en m³s⁻¹; la intensidad (I), en mm hora⁻¹ y el área proyectada de la cuenca (A), en ha.

➤ Determinación de C

En gran número de los manuales que tratan problemas de Hidrología, se dan métodos empíricos para establecer el coeficiente de escorrentía C, teniendo en cuenta diversos factores, como la pendiente, la textura de suelo y la vegetación, todo ello clasificado en grandes grupos. Tales

procedimientos solo proporcionan información válida a nivel de estudios previos y anteproyectos, (TENREIRO, R 2003)

El Departamento de Cajamarca cuenta con estudios realizados tanto en textura de suelos, cobertura vegetal y pendientes que se encuentran al alcance de todos en la página, (<http://geoservidor.minam.gob.pe/zee-aprobadas/cajamarca/>).

Tabla N° 6: Coeficientes de escorrentía método racional. (Tabla obtenida del Manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje (MTC. 2011).

➤ Simulación del modelo racional

La generación de información mediante el modelo Racional se realiza con el coeficiente de escorrentía promedio de la cuenca, e intensidades máximas con periodo de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca de estudio, pues como es obvio, los caudales simulados mediante el método Racional tienen las mismas características probabilísticas que la intensidad de donde provienen, (ORTIZ, O. 2016).

h) MODELO HIDRÁULICO

La modelación matemática del flujo de agua en un río consiste en predecir los valores que toman las variables hidráulicas (calado, velocidades, caudal, etc.) a partir de la resolución mediante métodos numéricos de unas ecuaciones obtenidas con una serie de hipótesis. (BLADÉ, E. et al. 2012)

➤ TIPOS DE FLUJO

El flujo en canales abiertos puede clasificarse en muchos tipos y describirse de varias maneras. La siguiente clasificación se hace de acuerdo con el cambio en la profundidad de flujo con respecto al tiempo y al espacio.

Flujo permanente y flujo no permanente: Se dice que el flujo en un canal abierto es permanente si la profundidad de flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración. El flujo es no permanente si la profundidad cambia con el tiempo. En la mayor parte de los problemas de canales abiertos es necesario estudiar el comportamiento de flujo solo bajo condiciones permanentes. Sin embargo, si el cambio en la condición del flujo con respecto al tiempo es importante, el flujo debe tratarse como no permanente. En crecientes y oleadas, por ejemplo, que son casos comunes de flujo no permanente, el nivel de flujo cambia de manera instantánea a medida que las ondas pasan, y el elemento tiempo se vuelve de vital importancia para el diseño de estructuras de control. (CHOW, V. 1994)

Para cualquier flujo, el caudal Q en una sección del canal se expresa por:

$$Q = V \cdot A \quad (15)$$

Donde V es la velocidad media y A es el área de la sección transversal de flujo perpendicular a la dirección de este, debido a que la velocidad media está definida como el caudal dividido por el área de la sección transversal. En la mayor parte de los problemas de flujo permanente el caudal es constante a través del tramo de canal en consideración; en otras palabras el flujo es continuo. Entonces, a partir de la ecuación (15), se resuelve (CHOW, V. 1994).

$$Q = V_x A_1 = V_2 A_2 = \dots \quad (16)$$

Donde los subíndices designan diferentes secciones del canal. Esta es la ecuación de continuidad para un flujo continuo permanente.

La ley de continuidad para flujo no permanente requiere la consideración del tiempo, la ecuación de continuidad para flujo continuo no permanente debe incluir el elemento tiempo como una de sus variables.

Flujo uniforme y flujo variado: espacio como criterio. Se dice que el flujo en canales abiertos es uniforme si la profundidad de flujo es la misma en cada sección del canal. Un flujo uniforme puede ser permanente o no permanente, según cambie o no la profundidad con respecto al tiempo. (CHOW, V. 1994)

El flujo uniforme permanente es el tipo de flujo fundamental que se considera en la hidráulica de canales abiertos. La profundidad de flujo no cambia durante el intervalo de tiempo bajo consideración. El establecimiento de *un flujo uniforme no permanente* requeriría que la superficie del agua fluctuara de un tiempo a otro pero permaneciendo paralela al fondo del

canal. En efecto, ésta es una condición prácticamente imposible. Por tanto, el término “*flujo uniforme*” se utilizará para designar el flujo uniforme permanente. (CHOW, V. 1994)

El flujo es *variado* si la profundidad de flujo cambia a lo largo del canal. (CHOW, V. 1994)

El flujo variado puede ser permanente o no permanente. Debido a que el flujo uniforme no permanente es poco frecuente, el término “flujo permanente” se utilizará de aquí en adelante para designar exclusivamente el *flujo variado no permanente* (Ven Te Chow, 1994).

El flujo variado puede clasificarse además como *rápidamente variado o gradualmente variado*. El flujo es rápidamente variado si la profundidad del agua cambia de manera abrupta en distancias comparativamente cortas; de otro modo, es gradualmente variado. Un flujo rápidamente variado también se conoce como *fenómeno local*; algunos ejemplos son el resalto hidráulico y la caída hidráulica. (CHOW, V. 1994)

Para mayor claridad, la clasificación se resume de la siguiente manera.

A. Flujo permanente

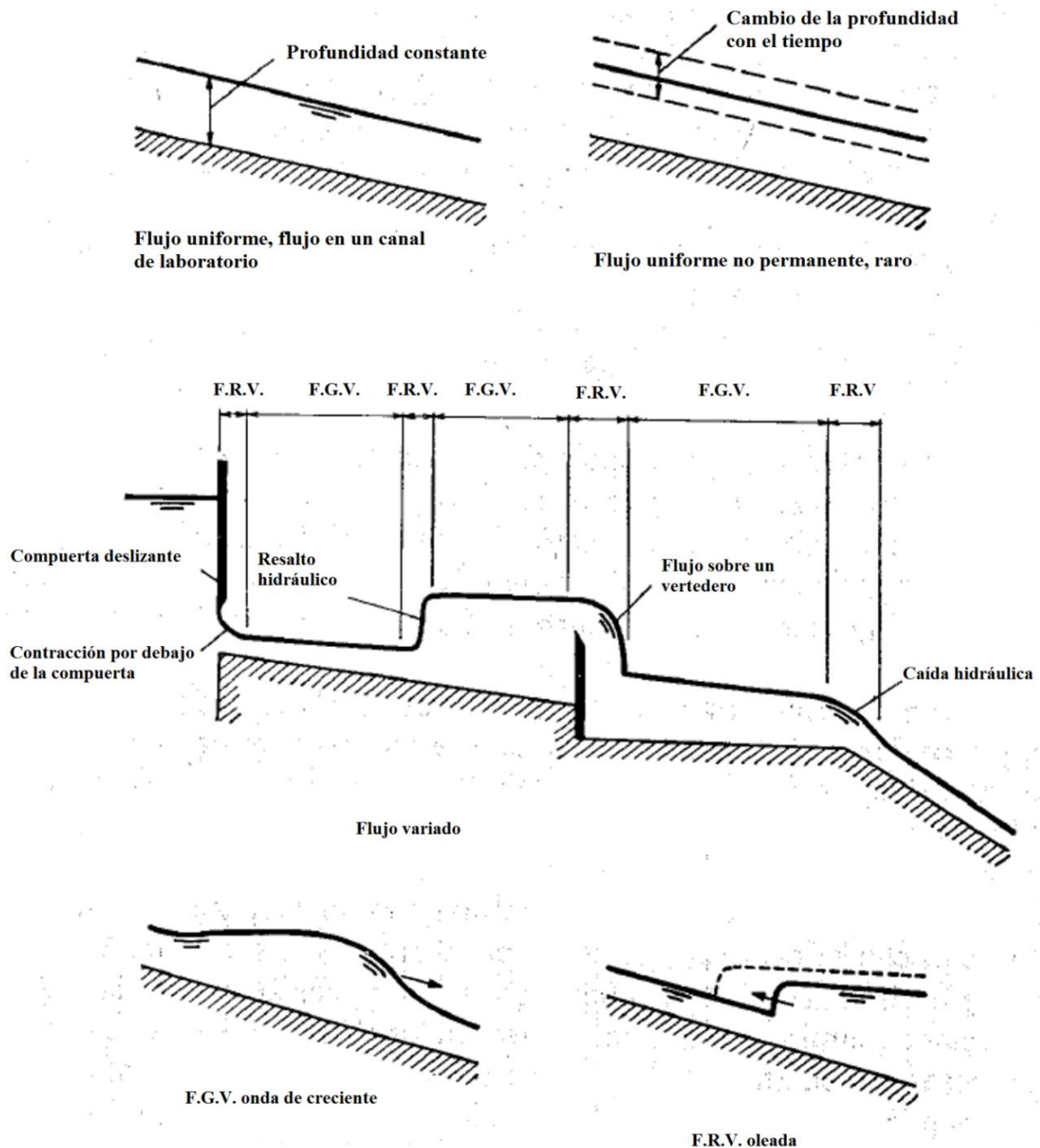
- 1) Flujo uniforme
- 2) Flujo variado
 - a. Flujo gradualmente variado
 - b. Flujo rápidamente variado

B. Flujo no permanente

1. Flujo uniforme no permanente(raro)
2. Flujo no permanente(es decir, flujo variado no permanente)
 - a. Flujo gradualmente variado no permanente
 - b. Flujo rápidamente variado no permanente.

Los diferentes tipos de flujo se esquematizan en la figura 09. Con propósitos ilustrativos, este diagrama se ha dibujado con una escala vertical exagerada, debido a que los canales comunes tienen bajas pendientes de fondo (CHOW, V. 1994).

Figura N° 9: Diferentes tipos de flujo en canales abiertos. F.G.V. = flujo gradualmente variado.
F.R.V. = flujo rápidamente variado.



Fuente: Hidráulica de canales abiertos (CHOW, V. 1994).

- Flujo No Permanente Gradualmente Variado

✓ Continuidad del flujo no permanente.

En flujo no permanente el caudal cambia con la distancia a una tasa $\partial Q/\partial x$, y la profundidad cambia con el tiempo a una tasa de dy/dt . El cambio en el caudal a través del espacio en el tiempo dt es $(\partial Q/\partial x) dx dt$. El cambio correspondiente en el almacenamiento dentro del canal en el espacio es $T dx (\partial y/\partial t) dt = dx (\partial A/\partial t) dt$. Debido a que el agua es incomprensible, el

cambio neto en el caudal más el cambio en el almacenamiento debería ser cero (CHOW, V. 1994) es decir:

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial x}\right) dx dt + T dx \left(\frac{\partial y}{\partial t}\right) dt = \left(\frac{\partial Q}{\partial x}\right) dx dt + dx \left(\frac{\partial A}{\partial t}\right) dt = 0 \quad (17)$$

Al simplificar:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + T \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \quad (18)$$

ó

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (19)$$

En una sección determinada, $Q = VA$; entonces la ecuación (18) se convierte en

$$\frac{\partial(VA)}{\partial x} + T \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \quad (20)$$

ó

$$A \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial A}{\partial x} + T \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \quad (21)$$

Como la profundidad hidráulica es $D = A/T$ y $\partial A = T \partial y$, la ecuación anterior puede escribirse como

$$D \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \quad (22)$$

Las ecuaciones anteriores son todas formas de la *ecuación de continuidad para flujo no permanente en canales abiertos*. Para un canal de ancho infinito la ecuación (19) puede escribirse como :

$$\frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \quad (23)$$

Donde q es el caudal por unidad de ancho. Esta expresión la introdujo por primera vez Saint-Venant. (CHOW, V. 1994)

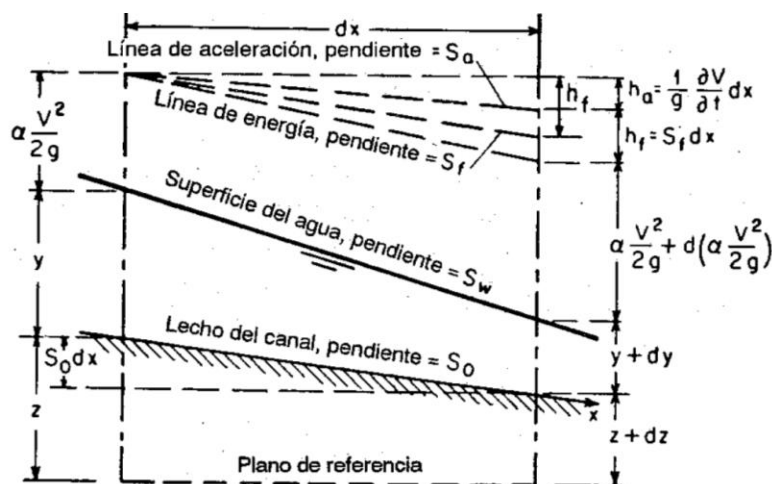
✓ Ecuación dinámica para flujo no permanente.

Por simplicidad, el flujo no permanente se tratará como flujo permanente bidimensional, con la excepción de que se utilizará una variable adicional para el elemento tiempo, la cual tiene en cuenta la variación en la velocidad de flujo y por consiguiente representa la aceleración, que produce fuerza y causa pérdidas de energía adicionales en el flujo (CHOW, V. 1994).

Con referencia a la figura 10, la fuerza debida a la aceleración $\partial V/\partial t$ que actúa sobre un peso unitario w de agua es igual a $(w/g) \partial V/\partial t$; es decir, fuerza = masa X aceleración. Se supone que la pendiente del canal es pequeña, que la aceleración ocurre en la dirección x y que su

componente vertical es insignificante. Luego el trabajo hecho por esta fuerza a lo largo de la distancia dx entre dos secciones del canal, como las que se muestran en la figura es $(w/g) (\partial V/\partial t) dx$. Esta cantidad de trabajo es igual a la pérdida de energía debida a la aceleración. Al dividir por w , la pérdida en altura se expresa mediante $(1/g) (\partial V/\partial t) dx$, (CHOW, V. 1994).

Figura N° 10: Representación simplificada de la energía en flujo no permanente.



Fuente: Hidráulica de canales abiertos (CHOW, V. 1994)

El cambio total de altura en la longitud infinitesimal dx puede tratarse exactamente igual que en el caso de flujo permanente, excepto que debe incluirse una pérdida adicional debida a la aceleración. La pérdida total de altura consta de dos partes: la pérdida debida a la fricción

$hf = Sf / dx$ y la pérdida debida a la aceleración $ha = (1/g) (\partial V/\partial t) dx$. La línea que indica esta última se conoce como *línea de aceleración*; su pendiente es $Sa = (1/g) (\partial V/\partial t)$. Mediante el principio de energía puede escribirse de la manera como se describe en la ecuación N° 24 (CHOW, V. 1994).

$$z + y + \frac{\alpha V^2}{2g} = z + dz + y + dy + \frac{\alpha V^2}{2g} + d\left(\frac{\alpha V^2}{2g}\right) + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} dx + S_f dx \quad (24)$$

Al simplificar,

$$d(z + y + \partial x) = -S_f dx - \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} dx \quad (25)$$

El lado izquierdo de esta ecuación representa el cambio de altura total. Los dos términos de la derecha son las pérdidas de altura debidas a la fricción y a la aceleración, respectivamente. Esta ecuación establece que el cambio de altura total en un flujo no permanente gradualmente variado depende de los efectos de fricción y aceleración. En flujo permanente gradualmente variado, el cambio de altura depende por completo de la fricción, siempre y cuando las pérdidas por remolino sean insignificantes (CHOW, V. 1994).

Al dividir por dx en la ecuación (25) y al utilizar derivadas parciales,

$$\frac{\partial(z+y)}{\partial x} + S_f + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\alpha V^2}{2g} \right) + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} \quad (26)$$

o

$$\frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\alpha V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial z}{\partial x} + S_f = 0 \quad (27)$$

Esta es la *ecuación dinámica general para flujo no permanente gradualmente variado*. La pendiente de fricción en la ecuación puede evaluarse por medio de la ecuación de Manning, la de Chezy o cualquier otra de flujo uniforme adecuada. Para canales prismáticos, es decir, para $\partial z/\partial x = S_o$, la ecuación (27) puede escribirse como:

$$\frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\alpha V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = S_o - S_f \quad (28)$$

Las ecuaciones de continuidad y dinámica para flujo no permanente gradualmente variado las publicó por primera vez Saint-Venant. La validez de estas ecuaciones ha sido verificada mediante muchas observaciones y experimentos. Sin embargo, debido a su complejidad matemática, la integración exacta de estas ecuaciones es imposible. Para aplicaciones prácticas, puede obtenerse una solución de las ecuaciones mediante métodos de paso aproximados o basados en suposiciones simplificadoras (CHOW, V. 1994).

La Ecuación (28) se conoce como la ecuación de la cantidad de movimiento. En términos de pendientes, se expresa de la siguiente forma:

$$S_a + S_c + S_p + S_f - S_o = 0 \quad (29)$$

En la cual S_a = pendiente de aceleración local, S_c = pendiente de aceleración convectiva, S_p = pendiente del gradiente de presiones, S_f = pendiente de fricción, y S_o = pendiente de fondo.

✓ Tipos de Ondas

La Ecuación (29) indica que el balance de la cantidad de movimiento es un balance de pendientes. En el caso más general, cuando todas las fuerzas están presentes, todas las pendientes están actuando. Sin embargo, en ciertos casos, una o más pendientes pueden reducirse a cero, o pueden asumirse insignificantes, comparadas con las demás pendientes. Esta simplificación da lugar a varios tipos de ondas, los cuales se describen en la Tabla 07 (PONCE, V. 2015).

Tabla N° 7: Tipos de ondas presentes en flujo no permanente en canales.

Tipos de ondas presentes en flujo no permanente en canales								
No.	Tipo de onda	Pendientes					Nombre común	Aplicaciones
		S_a	S_c	S_p	S_f	S_o		
1	Onda cinemática pura, sin difusión				✓	✓	Onda cinemática	Flujo superficial
2	Onda cinemática con difusión			✓	✓	✓	Onda de difusión	Tránsito de avenidas
3	Onda dinámica	✓	✓	✓			Onda de gravedad	Canaletas de laboratorio, canales pequeños
4	Onda dinámica permanente		✓	✓	✓	✓	Onda dinámica permanente	Casos especiales
5	Onda cinemática-dinámica mixta	✓	✓	✓	✓	✓	Onda dinámica	Tránsito de avenida causada por rotura de presa

Fuente: Fundamento de la Hidráulica de Canales, (V. Ponce, 2015)

i) MODELO IBER

IBER es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no-permanente, y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial. El rango de aplicación de IBER abarca la hidrodinámica fluvial, la simulación de rotura de presas, la evaluación de zonas inundables, el cálculo de transporte de sedimentos y el flujo de marea en estuarios. El módulo hidrodinámico resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad, también conocidas como 2D Shallow Water Equations (2D-SWE) o ecuaciones de St. Venant bidimensionales. Dichas ecuaciones asumen una distribución de presión hidrostática y una distribución relativamente uniforme de la velocidad en profundidad. La hipótesis de presión hidrostática se cumple razonablemente en el flujo en ríos, así como en las corrientes generadas por la marea en estuarios (BLADÉ, E. et al. 2012).

Algunos de los campos de aplicación de la versión actual de Iber son:

- Simulación del flujo en lámina libre en cauces naturales. Evaluación de zonas inundables. Cálculo de las zonas de flujo preferente. Cálculo hidráulico de encauzamientos.
- Cálculo hidráulico de redes de canales en lámina libre.
- Cálculo de corrientes de marea en estuarios.
- Estabilidad de los sedimentos del lecho.
- Procesos de erosión y sedimentación por transporte de material granular.

➤ Ecuaciones

El módulo hidrodinámico de Iber resuelve las ecuaciones de St. Venant bidimensionales, incorporando los efectos de la turbulencia y rozamiento superficial por viento, (BLADÉ, E. et al. 2012).

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h U_x}{\partial x} + \frac{\partial h U_y}{\partial y} = 0 \quad (30)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(h U_x) + \frac{\partial}{\partial x} \left(h U_x^2 + g \frac{h^2}{2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} (h U_x U_y) \\ = -gh \frac{\partial Z_b}{\partial x} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_t h \frac{\partial U_x}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_t h \frac{\partial U_x}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(h U_y) + \frac{\partial}{\partial x} (h U_x U_y) + \frac{\partial}{\partial y} \left(h U_y^2 + g \frac{h^2}{2} \right) - gh \frac{\partial Z_b}{\partial y} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} \\ + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_t h \frac{\partial U_y}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_t h \frac{\partial U_y}{\partial y} \right) \quad [59] \end{aligned} \quad (32)$$

En donde h es el calado, U_x , U_y son las velocidades horizontales promediadas en profundidad, g es la aceleración de la gravedad, β es la densidad del agua, Z es la cota del fondo, τ_s es la fricción en la superficie libre debida al rozamiento producido por el viento, τ_b es la fricción debida al rozamiento del fondo y v_t es la viscosidad turbulenta. La fricción de fondo se evalúa mediante la fórmula de Manning (BLADÉ, E. et al. 2012).

$$\tau_{b,x} = \rho g h \frac{n^2 U_x |U|^2}{h^{4/3}} \quad (33)$$

$$\tau_{b,y} = \rho g h \frac{n^2 U_y |U|^2}{h^{4/3}} \quad (34)$$

La fuerza de rozamiento realizada por el viento sobre la superficie libre se calcula a partir de la velocidad del viento a 10 m de altura, utilizando para ello la ecuación de Van Dorn (BLADÉ, E. et al. 2012).

$$\tau_{s,x} = \rho C_{VD} |V_{10}| V_{x,10} \quad (35)$$

$$\tau_{s,y} = \rho C_{VD} |V_{10}| V_{y,10} \quad (36)$$

Donde, $V_{X, 10}$, $V_{Y, 10}$ son las 2 componentes de la velocidad del viento a 10 m de altura, $|V_{10}|$ es el módulo de la velocidad del viento a 10 m de altura y C_{VD} es un coeficiente de arrastre superficial que se calcula en función de la velocidad del viento a partir de la siguiente expresión:

$$|V_{10}| < 5,6 \frac{m}{s} \rightarrow C_{VD} = 1,2 \cdot 10^{-6} \quad (37)$$

$$|V_{10}| > 5,6 \frac{m}{s} \rightarrow C_{VD} = 1,2 \cdot 10^{-6} + 2,25 \cdot 10^{-6} \left(1 - \frac{5,6}{|V_{10}|}\right)^2 \quad (38)$$

Todas las funciones y parámetros que aparecen en las ecuaciones hidrodinámicas (incluyendo el coeficiente de Manning y la velocidad del viento) pueden imponerse de forma variable tanto espacial como temporalmente. La viscosidad turbulenta se calcula mediante modelos de turbulencia específicos para las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad. Iber incluye 3 modelos de turbulencia promediados en profundidad: el modelo parabólico, un modelo de longitud de mezcla y el modelo k- ϵ de Rastogi y Rodi. En el modelo parabólico se calcula la viscosidad turbulenta (BLADÉ, E. et al. 2012).

$$v_t = 0,068 u_f h \quad (39)$$

$$u_f = \sqrt{\tau_b / \rho} \quad (40)$$

Siendo u_f velocidad de fricción de fondo. Utilizando la fórmula de Manning para calcular la fricción de fondo se obtiene la expresión para la viscosidad turbulenta (BLADÉ, E. et al. 2012).

$$v_t = 0,068 \sqrt{gn} |U| h^{5/6} \quad (41)$$

En el modelo de longitud de mezcla para aguas someras, la viscosidad turbulenta se calcula mediante la siguiente expresión:

$$v_t = [\min(0,267 kh, kd_{wall})]^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij} + \left(2,34 \frac{u_f}{kh}\right)^2} \quad (42)$$

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) \quad (43)$$

En donde $k = 0,41$ es la constante de von Karman y d_{wall} es la distancia desde el punto considerado a la pared más cercana. (BLADÉ, E. et al. 2012)

➤ Condiciones de contorno

Iber distingue entre contornos cerrados y contornos abiertos por los cuales entra y sale el agua del dominio de cálculo. En los contornos cerrados se puede imponer o una condición de

deslizamiento libre o una condición de fricción de pared. Con la condición de deslizamiento libre se desprecia el rozamiento generado por los contornos sobre el fluido. Si se considera relevante el efecto del rozamiento generado por el contorno se debe utilizar una condición de contorno tipo fricción. La velocidad tangencial a la pared puede expresarse como una función de la velocidad de fricción de pared (u^*) y de la distancia a la pared (BLADÉ, E. et al. 2012).

$$|U| = \frac{u^*}{0,4} \text{Ln} \left(E * \frac{du^*}{v} \right) \quad (44)$$

Donde d es la distancia en perpendicular a la pared y E es un parámetro cuyo valor depende de las características del flujo. Para el cálculo de E se consideran condiciones de flujo turbulento liso, turbulento rugoso, y transición entre turbulento liso y rugoso, tal como se especifica en la tabla 08 (BLADÉ, E. et al. 2012).

Tabla N° 8: Fricción de pared. K_s es la altura de rugosidad de la pared

Tipo de régimen	$K_s^+ = \frac{K_s u^*}{\nu}$	$ u = \frac{u^*}{K} \text{Ln}(E * d^+)$
Turbulento liso	$K_s^+ < 5$	$E = 9.0$
Transición liso – rugoso	$5 < K_s^+ < 70$	$E = (0,11 + 0.033 * K_s^+)^{-1}$
Turbulento rugoso	$K_s^+ > 70$	$E = 30/K_s^+$

Fuente: Iber: Herramienta de simulación numérica del flujo en ríos (BLADÉ, E. et al. 2012)

Respecto a los contornos abiertos, se consideran diferentes alternativas en función del régimen hidráulico en el contorno. En los contornos de entrada se fija el caudal de agua y se asume que la dirección del flujo es perpendicular al contorno. En caso de que el flujo entre en régimen supercrítico, se impone adicionalmente el calado. La distribución del caudal unitario a lo largo del contorno se realiza de forma proporcional al calado en cada punto del mismo según la expresión $q_n = C \cdot h^{5/3}$, donde C es una constante que asegura que la integral del caudal unitario q_n a lo largo del contorno considerado es igual al caudal total de entrada.

En los contornos de salida se impone el nivel de la lámina de agua en caso de que se produzca un régimen subcrítico, mientras que no es necesario imponer ninguna condición en el caso de que el régimen sea supercrítico. En los contornos de salida se considera asimismo la posibilidad de introducir una relación de curva de gasto que defina la relación entre la cota de la lámina de agua y el caudal específico desagüado en cada punto del contorno.

Por último, se incluye la posibilidad de definir contornos abiertos tipo marea, en los cuales se impone una cota de la lámina de agua variable en el tiempo. (BLADÉ, E. et al. 2012).

➤ Condiciones internas

Las condiciones internas se utilizan para modelar estructuras hidráulicas tipo compuertas, vertederos o puentes que entran en carga. En estos casos las ecuaciones de St. Venant dejan de

ser válidas por incumplirse las hipótesis de presión hidrostática y velocidad uniforme en profundidad, y por lo tanto es más adecuado calcular la relación entre el caudal y la pérdida de carga a través de dichas estructuras mediante ecuaciones de descarga específicas. En Iber se consideran condiciones internas de flujo bajo compuerta y de flujo sobre vertedero en lámina libre. El flujo a través de tableros de puentes anegados se puede calcular como la combinación de las 2 condiciones anteriores (BLADÉ, E. et al. 2012).

– **Esquemas numéricos**

Las ecuaciones de aguas someras y las del modelo $k-\varepsilon$ se resuelven mediante el método de volúmenes finitos para mallas bidimensionales no estructuradas. Los esquemas numéricos utilizados en Iber son especialmente apropiados para la modelización de cambios de régimen y de frentes seco-mojado (frentes de inundación).

Para el tratamiento de los frentes seco-mojado se define una tolerancia seco-mojado, de forma que si el calado en un volumen finito es menor a dicha tolerancia, el elemento se considera seco y no se incluye en el cálculo. La altura de agua nunca se fuerza a cero, con el fin de evitar pérdidas de masa en el interior del dominio de cálculo. De esta manera se define el frente de inundación como el límite entre las zonas con calado inferior a la tolerancia seco-mojado y las zonas con calado superior a dicho límite. En el frente de inundación se impone una condición de reflexión, que consiste en imponer a cero tanto la velocidad perpendicular al frente como el gradiente de la lámina de agua en dicha dirección (BLADÉ, E. et al. 2012).

➤ **Rugosidad**

En Iber la rugosidad se asigna a través de un coeficiente de rugosidad de Manning.

Tabla N° 9: Valores del coeficiente de rugosidad de Manning

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
Corrientes naturales			
• Corrientes menores (ancho superficial en nivel creciente < 100 pies)			
a. Corrientes en planicies			
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de	0.033	0.040	0.045
4 Igual al anterior, pero con algunos matorrales y	0.035	0.045	0.050
5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes	0.040	0.048	0.055
6. Igual al 4, pero con más piedras	0.045	0.050	0.060
7. Tramos lentos, con malezas y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con	0.075	0.100	0.150
• Planicies de inundación			
a. Pastizales, sin matorrales			
1. Pasto corto	0.025	0.030	0.035
2. Pasto alto	0.030	0.035	0.050
b. Áreas cultivadas			
1. Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
2. Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
3. Campos de cultivos maduros	0.030	0.040	0.050

Fuente: Hidráulica de canales abiertos (CHOW, V. 1994).

➤ **Selección del Coeficiente de Rugosidad Manning:**

A partir del reconocimiento de varios factores primordiales que afectan el coeficiente de rugosidad, Cowan desarrollo un procedimiento para estimar el valor de n. Mediante este procedimiento el valor de n puede calcularse por:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5 \quad (45)$$

Dónde: n_0 es un valor básico de n para un canal recto, uniforme y liso en los materiales involucrados, n_1 es un valor que debe agregarse al n_0 para corregir el efecto de las rugosidades superficiales, n_2 es un valor para considerar las variaciones en forma y tamaño de la sección

transversal del canal, n_3 es un valor para considerar las obstrucciones, n_4 es un valor para considerar la vegetación y las condiciones de flujo, y m_5 es un factor de corrección de los efectos por meandros en el canal. Los valores apropiados de n_0 a n_4 y m_5 pueden seleccionarse en la tabla de acuerdo con las condiciones dadas (CHOW, V. 1994).

Tabla N° 10: Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante la ecuación (45)

Condiciones de 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 meandro	Menor	m_5	1.00
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: Hidráulica de canales abiertos (CHOW, V. 1994).

- Asignación según usos del suelo

Con el menú "Rugosidad > Usos del suelo" se abre la posibilidad de escoger un uso del suelo y asignarlo a las superficies que forman la geometría (o en su caso a los elementos de la malla). Existen unos valor predeterminados asignados a cada uso del suelo, pero estos pueden cambiarse. También se pueden añadir o eliminar usos del suelo (Iber - Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas).

➤ Asignación automática con datos georeferenciados

La asignación automática del coeficiente de rugosidad se realiza desde el menú:

“Datos >Rugosidad > Asignación automática”.

Este menú abre una ventana de selección donde el usuario puede escoger el tipo de archivo desde donde se leerá la información de usos del suelo. Iber tiene implementados dos formatos, el formato estándar ASCII Grid ArcInfo y un formato XY definido coincidir con los existentes en la base de datos del programa. Si las clases no existieran pueden crearse dentro de la base de datos mediante la ventana de asignación manual mencionada en el sub-apartado

Anterior (Iber - Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas).

➤ **Mallado**

La malla de cálculo es un elemento fundamental para conseguir buenos resultados. Iber dispone de multitud de maneras de obtener una buena malla de cálculo, y en función de las características del problema un tipo de malla será mejor que otro.

Iber puede trabajar tanto con elementos triangulares como con cuadriláteros, o con mallas mixtas de triángulos y cuadriláteros. Las mallas de cálculo pueden ser a su vez regulares o irregulares, así como estructuradas o no estructuradas (Iber - Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas).

Las características de la malla se asignan con los siguientes menús:

- El menú “Utilidades > Preferencias > Mallar” fija las opciones generales de mallado.
- Con el menú Malla se fijan las propiedades de la malla asignadas a la geometría.

➤ **Cálculo**

✓ **Ejecución de un cálculo**

Para lanzar un cálculo, en primer lugar se deben fijar los parámetros de cálculo, o datos del problema, mediante las distintas pestañas del menú “Datos > Datos del problema”. En el siguiente sub apartado se explican las distintas opciones de dicho menú.

El cálculo se lanza con el menú Calcular. A través de dicho menú es posible lanzar directamente el cálculo (“Calcular > Calcular”) o acceder a la ventana de cálculo (“Calcular > Ventana de cálculo”). Esta segunda opción permite tener un mejor control del proceso de cálculo, o acceder al archivo que muestra el estado del proceso (Botón Ver salida), mientras el cálculo se está ejecutando. La ventana de información del proceso también se abre, durante el proceso o cuando éste ha finalizado, con el menú “Calcular > Ver información del proceso”. Es conveniente consultar dicha información para detectar posibles avisos de errores (Iber - Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas).

✓ **Parámetros del cálculo**

Se accede a través del menú “Datos > Datos del problema”.

✓ **Parámetros de tiempo**

- **Simulación:** Con el botón Nueva/Continuar se puede escoger entre lanzar una simulación nueva o continuar una que ya se ha ejecutado hasta un cierto instante.
- **Incremento de tiempo máximo:** Iber ajusta automáticamente el incremento de cálculo para satisfacer la condición de Courant. Adicionalmente es posible fijar un incremento de tiempo de cálculo máximo.
- **Instante inicial:** Valor del instante de tiempo de inicio del cálculo.

Tiempo máximo de simulación: Valor del instante de tiempo final del cálculo.

- **Intervalo de resultados:** Fija el incremento de tiempo entre instantes de escritura de resultados.

✓ **Parámetros de cálculo (Pestaña General)**

Con esta pestaña se fijan algunos parámetros de cálculo y del esquema numérico.

- **Numero de procesadores:** Iber puede lanzar un cálculo paralelo con el número de procesadores que se desee. Si se indica un número de procesadores mayor al existente Iber utilizará el máximo de procesadores posibles. Función limitadora de flujo: Permite escoger entre un esquema numérico de primer orden, o uno de segundo orden con diferentes limitadores de flujo: Minmod, Superbee o Van Leer (Iber - Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas).
- **CFL:** Valor del número de Courant-Friedrichs-Levy para conseguir un esquema numérico estable.
- **Limite seco-mojado:** Umbral para considerar que un elemento está seco y no se realice ningún cálculo hidrodinámico en él.
- **Limite almacenamiento elementos secos:** Cuando en un instante de tiempo un elemento tiene un calado negativo, Iber por defecto lo considera seco, y guarda en memoria el valor de dicho calado negativo. Para volver a estar mojado, el elemento debe llenar antes este “calado negativo”. Es posible fijar el valor de este “calado negativo” o incluso limitarlo a cero, con ello se ganará algo de precisión en el proceso de mojado y secado, pero se reducirá el incremento de tiempo de cálculo y aumentará, por lo tanto, el tiempo de cálculo total (Iber - Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas).
- **Fricción en las paredes:** Permite decidir si se considera, o no, la rugosidad en las paredes verticales del contorno, así como el valor de dicha rugosidad (Iber - Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas).

➤ **Post-proceso**

Una vez finalizado el cálculo, o durante el mismo, se puede acceder al post-proceso para visualizar y analizar los resultados. El cambio entre las interfaces de pre-proceso y post-proceso se realiza mediante el menú “Archivo > postproceso” y “Archivo > preproceso”, o mediante los botones correspondientes de la barra de herramientas (Iber - Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas).

✓ **Visualización de resultados**

Iber dispone de multitud de opciones para visualizar y analizar los resultados, personalizar los colores, las leyendas, mostrar etiquetas de valores, etc. Una opción para visualizar resultados es mediante el menú “Ventana > ver resultados”. La ventana que se abre permite acceder a los distintos grupos de resultados (o Análisis) que se pueden visualizar en cada instante de tiempo, como áreas coloreadas, áreas coloreadas suavizadas, o vectores (Iber - Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas).

✓ **Creación de gráficos**

Con los distintos botones de creación de gráficos de la barra de visualización de resultados (botones evolución de punto, gráfico de línea, gráfico punto y gráfico de borde) es posible crear gráficos de utilidad para el análisis de resultados. Los gráficos creados se pueden gestionar con la ventana de gráficos (“Ventana > ver gráficos”) y se pueden exportar para abrirlos, por ejemplo, en Excel con “Archivo > Exportar > Gráfico” (Iber - Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas).

j) DEFENSAS RIBEREÑAS

Las defensas ribereñas, son obras longitudinales que generalmente son usadas para:

- Delimitar el cauce y aprovechar los terrenos en las márgenes;
- Proteger las orillas contra erosiones o inundaciones;
- Recuperar terrenos ribereños;
- Obras de toma.

Dependiendo de la situación local y de su finalidad, pueden ser diversificadas en estructura gruesa y estructura delgada. La primera protege la orilla contra la erosión y actúa como contención, confiriendo estabilidad al talud natural. La segunda es usada para revestir la orilla, natural o artificial, ya estable, oportunamente perfilada, protegiéndola contra la erosión. (file:///C:/Users/CASA/Downloads/Brochure_MX_Defensa_de_R%C3%ADos_y_Obras_Transversales.pdf)

Para realizar cualquier tipo de obras hidráulicas existen manuales tales como el “Manual de Ministerio de Transportes y Comunicaciones” en donde su objetivo general de dicho documento sirve de guía conceptual y metodológica para la determinación de los parámetros hidrológicos e hidráulicos de diseño, de obras de infraestructura, y dentro de ello existe valores máximos recomendados de riesgo admisible para obras de drenaje que se presenta en la Tabla N°11:

Tabla N° 11: Valores Máx. Recomendados de Riesgo Admisible de Obras de Drenaje

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (%)	VIDA ÚTIL EN AÑOS
Puentes (*)	25	40
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30	25
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35	15
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40	15
Subdrenes	40	15
Defensas Ribereñas	25	40
	22	25

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje (MTC. 2011).

k) INUNDACIÓN

Una inundación es la acción y efecto de cubrir los terrenos y a veces las poblaciones, es la sumersión temporal de terrenos normalmente secos, como consecuencia de la aportación inusual y más o menos repentina de una cantidad de agua superior a la que es habitual en una zona determinada. (LLORENE, M. 2017)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La Tesis: “IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO CHONTA EN EL TRAMO HUAYRAPONGO – URBANIZACIÓN CONDOMINIO EL SAUSALITO”

Se encuentra localizado en:

Localidad : Baños del Inca
Distrito : Baños del Inca
Provincia : Cajamarca
Región : Cajamarca

El ámbito de estudio hidrológico que corresponde a la cuenca del río Chonta cuyas coordenadas del Punto de Aforo son Coordenadas UTM:

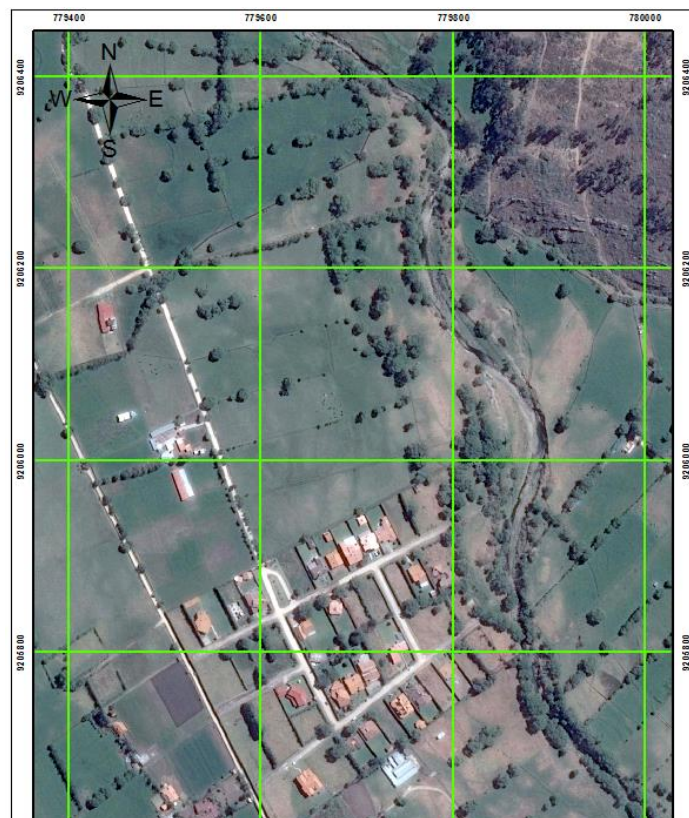
Norte: 9, 206,439.00

Este: 779,674.00

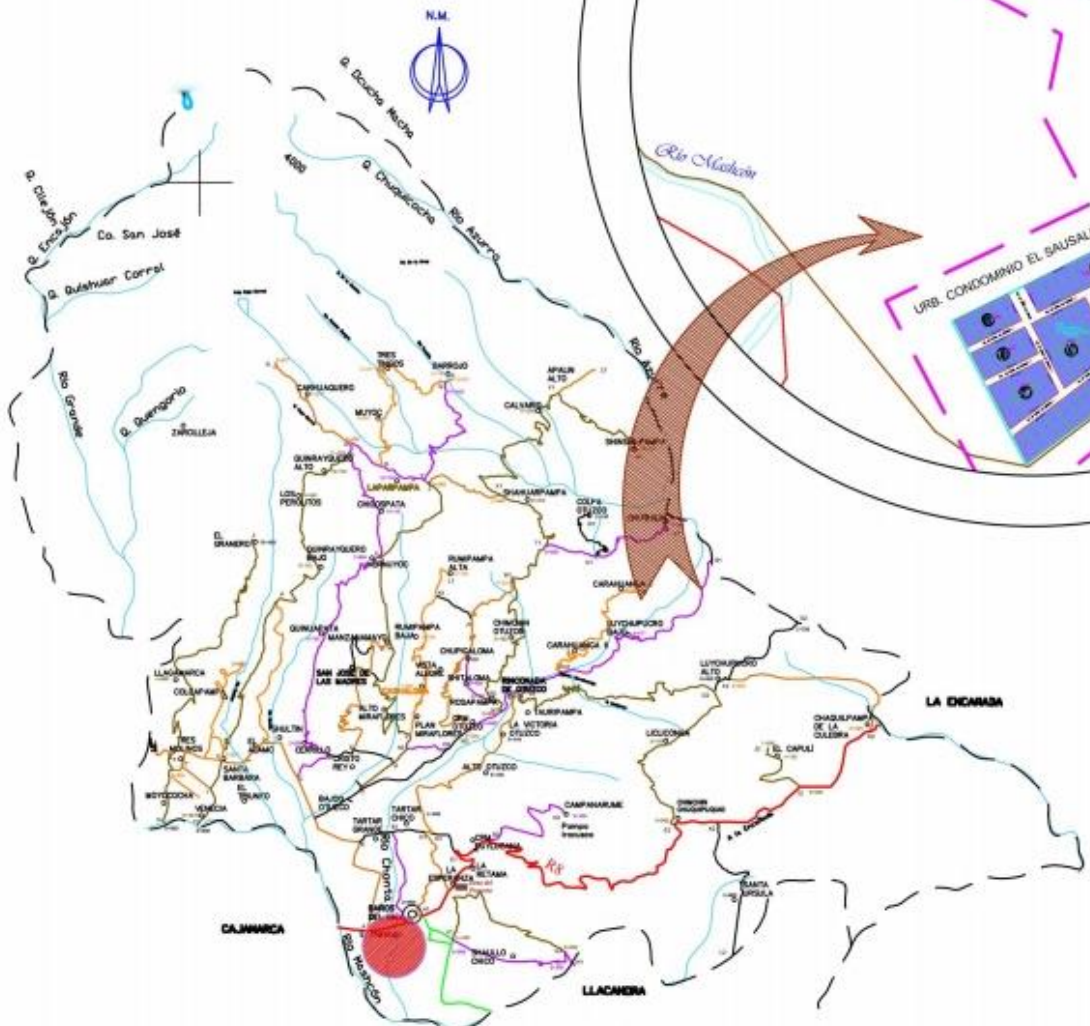
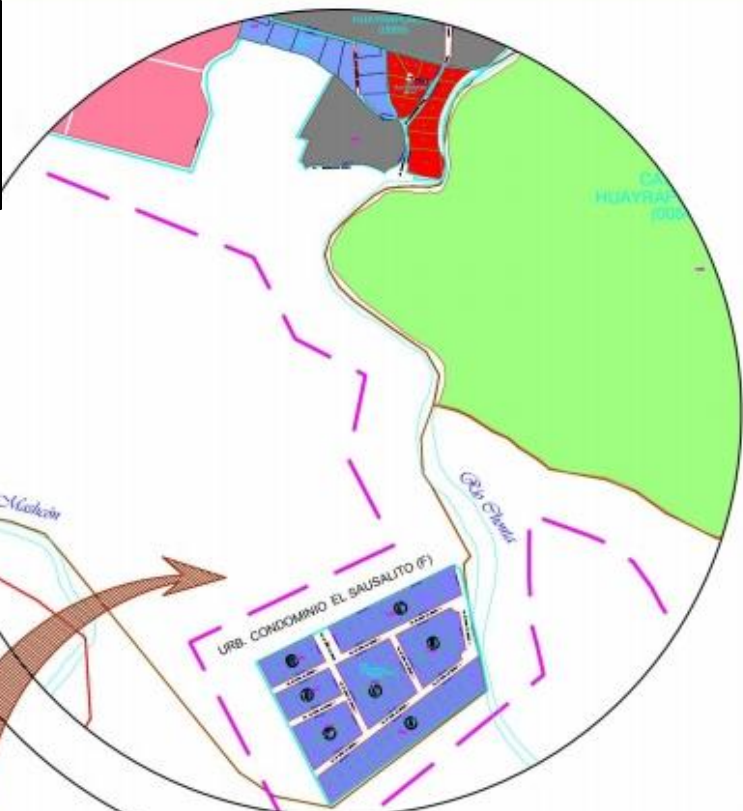
Altura: 2666.00 m.s.n.m.

El tramo del río Chonta en donde se realizará el modelamiento hidráulico se encuentra localizado en:

Figura N° 11: Imagen satelital de la zona de estudio



UBICACIÓN GEOGRÁFICA - PROYECTO TESIS
"IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANE
MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO CHONTA EN EL
TRAMO HUAYRAPONGO URBANIZACIÓN CONDOMINIO
EL SAUSALITO"



Escala: 1- 100 000

3.2. MATERIALES

a) Información cartográfica y topográfica

Para la obtención de información cartográfica de la cuenca y poder obtener todos los datos hidrológicos se tuvo que descargar primeramente los modelos Digitales de Elevación DEM de la página (<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>), ya con este archivo descargado, se procedió delimitar la cuenca de acuerdo al Punto de Aforo de coordenadas E: 779,674.00 y N: 9,206,439.00, utilizando el software ArcGIS, el área delimitada se muestra en el Anexo 2

b) Trabajo de Campo

En este apartado comprende tres visitas de campo paulatinamente:

La primera y segunda visita de campo fue para recopilar información de los pobladores aledaños al lugar de estudio (en especial a los pobladores de mayor edad) con el fin de poder obtener información de avenidas más importantes en dicha zona, en la tercera visita de campo se realizó una inspección general de todo el tramo, con el fin de saber dónde van a ser los posibles puntos de cambio de la estación total al momento de realizar el levantamiento topográfico, ya en la siguiente visita de campo se realizó el levantamiento topográfico de todo el tramo “Huayrapongo – Urbanización Condominio El Sausalito”, con la ayuda de una Estación Total Leica TS06.

c) Trabajo de gabinete

Comprende el procesamiento de datos que se obtuvo al realizar el levantamiento topográfico, se procedió a transferir los datos de la Estación Total al programa AutocadCivil 3D, para obtener el plano a curvas de nivel. A partir de las curvas de elevación se obtuvo el Modelo TIN (mapa N° 09) mediante el programa ArcGis, para luego convertirlo a un formato Raster y finalmente al formato ASCII, que permitió la asignación de elevaciones a la malla no estructurada generado en el programa Iber.

d) Equipos

Figura N° 12: Equipos necesarios para la elaboración de tesis

					
Estación total Leica TS02.	Cámara fotográfica	Primas y trípode:	Impresora multifuncional.	PC de escritorio	GPS

e) SOFTWARE

- Software Autocad Civil 3D 2016, Arc Gis 10.3, Hidroesta 2.0, M. Excel 2010, M. Word 2010
- Software de Modelamiento Hidráulico Bidimensional IBER.

3.3. PROCEDIMIENTO

a) CARACTERIZACIÓN DEL RÍO CHONTA

➤ Geometría Hidráulica del río Chonta

Para poder obtener la caracterización correspondiente se realizó el respectivo levantamiento topográfico de toda la zona en estudio (tramo Huayrapongo _urbanización condominio el Sausalito), cabe mencionar que dicho tramo se encuentra en forma natural, a excepción en la margen derecha frente al Condominio el Sausalito donde se puede observar estructuras de gaviones que están prácticamente inservibles, todo ello se puede observar en la figura N° 13

Figura N° 13: Tramo Huayrapongo - Urbanización condominio el Sausalito



➤ Clasificación del río Chonta

Para determinar la clasificación del río por su edad, se realizó las visitas a distintas partes del mismo ver Figura N°14, en tal sentido para clasificarlo se recurrió a las características mencionadas en el marco teórico sobre clasificación de ríos.

Figura N° 14: Río Chonta tramo cuenca baja (N°1 y N°3) y alta (N°2 y N°4)



b) MODELAMIENTO HIDROLÓGICO

➤ Parámetros geomorfológicos de la cuenca

✓ Área de la Cuenca (A)

El área de la cuenca, tiene importancia efectiva en el estudio a realizar, se obtuvo mediante el planimetrado de la superficie comprendida entre los límites de su perímetro y se expresó, generalmente, en Km². se delimitó a partir del punto de coordenadas E: 0779674 y N: 9206439. (Ver Anexo N° 02- Mapa N° 01) mediante el programa ArcGIS.

✓ Perímetro de la cuenca (p)

En función a la delimitación de la cuenca, se realizó el cálculo del perímetro de la misma mediante el Programa ArcGIS.

✓ Pendiente promedio de la Cuenca.

Para determinar la pendiente promedio de la cuenca, se introdujo al programa ArcGIS los datos necesarios como son, equidistancia entre curvas de nivel, sumatoria de las longitudes entre curvas y área de la cuenca, para luego mediante el programa Excel realizar la repetitiva

determinación de la misma. La determinación de la Pendiente Media de la Cuenca Hidrográfica, es uno de los parámetros más importantes en la realización de cualquier estudio hidrológico, pues esta Pendiente Media controla la velocidad con que se dará la escorrentía superficial en dicha cuenca, y es de vital importancia al momento de determinar el coeficiente C de escorrentía, (Ver Anexo N°03)

✓ **Pendiente Promedio del Cauce Principal.**

Se generó a partir de la longitud del cauce principal y la cota máxima y mínima de la cuenca todo ello obtenido del raster de la cuenca procesada en el programa ArcGIS, La pendiente promedio del cauce principal es de gran importancia ya que es una de las variantes utilizadas para poder determinar el tiempo de concentración.

✓ **Numero de Orden de la Red Hídrica.**

Se generó mediante el programa ArcGis, este dato es importante saber ya que nos da un alcance de magnitud de drenaje de la cuenca. (Ver Anexo N° 02 - Mapa N° 02)

✓ **Altitud Media de la Cuenca.**

Con las curvas de nivel generadas a partir del Raster de la cuenca, y procesando los datos en el programa ArcGis, se obtuvo el resultado de la altitud media.

✓ **Curva Hipsométrica.**

La curva hipsométrica se construyó llevando al eje de las abscisas los valores de la superficie drenada en porcentaje, obtenida hasta un determinado nivel, el cual se lleva al eje de las ordenadas, en metros, esta curva representa el área drenada variando con la altura de la superficie de la cuenca.

➤ **TIEMPO DE CONCENTRACIÓN**

Para determinar el tiempo de concentración se tuvo que utilizar la tabla N°05 Donde se puede observar las ecuaciones que se utilizan en gran medida para cuencas alto andinas, para lograr un resultado más preciso y a criterio del tesista se determinó el promedio general de los resultados de las ecuaciones, por lo que conviene estimarlo lo más aproximado posible.

➤ **INFORMACIÓN DE INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN**

Puesto que nuestra cuenca en estudio no cuenta con datos hidrometeorológicos, se realizó la transferencia de intensidades de la cuenca del río Mashcón utilizando la ecuación N° 13

Antes de realizar la transferencia de intensidades se usaron resultados de pronósticos de intensidades máximas de tormentas críticas anuales de la estación Weberbauer instaladas en las proximidades de la cuenca baja del río Mashcón (Lugar campus de La Universidad Nacional de Cajamarca), información ajustada y simulada mediante el modelo probabilístico Gumbel

ecuación N°01, las intensidades obtenidas se muestran en el anexo N° 03 Tabla N°30, con ello se procedió a realizar la transferencia de intensidades a la cuenca del río Chonta.

➤ **GENERACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.**

El coeficiente de escorrentía C se estableció de acuerdo a las características hidrológicas y geomorfológicas de cuenca, para ello se trabajó con los mapas de tipo de suelo y cobertura vegetal de la zonificación ecológica y económica de Cajamarca. Estos mapas en formato raster fueron procesados para el área de la cuenca, así se dio valores a los diferentes tipos de cobertura vegetal, también tipo de suelo y pendiente de la cuenca como se muestra en el Anexo N° 03 mapas N° 05, 06 y 07. Una vez identificado y tabulado estos valores en el programa Arc Gis, se exportó al programa Excel, donde de acuerdo a la combinación de valores se halló un Coeficiente de escorrentía para cada área con características específicas de la cuenca como se muestra en el anexo Tabla N°31, valor dado según la tabla N° 06, del MTC-2011. Al final se hizo un promedio ponderado considerando el área total de la cuenca, y se halló un coeficiente de escorrentía ponderado para la cuenca.

➤ **GENERACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS.**

Se procedió a determinar con la ecuación N° 14, luego de calcular la intensidad máxima para el tiempo de concentración de la cuenca mediante el software Hidroesta 2.0, el coeficiente de escorrentía, y el área de la cuenca se procede hallar el caudal máximo, teniendo en cuenta las estructuras existentes en el tramo a analizar, y el área posible de inundación, se establece los valores de vida útil y riesgo de falla.

c) MODELAMIENTO HIDRÁULICO.

➤ **PROCESAMIENTOS REALIZADOS EN LA MODELACIÓN MEDIANTE EL PROGRAMA IBER.**

Comprende tres procesos: pre-proceso, procesamiento y post-proceso los cuales describimos a continuación:

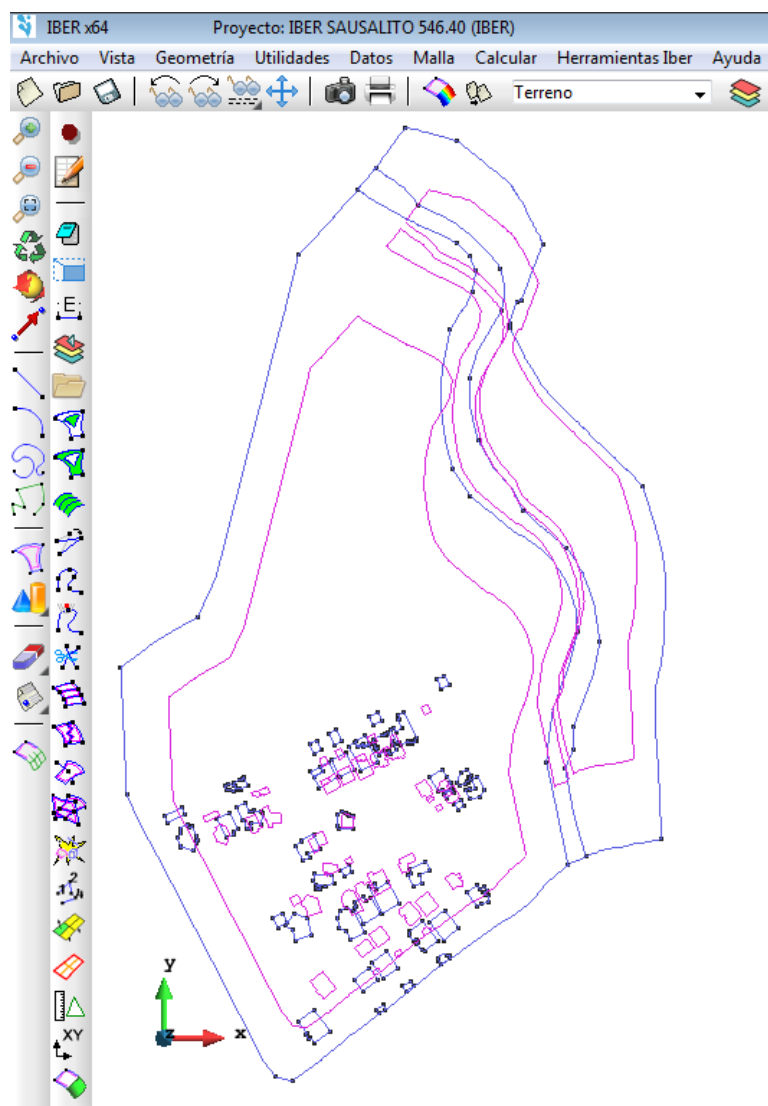
✓ **Pre-proceso**

En esta etapa se desarrolló lo siguiente:

- Se creó la geometría importando desde el mismo ArcGis así como desde el formato dxf, en esta etapa se creó modelos digitales de terreno en formato ASCII. Ya delimitada la zona de estudio se procedió a generar las superficies necesarias para realizar el modelamiento, sectorizando zona de pastoreo así como zona urbana – Condominio con sus respectivas calles y/o jardines. Con las superficies dibujadas, se procedió a la creación de la malla no estructurada.

- Se procedió a realizar las condiciones hidrodinámicas tales como condiciones de contorno de entrada para ello en la entrada se señaló que se puede presentar un régimen crítico/subcrítico y se asignó los caudales máximos a modelar, y se asignó condiciones de contorno de salida.
- Se procedió a introducir la rugosidad; en el Iber la rugosidad se asigna a través de un coeficiente de rugosidad de Manning y a través de dos métodos:
 - a) Asignación según usos del suelo. Con el menú Rugosidad >Usos de suelo se abre la posibilidad de escoger un uso del suelo y asignarlo a las superficies que forman la geometría (o en su caso a los elementos de la malla).
 - b) Asignación automática de datos georeferenciados. La asignación automática del coeficiente de rugosidad se realiza desde el menú: Datos >Rugosidad >Asignación Automática. Para nuestro caso se procedió a realizar de la segunda manera.
- Se procedió a realizar la malla de cálculo que para nuestro caso fue de forma triangular.

Figura N° 15: Pre – Proceso Iber



✓ **Proceso o cálculo**

Para comenzar el cálculo, se tiene que fijar los parámetros de cálculo (datos del problema), mediante las distintas pestañas del menú Datos > Datos del problema.

Luego se procede a la ventana de cálculo donde comienza con el menú Calcular, ya que con ello es posible iniciar directamente (Calcular > Calcular) y a la vez observar mediante la ventana de cálculo (Calcular > Ventana de cálculo), con dicha opción se puede acceder al archivo que muestra el estado del proceso mientras el cálculo se está procesando (Botón Ver salida). Esta opción es importante ya que puede mostrar posibles avisos de errores.

✓ **Post proceso**

En esta etapa se puede visualizar y analizar los resultados se puede visualizar mediante el menú Archivo > postproceso y Archivo > preproceso.

– **Visualización de Resultados.**

Una opción para visualizar resultados es mediante el menú Ventana > ver resultados, la ventana que se abre permite acceder a los distintos grupos de resultados que se pueden visualizar en cada instante de tiempo, como áreas coloreadas, áreas coloreadas suavizadas, o vectores. Iber dispone de multitud de opciones para visualizar y analizar los resultados, personalizar los colores, las leyendas, mostrar etiquetas de valores.

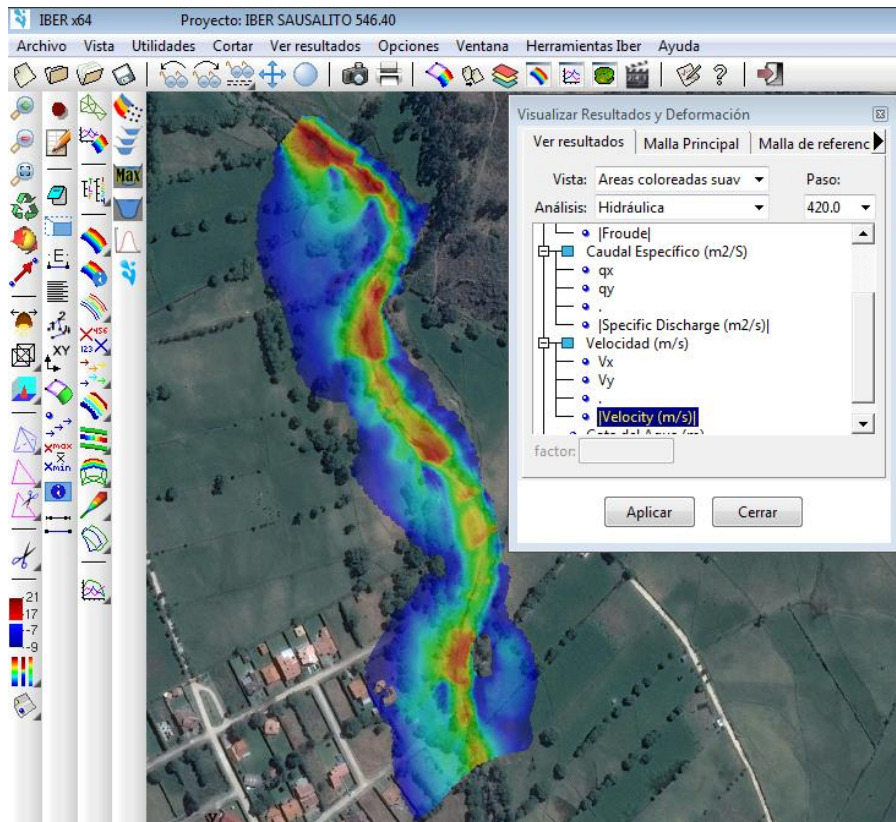
– **Creación de gráficos.**

Los gráficos creados se pueden gestionar con la ventana de gráficos: Ventana > ver gráficos, en la barra de visualización de resultados existen distintos botones de creación de gráficos puesto que con la misma es importante para el análisis de resultados.

– **Exportar resultados en formato raster.**

Para ello se selecciona un resultado, se introduce el valor de un instante de tiempo y un tamaño de celda, luego de ello el programa Iber creará una carleta del proyecto actual, en donde contempla los archivos en formato ASCII, todo ello es a través del menú Iber Herramientas > Resultados en Grid, en donde se deberá seleccionar un resultado.

Figura N° 16: Proceso o cálculo Iber



3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACION DEL RÍO CHONTA

a) Geometría Hidráulica del Río Chonta

Para ello es importante tener en claro que en función de las avenidas, este caudal es el responsable principal de la forma y dimensión del mismo, en tal sentido se obtuvieron los resultados siguientes:

Tabla N° 12: Geometría Hidráulica del río Chonta – Tramo

	Tramo estudiado
Ancho Promedio	24.3 m
Altura promedio de sección transversal	3.6 m
Relación de Forma (B/y)	6.75
Pendiente (%)	1.10 %
Tamaño del material	Guijarros pequeños (125 – 64 mm)

b) Clasificación del río Chonta

✓ Por su edad

Podemos decir que se trata de un río viejo, puesto que las características observables son las siguientes:

- El tramo en estudio se encuentra en un valle amplio
- La pendiente se encuentra caracterizada como pendiente baja.
- No se ha encontrado ningún tipo de rápidas o caídas naturales.

✓ Según la pendiente

Podemos observar que en la tabla N°12, la pendiente promedio del tramo estudiado es de 1.10%, en tal sentido podemos decir que se trata de un río con pendiente baja.

✓ Según el tipo de fondo

De acuerdo al material que se encuentra en el lecho del río Chonta, específicamente el tramo estudiado se pudo determinar que las características del material es de tipo guijarros pequeños oscilando entre (125-64mm).

Figura N° 17: Material del lecho del río – Tramo estudiado



✓ **Según la forma en planta**

Para ello se determinó el grado de sinuosidad, dando como resultado 1.14, y de acuerdo a la figura N°07, sobre clasificación morfológica de ríos, se determinó que es un río recto puesto que el grado de sinuosidad es menor a 1.5.

✓ **Según el grado de libertad**

En el tramo estudiado se evidenció que el río Chonta cuenta con tres grados de libertad, puesto que aparte de alterarse el tirante y la pendiente también puede alterarse las márgenes, ya que en dicho tramo existe material susceptible de ser movido y transportado por la corriente.

Figura N°18: Material de las márgenes susceptibles a ser movido y transportado por la corriente



4.2. MODELAMIENTO HIDRÓLOGICO

Todos los parámetros geomorfológicos determinados se muestra en la tabla N° 13, para ello se tuvo que transferir las intensidades máximas de precipitación de la estación meteorológica Weberbauer cuya cota es de 2750 msnm a la altura media de la cuenca cuya cota es de 3512.507 msnm, dando como escala de altitud igual a 1.28 y la escala de periodos de duración igual a 1, puesto que se transfirió a los mismos periodos de duración estándar.

Tabla N°13: Parámetros Morfométricos de la Cuenca en Estudio (Río Chonta).

DESCRIPCIÓN	UND	Río Chonta	Río Mashcón
De la superficie			
Área	km ²	344.677	311.39
Perímetro de la cuenca	km	106.424	98.18
Índice de Gravelius (Kc)	Adim.	1.617	1.56
Relación de confluencias	Adim.	1.80	-
Coefficiente orográfico	Adim.	0.036	0.040
Factor de Forma (F)	Adim.	0.192	-
Cotas			
Cota máxima	msnm	4274.00	-
Cota mínima	msnm	2666.00	-
Centroide (PSC:wgs 1984 UTM Zone 17S)			
X centroide	m	785961.05	-
Y centroide	m	9220604.95	-
Z centroide	msnm	3566.62	-
Altitud			
Altitud media	msnm	3512.51	3533
Pendiente			
pendiente promedio de la cuenca	%	29.98%	-
De la Red Hídrica			
Longitud del curso principal	km	42.35	-
Orden de la Red Hídrica	UND	4	4
Parámetros Generados			
Tiempo de concentración	horas	8.90	-
pendiente del cauce principal	S	0.038	-

Para ello se tuvo que transferir las intensidades máximas de precipitación de la estación meteorológica Weberbauer cuya cota es de 2750 msnm a la altura media de la cuenca cuya cota es de 3512.507 msnm, dando como escala de altitud el resultado de 1.28 y la escala de periodos de duración igual a 1, puesto que se transfirió a los mismos periodos de duración estándar.

Tabla N°14: Intensidades máximas transferidas a la cuenca en estudio (Río Chonta)

N	J (%)	Tr	INTENSIDADES MÁXIMAS (mm/h)					tc= 534 min
			5 min	10 min	30 min	60 min	120 min	
		∞	-	-	-	-	-	
40	1	3980.5	275.7	197.9	99.5	60.6	38.5	15.1
	2	1980.4	259.8	186.7	94.0	57.3	36.3	14.1
	5	780.3	238.7	171.8	86.7	52.8	33.2	12.8
	10	380.1	222.3	160.3	81.1	49.3	30.9	11.9
	15	246.6	212.5	153.3	77.7	47.2	29.5	11.4
	20	179.8	205.3	148.2	75.2	45.7	28.5	11.1
	25	139.5	199.6	144.2	73.2	44.5	27.6	10.8
	30	112.6	194.7	140.7	71.5	43.4	26.9	10.6
	40	78.8	186.5	135.0	68.7	41.7	25.8	10.2
	50	58.2	179.6	130.1	66.3	40.2	24.8	9.9
	60	44.2	173.3	125.6	64.1	38.9	23.9	9.6
	70	33.7	167.1	121.2	62.0	37.6	23.0	9.4
	80	25.4	160.5	116.6	59.7	36.2	22.0	9.1
90	17.9	152.4	110.8	56.9	34.4	20.9	8.8	
100	1.0	-	-	-	-	-	-	

Figura N° 19: Cálculo de la intensidad máxima de diseño para una duración y periodo de retorno dado, mediante el programa Hidroesta 2.0.

The screenshot shows the 'Hidroesta 2.0' software interface. The main window title is 'Cálculo de la intensidad máxima de diseño para una duración y período de retorno dado'. The interface is divided into two tabs: 'Ingreso de datos y cálculo ecuación Imax' (active) and 'Resultados y gráfico Imax-D-T'.

Ingreso de los tríos de datos T, D, Imax:
 Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

Trío	T (años)	Duración (min)	Imax (mm/hr)
1	3980.467	5.0	275.6533
2	3980.467	10.0	197.9431
3	3980.467	30.0	99.46526
4	3980.467	60.0	60.62387
5	3980.467	120.0	38.54259
6	1980.433	5.0	259.8122
7	1980.433	10.0	186.7489
8	1980.433	30.0	93.99753
9	1980.433	60.0	57.25935
10	1980.433	120.0	22.23827
11	780.3292	5.0	238.6727
12	780.3292	10.0	171.8105
13	780.3292	30.0	86.70097
14	780.3292	60.0	52.76949

Calcular Imax de diseño:
 Período de retorno (T): 780.3 años
 Duración (D): 534 min
 Imax: 12.81 mm/hr

Ecuación de ajuste de Imax:

Ecuación	R	R^2	Se
$Imax = 358.6911 * T^{(0.1001)} * D^{(-0.6367)}$	0.9944	0.9889	8.0025

The interface also includes a toolbar with icons for 'Calcular', 'Graficar', 'Limpiar', 'Imprimir', 'Menú Principal', 'Archivos y resultados' (Crear, Accesar, Excel, Reporte), and a status bar showing '07:58 a.m.' and '16/11/2018'.

Tabla N°15: Intensidades máximas transferidas a la cuenca en estudio (Río Chonta)

N	J (%)	Tr	INTENSIDADES MÁXIMAS (mm/h)					tc= 534 min
			5 min	10 min	30 min	60 min	120 min	
		∞	-	-	-	-	-	
40	1	3980.5	275.7	197.9	99.5	60.6	38.5	15.1
	2	1980.4	259.8	186.7	94.0	57.3	36.3	14.1
	5	780.3	238.7	171.8	86.7	52.8	33.2	12.8
	10	380.1	222.3	160.3	81.1	49.3	30.9	11.9
	15	246.6	212.5	153.3	77.7	47.2	29.5	11.4
	20	179.8	205.3	148.2	75.2	45.7	28.5	11.1
	25	139.5	199.6	144.2	73.2	44.5	27.6	10.8
	30	112.6	194.7	140.7	71.5	43.4	26.9	10.6
	40	78.8	186.5	135.0	68.7	41.7	25.8	10.2
	50	58.2	179.6	130.1	66.3	40.2	24.8	9.9
	60	44.2	173.3	125.6	64.1	38.9	23.9	9.6
	70	33.7	167.1	121.2	62.0	37.6	23.0	9.4
	80	25.4	160.5	116.6	59.7	36.2	22.0	9.1
90	17.9	152.4	110.8	56.9	34.4	20.9	8.8	
100	1.0	-	-	-	-	-	-	

Figura N° 20: Cálculo de la intensidad máxima de diseño para una duración y periodo de retorno dado, mediante el programa Hidroesta 2.0.

The screenshot shows the 'Hidroesta 2.0' software interface. The window title is 'Cálculo de la intensidad máxima de diseño para una duración y período de retorno dado'. The interface is divided into two tabs: 'Ingreso de datos y cálculo ecuación Imax' (active) and 'Resultados y gráfico Imax-D-T'.

Ingreso de los tríos de datos T, D, Imax:
 Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

Trío	T (años)	Duración (min)	Imax (mm/hr)
1	3980.467	5.0	275.6533
2	3980.467	10.0	197.9431
3	3980.467	30.0	99.46526
4	3980.467	60.0	60.62387
5	3980.467	120.0	38.54259
6	1980.433	5.0	259.8122
7	1980.433	10.0	186.7489
8	1980.433	30.0	93.99753
9	1980.433	60.0	57.25935
10	1980.433	120.0	22.23827
11	780.3292	5.0	238.6727
12	780.3292	10.0	171.8105
13	780.3292	30.0	86.70097
14	780.3292	60.0	52.76949

Calcular Imax de diseño:
 Período de retorno (T): 246.6 años
 Duración (D): 534 min
 Imax: 11.41 mm/hr

Ecuación de ajuste de Imax:

Ecuación	R	R^2	Se
$Imax = 358.6911 * T^{(0.1001)} * D^{(-0.6367)}$	0.9944	0.9889	8.0025

The interface also includes a toolbar with icons for 'Calcular', 'Graficar', 'Limpiar', 'Imprimir', 'Menú Principal', 'Archivos y resultados' (Crear, Accesar, Excel, Reporte), and a status bar showing '08:00 a.m.' and '16/11/2018'.

Tabla N°16: Intensidades máximas transferidas a la cuenca en estudio (Río Chonta)

N	J (%)	Tr	INTENSIDADES MÁXIMAS (mm/h)					tc= 534 min
			5 min	10 min	30 min	60 min	120 min	
		∞	-	-	-	-	-	
40	1	3980.5	275.7	197.9	99.5	60.6	38.5	15.1
	2	1980.4	259.8	186.7	94.0	57.3	36.3	14.1
	5	780.3	238.7	171.8	86.7	52.8	33.2	12.8
	10	380.1	222.3	160.3	81.1	49.3	30.9	11.9
	15	246.6	212.5	153.3	77.7	47.2	29.5	11.4
	20	179.8	205.3	148.2	75.2	45.7	28.5	11.1
	25	139.5	199.6	144.2	73.2	44.5	27.6	10.8
	30	112.6	194.7	140.7	71.5	43.4	26.9	10.6
	40	78.8	186.5	135.0	68.7	41.7	25.8	10.2
	50	58.2	179.6	130.1	66.3	40.2	24.8	9.9
	60	44.2	173.3	125.6	64.1	38.9	23.9	9.6
	70	33.7	167.1	121.2	62.0	37.6	23.0	9.4
	80	25.4	160.5	116.6	59.7	36.2	22.0	9.1
90	17.9	152.4	110.8	56.9	34.4	20.9	8.8	
100	1.0	-	-	-	-	-		

Figura N° 21: Cálculo de la intensidad máxima de diseño para una duración y periodo de retorno dado, mediante el programa Hidroesta 2.0.

Cálculo de la intensidad máxima de diseño para una duración y periodo de retorno dado

Ingreso de datos y cálculo ecuación Imax | Resultados y gráfico Imax-D-T

Ingreso de los tríos de datos T, D, Imax:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

Trío	T (años)	Duración (min)	Imax (mm/hr)
1	3980.467	5.0	275.6533
2	3980.467	10.0	197.9431
3	3980.467	30.0	99.46526
4	3980.467	60.0	60.62387
5	3980.467	120.0	38.54259
6	1980.433	5.0	259.8122
7	1980.433	10.0	186.7489
8	1980.433	30.0	93.99753
9	1980.433	60.0	57.25935
10	1980.433	120.0	22.23827
11	780.3292	5.0	238.6727
12	780.3292	10.0	171.8105
13	780.3292	30.0	86.70097
14	780.3292	60.0	52.76949

Calcular Imax de diseño:
 Período de retorno (T): 139.5 años
 Duración (D): 534 min
Imax: 10.78 mm/hr

Ecuación de ajuste de Imax:

Ecuación	R	R ²	Se
$Imax = 358.6911 * T^{(0.1001)} * D^{(-0.6367)}$	0.9944	0.9889	8.0025

Archivos y resultados:
 Calcular | Graficar | Limpiar | Imprimir | Menú Principal | Crear | Accesar | Excel | Reporte

08:01 a.m. | 16/11/2018

a) Caudales máximos obtenidos de la cuenca del río Chonta por el Método racional

Los valores principales para la generación de caudales por el método racional son el área de la cuenca (Tabla N° 13) las intensidades máximas horaria correspondientes al tiempo de concentración y el coeficiente de escorrentía (Anexo N° 03 – Tabla N° 31).

Tabla N°17: Caudales máximos generado por el método racional – Cuenca Río Chonta

N	J (%)	Tr	tc (min)	Qmax
			534	(m3/s)
		∞		
40	1	3980.5	15.1	606.61
	2	1980.4	14.1	565.67
	5	780.3	12.8	515.32
	10	380.1	11.9	479.52
	15	246.6	11.4	459.20
	20	179.8	11.1	444.89
	25	139.5	10.8	433.75
	30	112.6	10.6	424.56
	40	78.8	10.2	409.64
	50	58.2	9.9	397.40
	60	44.2	9.6	386.56
	70	33.7	9.4	376.28
	80	25.4	9.1	365.69
90	17.9	8.8	353.11	
100	1.0			

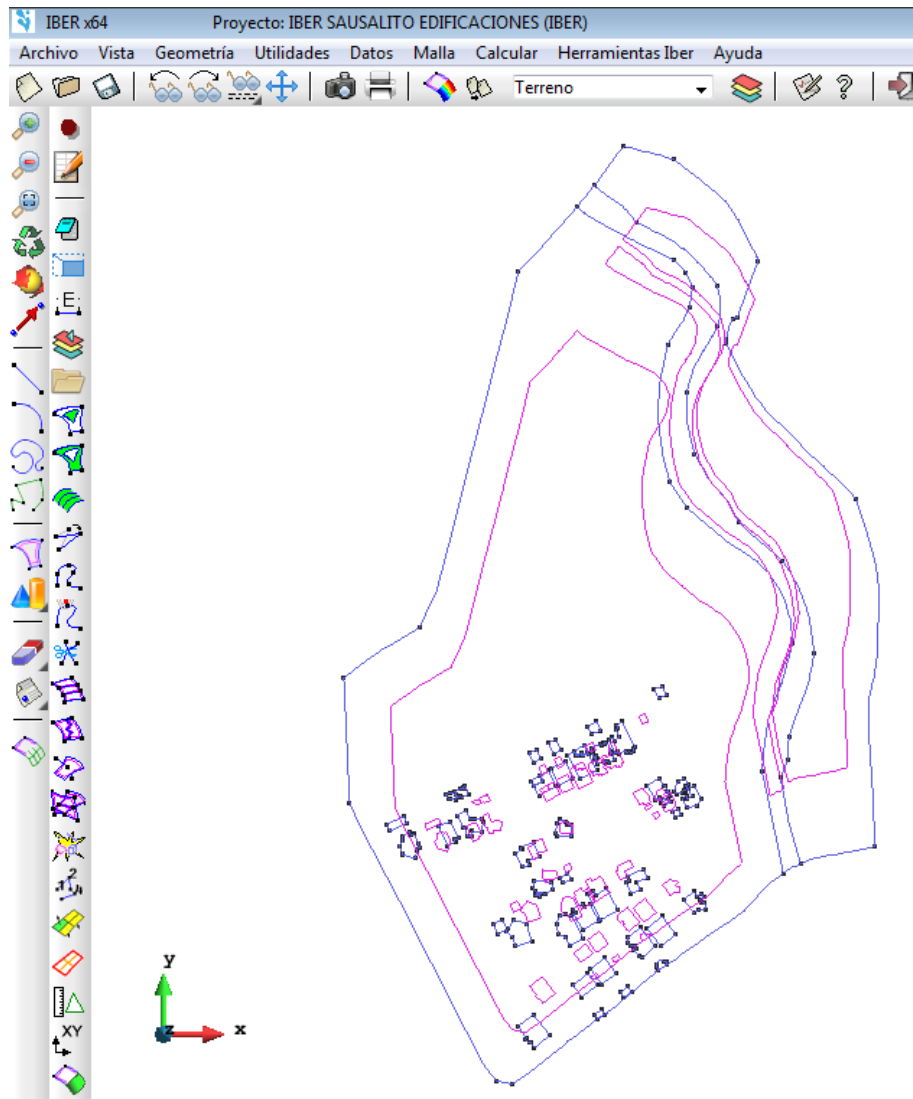
4.3. MODELAMIENTO HIDRÁULICO

a) Generación - proceso Iber

➤ Creación e importación de geometría:

En función a la geometría en formato DXF para luego transformarlo a formato Shapefile, de toda de todo el tramo en estudio, generadas mediante el levantamiento topográfico se muestra a continuación.

Figura N° 22: Creación e importación de geometría



➤ Asignación de Rugosidad

De acuerdo a la tabla N°09 sobre Valores del coeficiente de rugosidad de Manning y la tabla N°10 que nos brinda Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante la ecuación N° 45, se determinó los valores siguientes:

Tabla N°18: Rugosidad “n” de Manning de las áreas inundables

Descripción	Rugosidad “n” Manning
Jardín de césped	0.025
Pasto alto	0.035
Pasto corto	0.030
Trocha de grava	0.029
Cauce natural	0.045
Terreno pedregosos	0.050
Suelo	0.025
Zona urbana	0.028

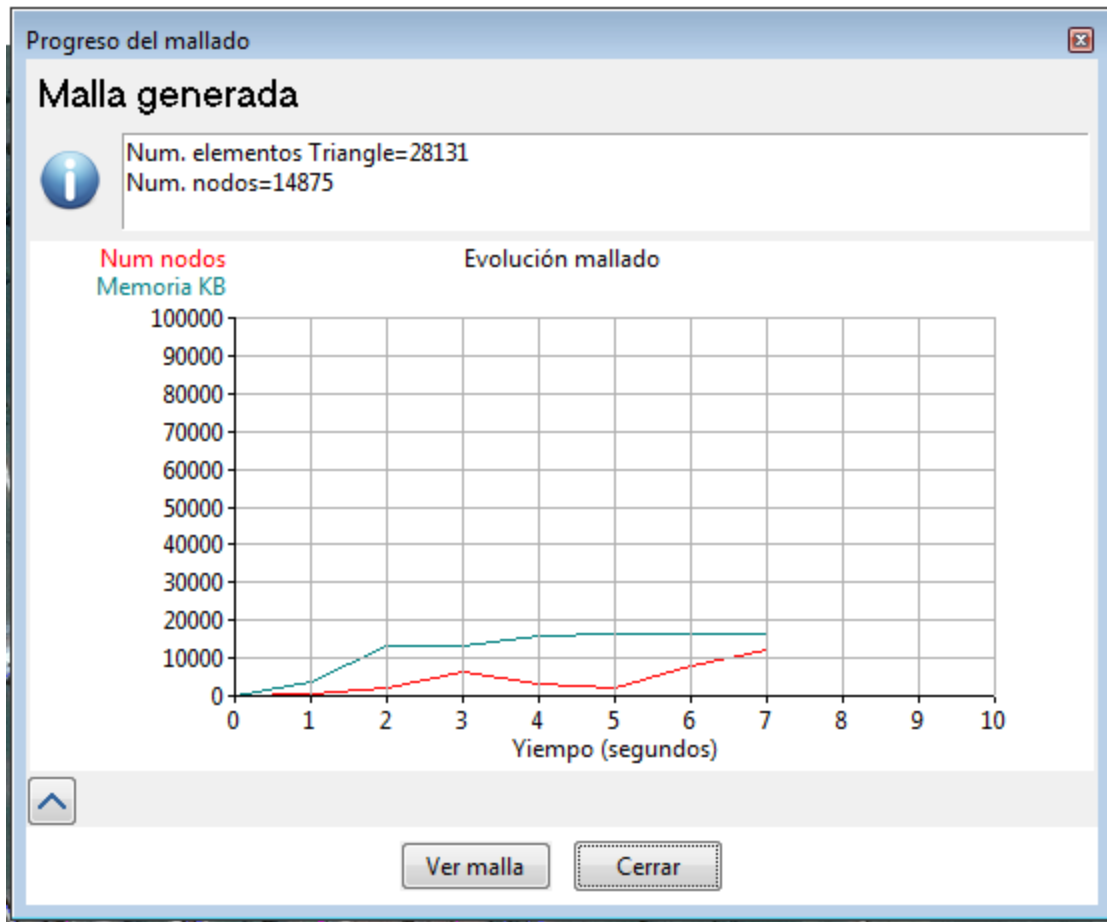
Figura N° 23: Rugosidades Manning



➤ Creación de malla no estructurada

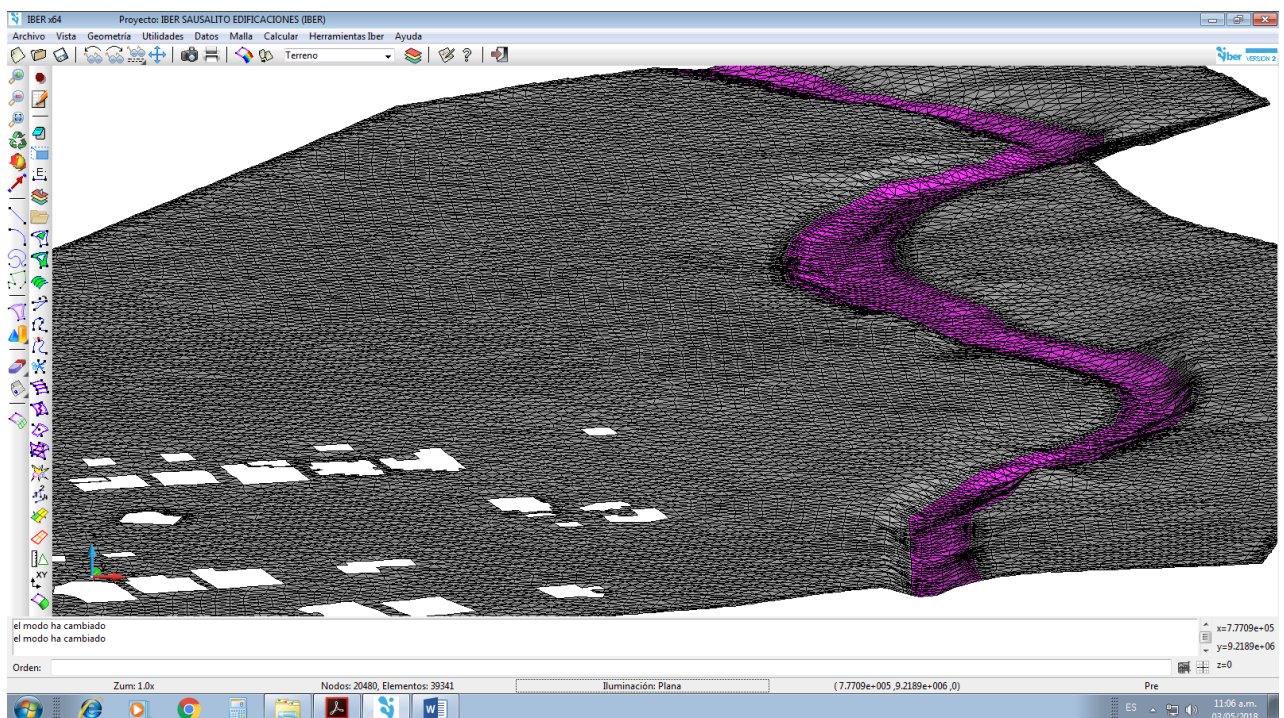
La generación de la malla no estructurada mediante el programa Iber cuenta con 28131 elementos triangulares y con 14875 nodos, mostrados en la figura N° 24

Figura N° 24: Resultados malla no estructurada



➤ **Asignación de elevación**

Figura N° 25: Asignación de elevación del tramo en estudio



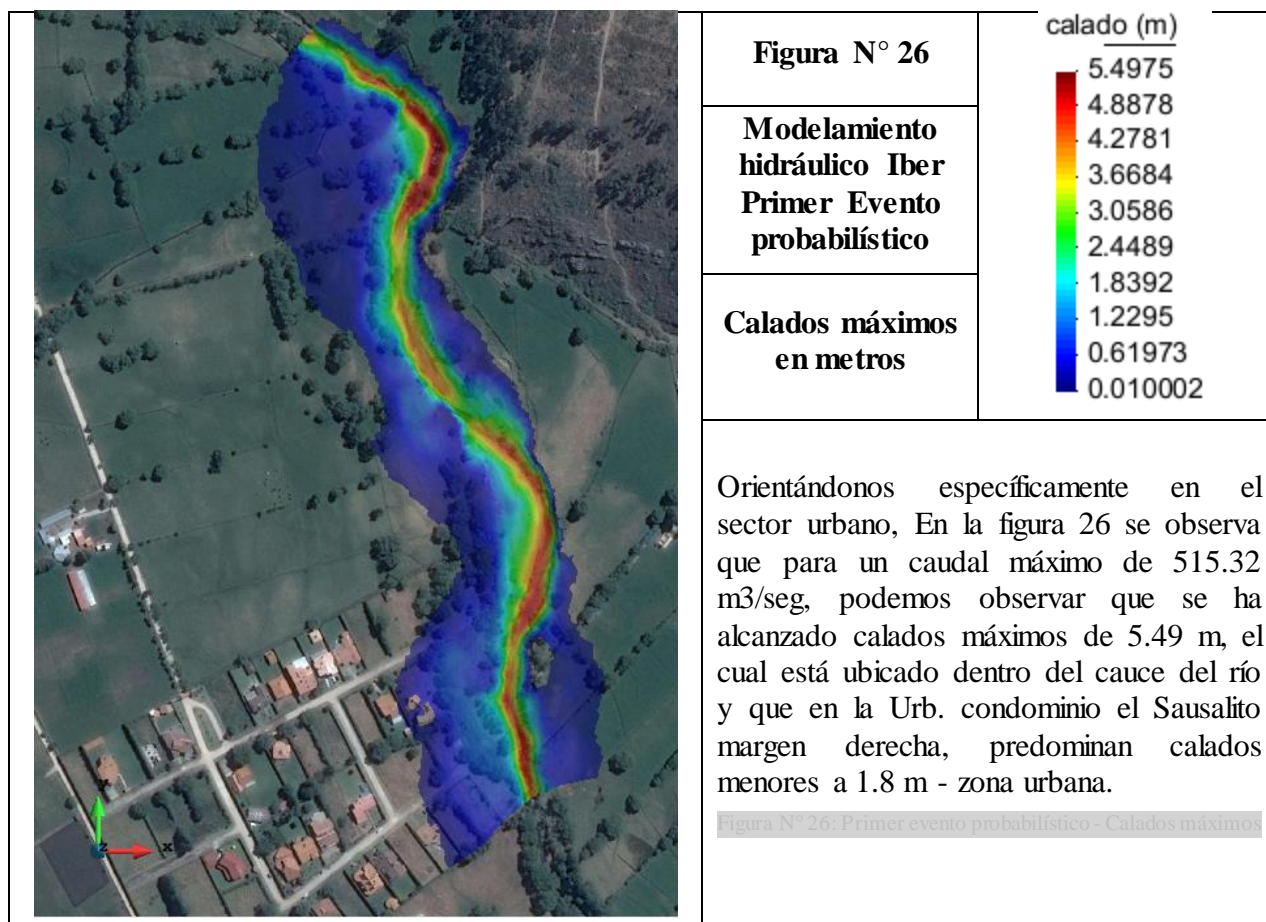
b) Modelamiento - Simulación hidráulica del área en estudio mediante Software Iber

De acuerdo al plano catastral de la Municipalidad Distrital de Los Baños del Inca la zona denominada como Urbanización Condominio El Sausalito, es catalogada como área de expansión Urbana, en tal sentido y de acuerdo a la expansión demográfica de la zona, vemos que en estos últimos años va en aumento, es por ello que de acuerdo tanto a las inspecciones oculares así como a las imágenes satelitales de años anteriores, se ha tenido por conveniente y a criterio del tesista modelar tres escenarios posibles.

Tabla N°19: Casos probabilísticos a simular con el programa Iber

		Periodo de diseño del Modelamiento	Riesgo admisible (%)	Tiempo de Retorno (años)	Caudal Máximo (m3/sg)
Modelamiento Hidráulico	1 ^{er} Caso	40	5	780.3	515.32
	2 ^{do} Caso	40	15	246.6	459.20
	3 ^{er} Caso	40	25	139.5	433.75

Resultados Escenario N°01: Utilizando el programa Iber y optando por el **primer caso probabilístico** donde el caudal máximo es $Q_{\text{máx}}=515.32 \text{ m}^3/\text{sg}$, haciendo que el caudal de entrada sea igual al caudal de salida, obteniéndose los siguientes resultados:



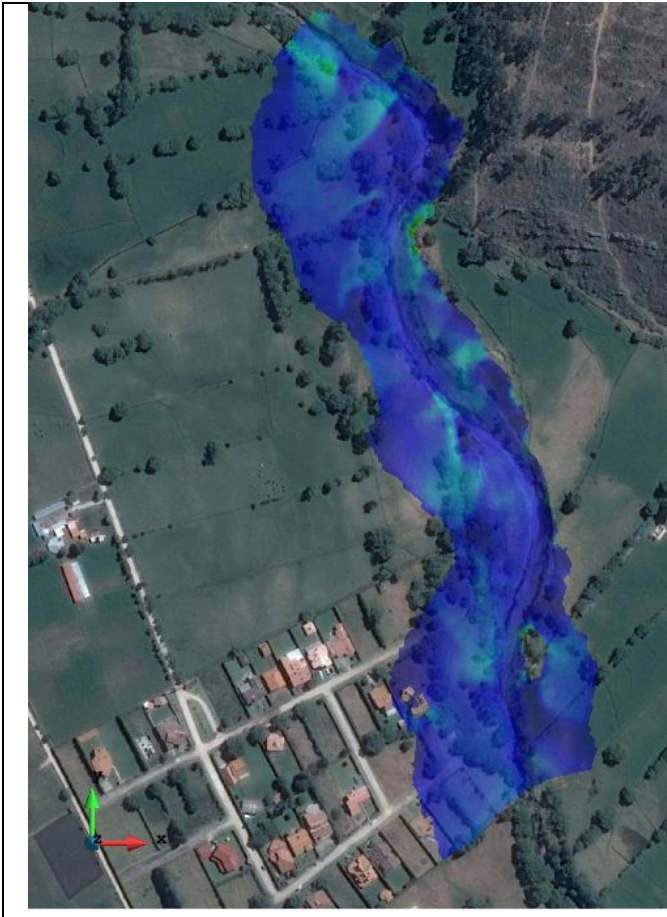


Figura N° 27	 Froude
Modelamiento hidráulico Iber Primer Evento probabilístico	6.1383
	5.4562
	4.7742
	4.0922
	3.4102
	2.7281
	2.0461
	1.3641
Número de Froude	0.68206
	3.2246e-05

Orientándonos específicamente en el sector urbano, En la figura 27 se observa que para un caudal máximo de 515.32 m³/seg, se han presentado números de Froude menores a 1 es decir flujo Subcrítico.

Figura N° 27: Primer evento probabilístico – Numero de Froude

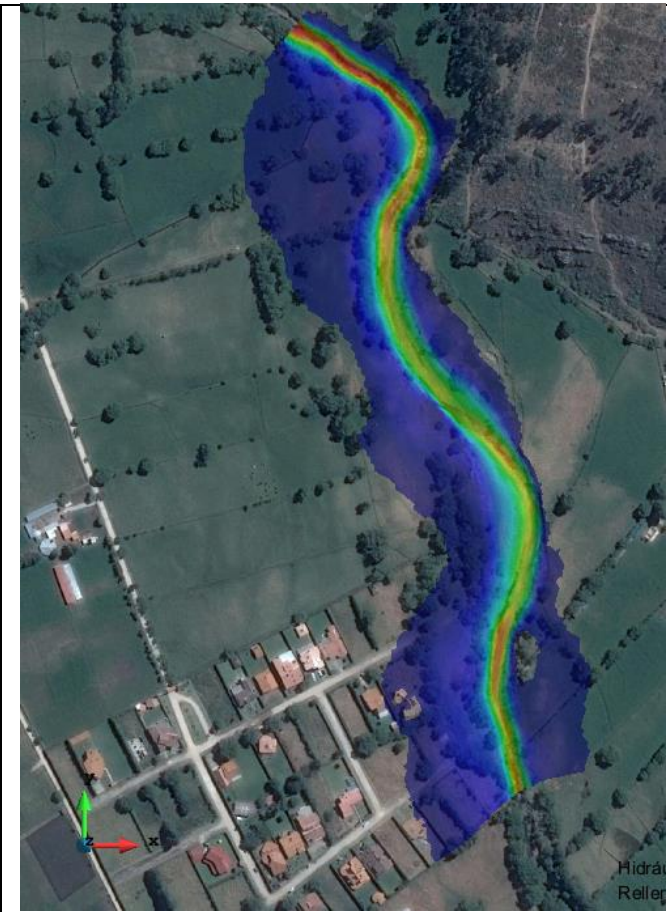


Figura N° 28	 Specific Discharge (m²/s
Modelamiento hidráulico Iber Primer Evento probabilístico	31.082
	27.628
	24.175
	20.721
	17.268
	13.814
	10.361
	6.907
Caudal Específico	3.4535
	9.8078e-06

En la figura 28 específicamente en el sector urbano se observa que para un caudal máximo de 515.32 m³/seg, el caudal específico del río particularmente en el cauce principal, se encuentra entre el orden de 21 m³/seg/m eje del cauce y 7 m³/seg/m sector urbano.

Figura N° 28: Primer evento probabilístico – Caudal Especifico

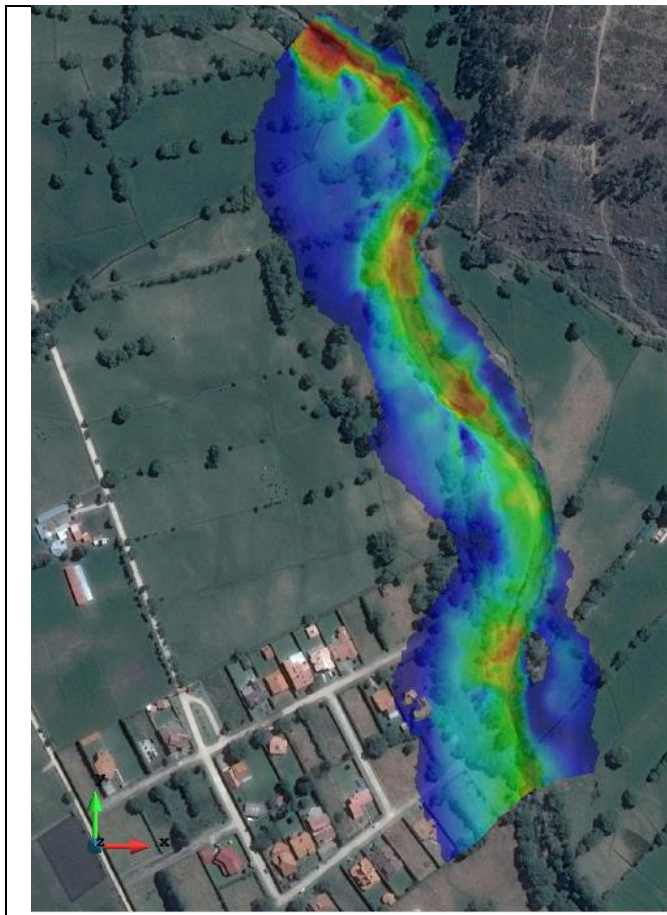


Figura N° 29	Velocity (m/s)
Modelamiento hidráulico Iber Primer Evento probabilístico	
Velocidades Máx y Mín	

En la figura 29 específicamente en el sector urbano se observa que para un caudal máximo de 515.32 m³/seg, la velocidad máxima presentada es de 6.5 m/seg en el cauce del río, por otra parte también podemos observar que en la Urbanización Condominio El Sausalito las velocidades pueden llegar hasta 4.5m/sg.

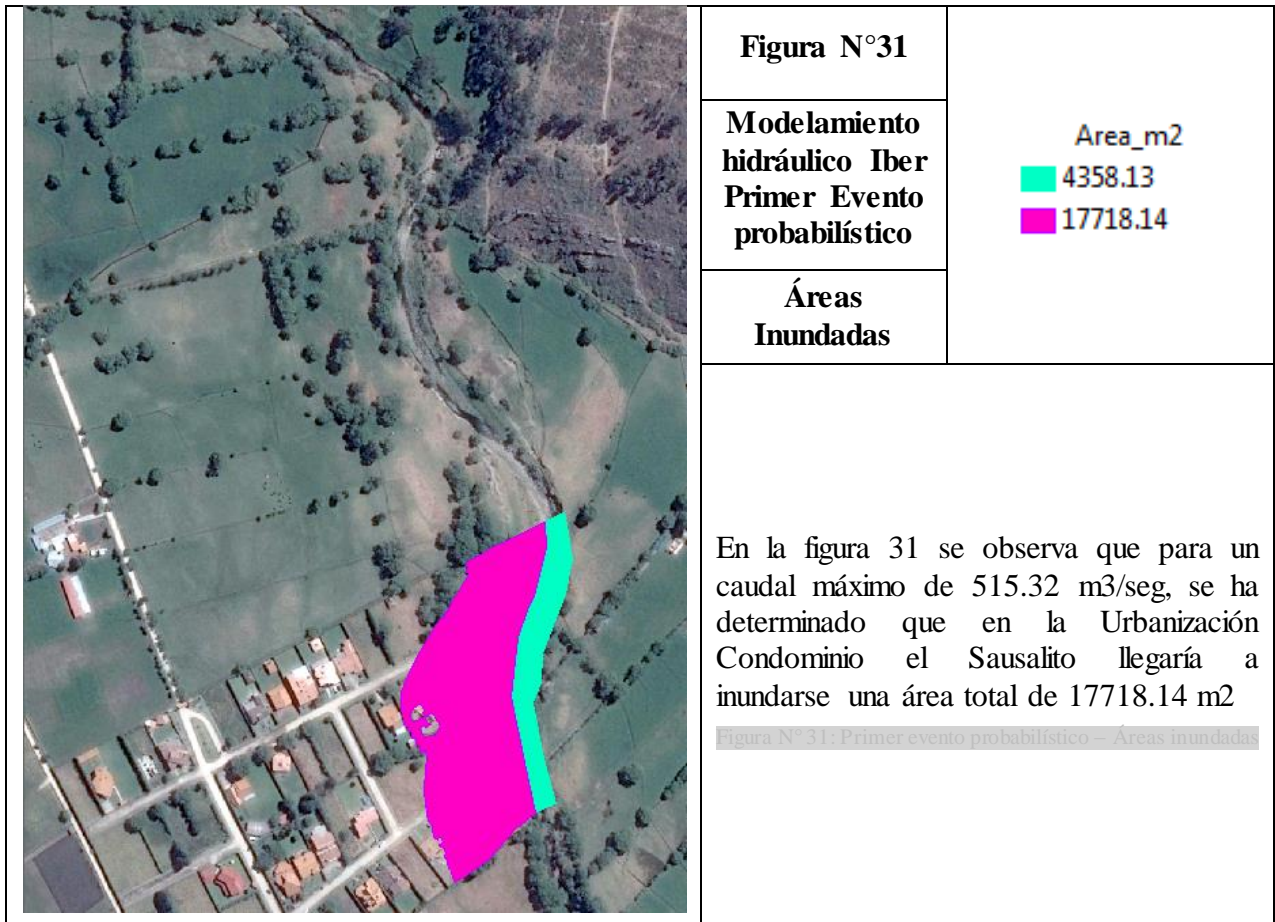
Figura N° 29: Primer evento probabilístico – Velocidades Máx y Mín



Figura N° 30	
Modelamiento hidráulico Iber Primer Evento probabilístico	
Área Peligrosidad	

En la figura 30 analizando específicamente el sector urbano se observa que para un caudal máximo de 515.32 m³/seg, gran parte de la Urb. condominio el Sausalito se encuentre con peligrosidad alta y se puede notar que con dicho caudal serían afectadas algunas viviendas, pero con peligrosidades moderas y bajas.

Figura N° 30: Primer evento probabilístico – Área Peligrosidad



Resultados Escenario N°02: Utilizando el programa Iber y optando por el **segundo caso probabilístico** donde el caudal máximo es $Q_{\text{máx}}=459.20$ m³/sg, haciendo que el caudal de entrada sea igual al caudal de salida, se obtienen los siguientes resultados:

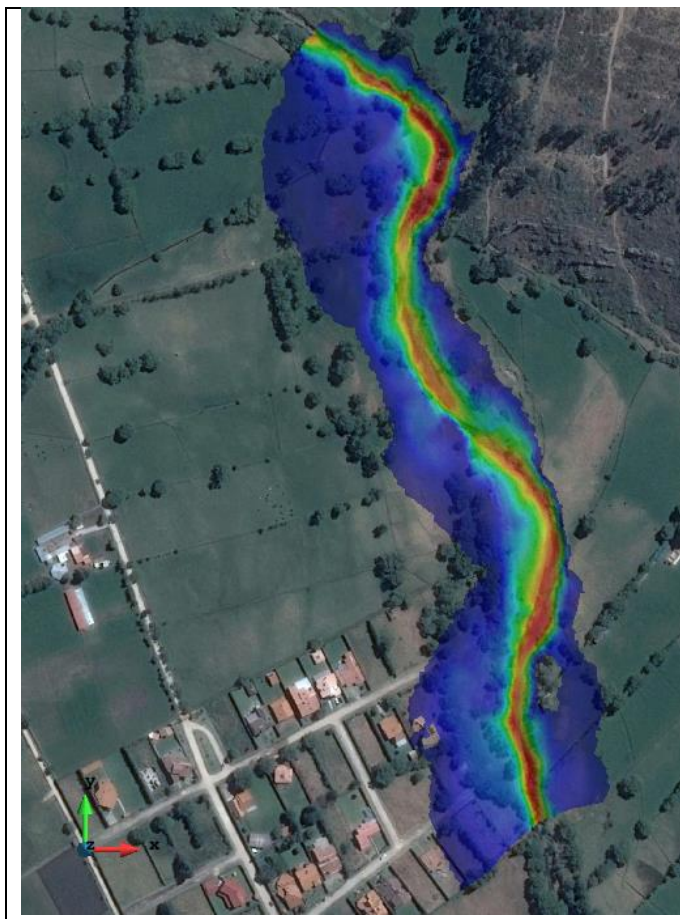


Figura N° 32	calado (m)
Modelamiento hidráulico Iber Segundo Evento probabilístico	
Calados máximos en metros	

En la figura 32 analizando específicamente el área denominada como proyección urbana, se observa que para un caudal máximo de 459.20 m³/sg, se ha logrado determinar calados máximos de 1.70 m, y en el cauce mismo del río podemos observar que predominan calados de 4.70 m.

Figura N° 32: Segundo evento probabilístico - Calados máximos

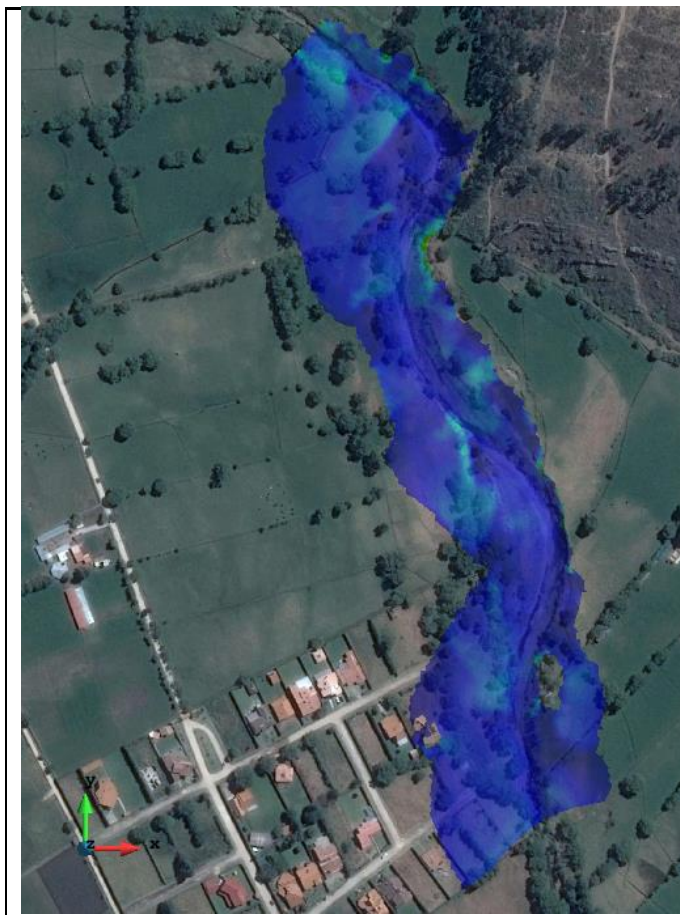


Figura N° 33	 Froude
Modelamiento hidráulico Iber segundo Evento probabilístico	
Número de Froude	

En la figura 32 analizando específicamente el área denominada como proyección urbana, se observa que para un caudal máximo de 459.20 m³/sg, se evidencia que el número de Froude predominante son menores a 1 es decir flujo Subcrítico.

Figura N° 33: Segundo evento probabilístico - Numero de Froude

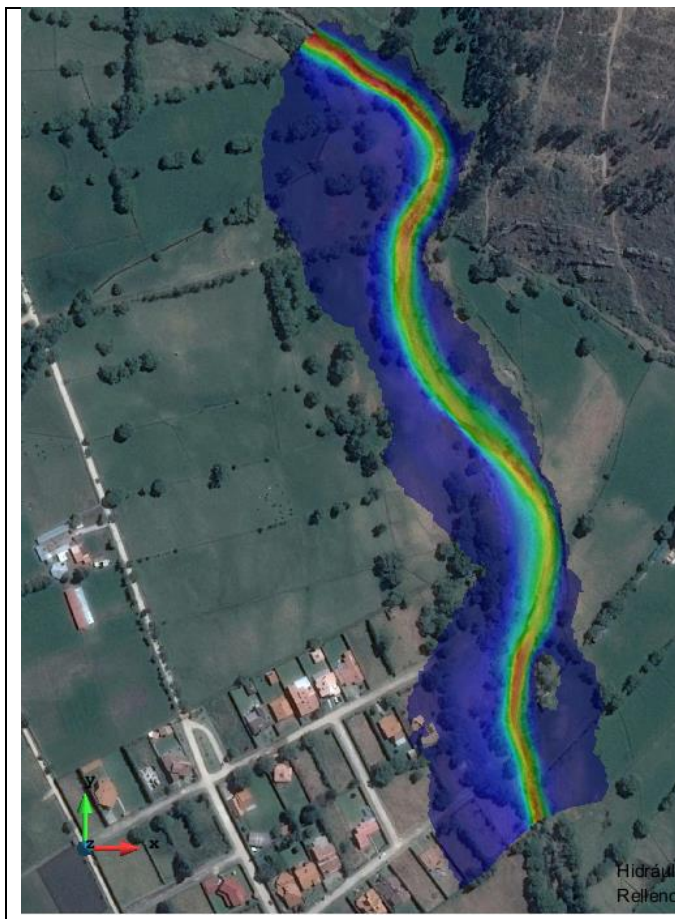
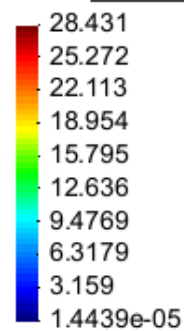


Figura N° 34

Modelamiento hidráulico Iber segundo evento probabilístico

Caudal Específico

|Specific Discharge (m²/s)



En la figura 28 analizando el área denominada como proyección urbana, se observa que para un caudal máximo de 459.20 m³/sg, el caudal específico del río particularmente en el cauce principal, se encuentra entre el orden de 20 m³/seg/m eje del cauce y 6 m³/seg/m en dicha área proyectada.

Figura N° 34: Segundo evento probabilístico – Caudal Específico

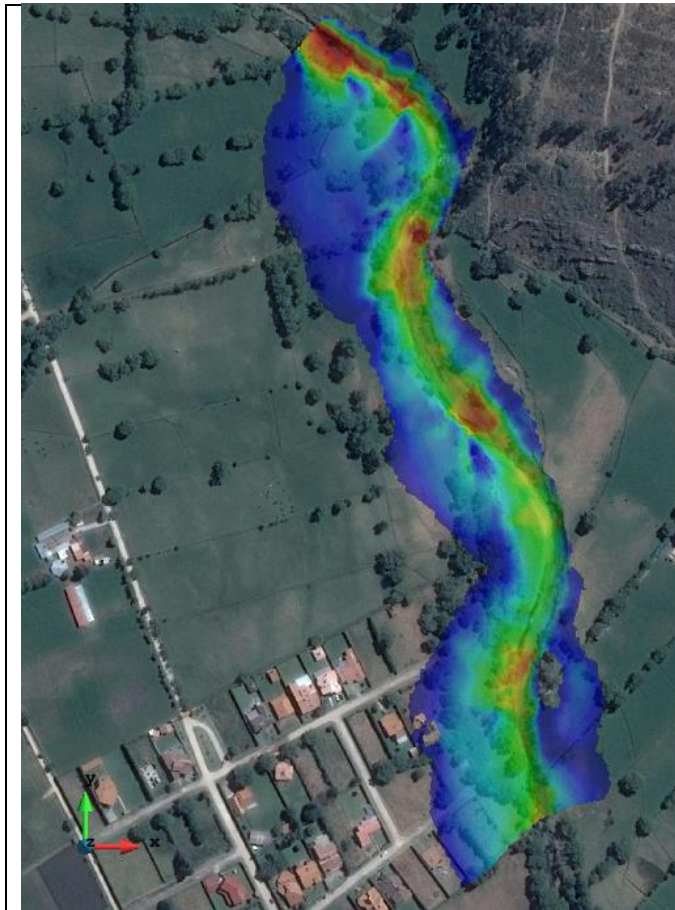
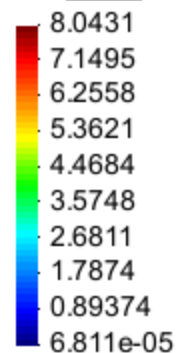


Figura N° 35

Modelamiento hidráulico Iber segundo evento probabilístico

Velocidades Máx y Mín

|Velocity (m/s)|



En la figura 35 se observa en el área de proyección urbana que para un caudal máximo de 459.20 m³/seg, la velocidad máxima presentada es de 2.8 m/seg, por otra parte también se observa que en el cauce del río predominan velocidades máximas de 3.5 m/sg.

Figura N° 35: Segundo evento probabilístico – Velocidades Máx y Mín



Figura N° 36	
Modelamiento hidráulico Iber segundo Evento probabilístico	<ul style="list-style-type: none"> <all other values> gridcode Sin Peligrosidad Peligr. Moderada Peligr. Alta
Área Peligrosidad	

En la figura 36 se observa que para un caudal máximo de 459.20 m³/seg, la peligrosidad Alta es la más predominante en el sector denominado como proyección urbana, ello es de acuerdo a la normativa ACA.

Figura N° 36: Segundo evento probabilístico – Área peligrosidad

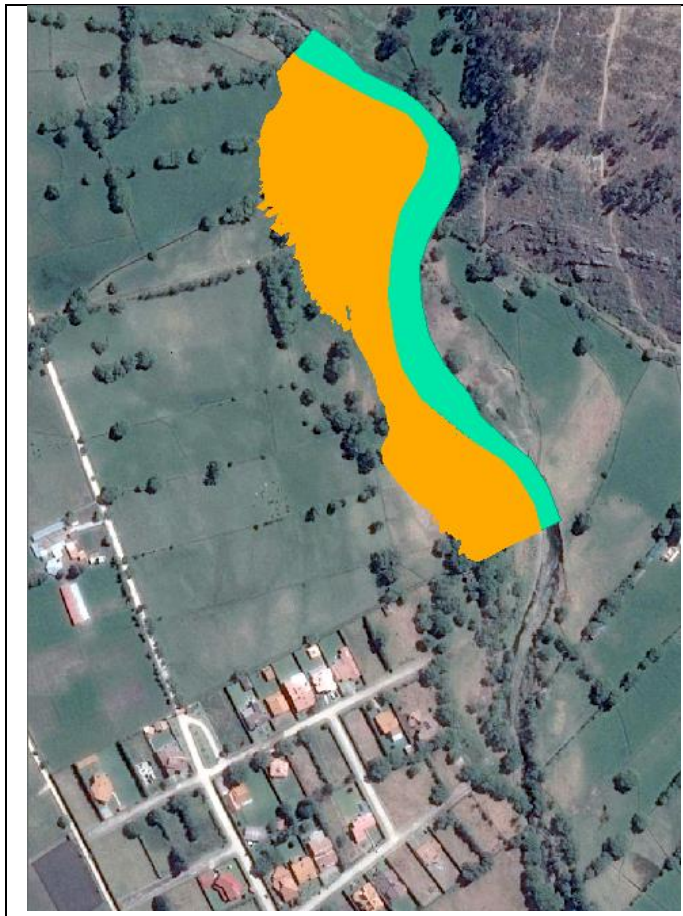
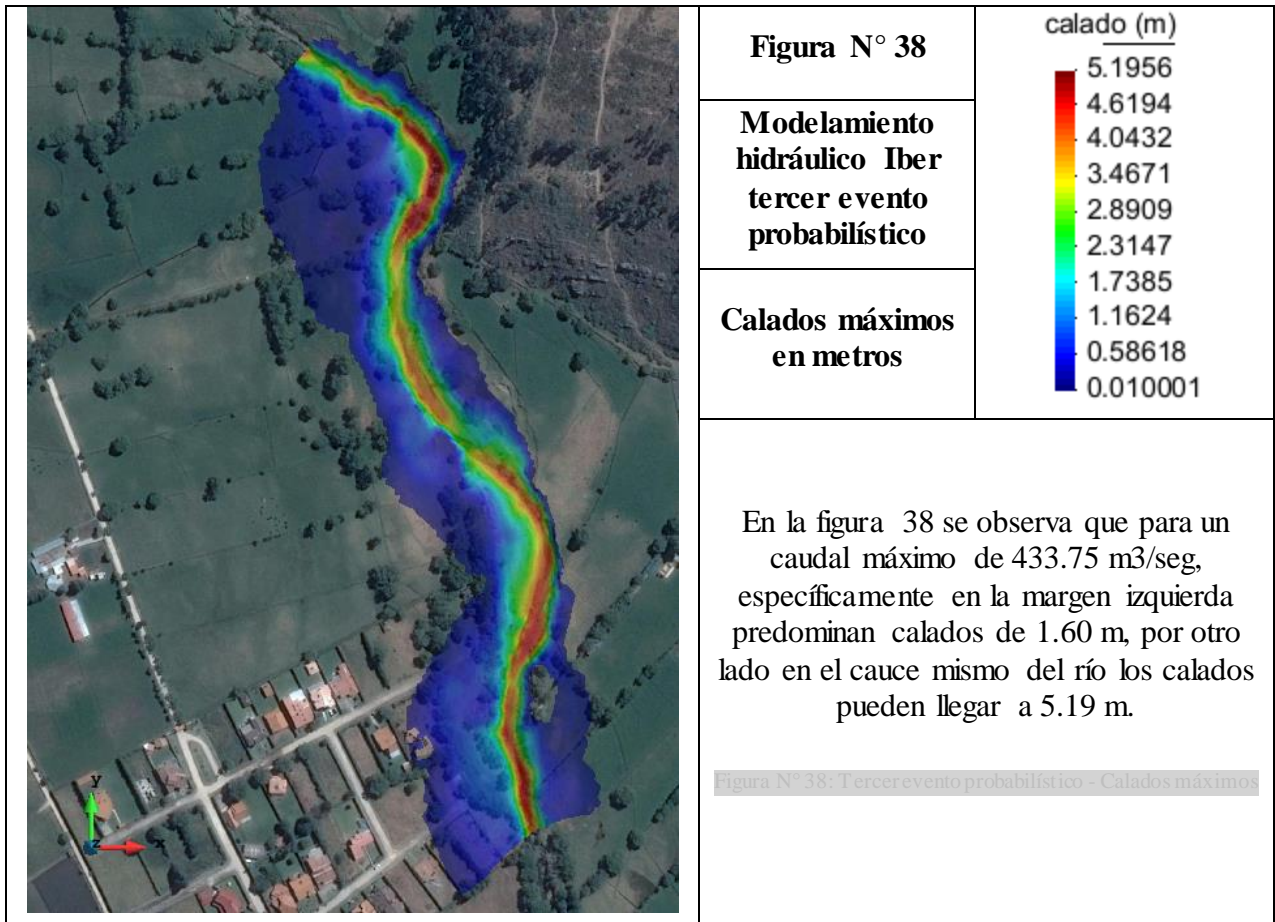


Figura N°37	
Modelamiento hidráulico Iber segundo evento probabilístico	<p style="text-align: right;">Area_m2</p> <ul style="list-style-type: none"> 10885.58 27924.04
Áreas Inundadas	

En la figura 37 se observa que para un caudal máximo de 459.20 m³/seg, existiría una inundación de 27924.04 m² en el área denominada como zona de expansión urbana.

Figura N° 37: Segundo evento probabilístico – Áreas inundadas

Resultados Escenario N°03: Utilizando el programa Iber y optando por el **tercer caso probabilístico** donde el caudal máximo es $Q_{\text{máx}}=433.75 \text{ m}^3/\text{sg}$, haciendo que el caudal de entrada sea igual al caudal de salida, se obtienen los siguientes resultados:



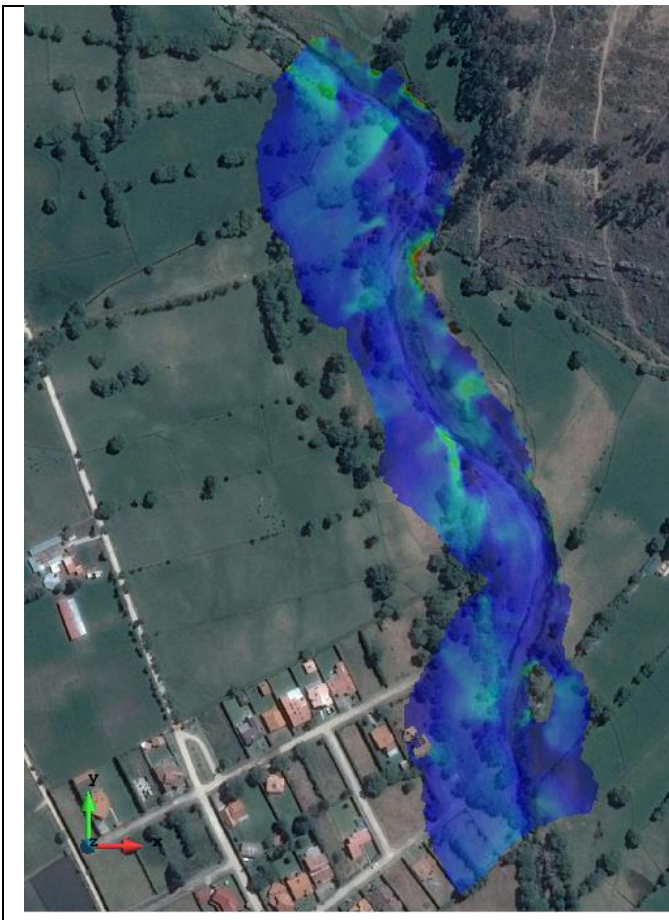


Figura N° 39	 Froude
Modelamiento hidráulico Iber tercer evento probabilístico	
Número de Froude	

En la figura 39 se observa que para un caudal máximo de 433.75 m³/seg, se evidencia que el número de Froude predominante son menores a 1 es decir flujo Subcrítico, y partes como en el tramo que colinda con el cerro del BIM Zepita N°07 donde la pendiente es un poco pronunciada se observan números de Froude mayores a 1, es decir flujo Supercrítico.

Figura N° 39: Tercer evento probabilístico – Numero de Froude



Figura N° 40	 Specific Discharge (m²/s)
Modelamiento hidráulico Iber tercer evento probabilístico	
Caudal Específico	

En la figura 40 analizando el área de la margen izquierda, se observa que para un caudal máximo de 433.75 m³/sg, el caudal específico predominante es de 5 m³/seg/m mientras del cauce del río se encuentra en el orden de 18 m³/seg/m

Figura N° 40: Tercer evento probabilístico – Caudal Especifico

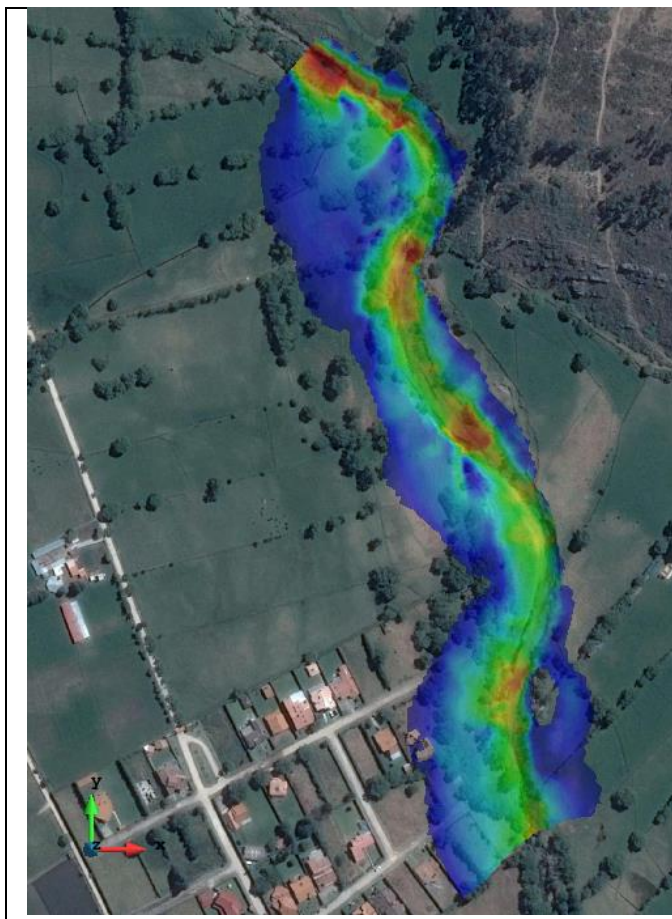


Figura N° 41	[Velocity (m/s)]
Modelamiento hidráulico Iber tercer evento probabilístico	
Velocidades Máx y Mín	

En la figura 41 se observa que para un caudal máximo de 433.75 m³/sg, específicamente en la margen izquierda, las velocidades predominantes son alrededor de 2.6 m/sg, por otra parte también se observa que en el cauce del río predominan velocidades máximas de 5.30 m/sg.

Figura N° 41: Tercer evento probabilístico – Velocidades Máx y Mín



Figura N° 42	
Modelamiento hidráulico Iber tercer evento probabilístico	
Área Peligrosidad	

En la figura 42 se observa que para un caudal máximo de 433.75 m³/seg, específicamente en la margen izquierda existiría inundaciones no muy severas que predominarían peligrosidades altas y moderadas, pero con áreas mínimas de inundación.

Figura N° 42: Tercer evento probabilístico – Área peligrosidad



Figura N°43	
Modelamiento hidráulico Iber tercer evento probabilístico	<p style="text-align: right;">Area m2</p> <p>■ 10824.84</p> <p>■ 15225.58</p>
Áreas Inundadas	
<p>En la figura 43 se observa que para un caudal máximo de 433.75 m³/seg, se ha determinado que en la margen izquierda llegaría a inundarse una área total de 10824.84m².</p> <p><small>Figura N° 43: Tercer evento probabilístico – Áreas inundadas</small></p>	

IV. CONCLUSIONES Y RECOMEN DACIONES

CONCLUSIONES

- Se logró determinar las áreas inundables con diferentes casos probabilísticos los cual se detalla en el siguiente cuadro.

Tabla N°20: Áreas inundables con diferentes casos probabilísticos

		Zona modelada	Riesgo admisible (%)	Caudal Máximo	Área Inundada
Modelamiento Hidráulico	1 ^{er} Caso	Sector Urbano	5	515.32 m ³ /sg	17718.14 m ²
	2 ^{do} Caso	Proyección Urbana	15	459.20 m ³ /sg	27924.04 m ²
	3 ^{er} Caso	Margen Izquierda	25	433.75 m ³ /sg	10824.84 m ²

- Se recopiló y procesó la información cartográfica gracias el Satélite ASTER, con una resolución de 12 m, logrando así que los resultados sean confiables. Se logró realizar el levantamiento topográfico del tramo en estudio con estación total, para luego realizar el procesamiento de los datos de los puntos obtenidos, ello jugó un rol importante en la identificación de las áreas inundables, puesto que con dichos datos se asignó la elevación a la malla de cálculo en el programa Iber.
- Se caracterizó el río Chonta tramo “Huayrapongo – Urbanización condominio el Sausalito” fue caracterizado morfológicamente siendo este un río viejo por su edad, de pendiente baja, según el tipo de fondo está considerado con materiales tipo guijarros pequeños, según la forma es recto, y tienen tres grados de libertad. El coeficiente de rugosidad de Manning en el cauce natural es de 0.045.
- Se recopilo y proceso las intensidades máximas de precipitación de estudios anteriores de la estación meteorológica Augusto Weberbauer de cota 2536 msnm, ubicada en la proximidad de la cuenca baja del río Mashcón. Mediante la ecuación de transferencia de intensidades de precipitación, se procedió a determinar las intensidades máximas a la altura media de la cuenca del río Chonta con cota 3512.507, lográndose determinar que la escala de altitudes es de 1.39 y la escala de periodos de duración es igual a 1, con ello se dió solución al problema de la falta de información hidrológica en la cuenca, ya que a la fecha no cuenta con estación meteorológica.

- Se realizó el modelamiento hidrológico a partir de las intensidades máximas generadas, determinándose también el tiempo de concentración de la cuenca siendo igual a 534 minutos, al mismo tiempo se logró determinar las simulaciones de máximos caudales para diferentes escenarios en función de la vida útil y riesgo de falla, El Qmax se logró determinar mediante el método racional y para ello se requirió determinar el coeficiente C de escorrentía y para ello fue de vital importancia el uso del SIG ya que facilitó en gran manera la obtención del coeficiente de escorrentía en el método racional una variable que explica el comportamiento de toda la cuenca, este coeficiente fue hallado mediante el procesamiento de datos gracias al SIG de tipo de suelo, rugosidad y pendiente de la cuenca, entonces de acuerdo a la vida útil prevista y al riesgo de falla formulamos así tres escenarios posibles que detallamos a continuación.

Tabla N°21: escenarios modelados hidrológicamente.

Escenario	Periodo de diseño del Modelamiento	Riesgo	Tc	Imáx	Qmáx
1 escenario	40 años	5 %	534 min	12.81 mm/hr	515.32 m ³ /sg
2 escenario	40 años	15 %	534 min	10.42 mm/hr	459.20 m ³ /sg
3 escenario	40 años	25 %	534 min	10.79 mm/hr	433.75 m ³ /sg

- Se modeló hidráulicamente las áreas inundables para los escenarios planteados, de estos podemos concluir:

Qmáx	Zona modelada	Calado promedio	Froude	Caudal específico	Velocidades Máx
515.32 m ³ /sg	Sector Urbano	1.80 m	1 (flujo subcrítico)	7 m ³ /seg/m	4.5 m/sg.
459.20 m ³ /sg	Proyección Urbana	1.70 m	1 (flujo subcrítico)	6 m ³ /seg/m	3.5 m/sg.
433.75 m ³ /sg	Margen Izquierda	1.60 m	1 (flujo subcrítico)	5 m ³ /seg/m	2.6 m/sg

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar un programa de limpieza del Río que prevenga la aparición de obstrucciones en zonas denominadas como expansión urbana, tal es el caso de la zona estudiada en esta tesis.
- Es necesario instrumentación hidrometereológica en la cuenca, al mismo tiempo se recomienda contar con instrumentación Linnimétrica para la validación y calibración de futuras investigaciones.
- Se recomienda a los gobernantes de la Municipalidad Distrital de Los Baños del Inca, realizar estudios de esta índole, para poder saber con exactitud las zonas vulnerables a inundaciones, y con ello poder determinar las zonas de fajas marginales para que así se pueda crear hitos u otras señalizaciones de carácter permanente.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

- Área de estudio, disponible en: <http://proyectos.ingenotas.com/2010/12/identificacion-de-area-de-estudio-y.html>
- Arturo Rocha Felices (1998), Introducción a la Hidráulica Fluvial.
- Chow, V. T. (1993). Hidrología Aplicada.
- Chow, V. T. (1994). Hidráulica de canales abiertos.
- Defensas ribereñas y obras transversales, disponible en: file:///C:/Users/CASA/Downloads/Brochure_MX_Defensa_de_R%C3%ADos_y_Obras_Transversales.pdf
- E. Bladé, L. Cea, G. Corestein, E. Escolano, J. Puertas, E. Vázquez-Cendón, J. Dolz y A. Coll (2012). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos.
- Francisco Alonso Sarría (2013), Sistema de Información Geográfica.
- Gregorio M. Uribe (2002), Hidráulica fluvial, conceptos generales sobre morfología, dinámica y el transporte de sedimentos en ríos aluviales, Edición en línea disponible en : <http://transportesedimentos.tripod.com/esp/indice.htm>
- Herramientas y descripciones del programa ArcGis Utilizados en Hidrología disponible en: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/an-overview-of-the-hydrology-tools.htm>
- INDECI (2016), Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales.
- Jimenez Jimenez, Sergio I. (2016), Clasificación de ríos según su edad.
- KAUFMANN ISABEL. (2015), Estimation on time of concentration of overland flow in Watersheds.
- Leonardo Casanova Matera (2002), Topografía.
- Llorene, M. 2017, Riesgos por Avenidas e Inundaciones Fluviales.
- Martín Vide Juan P. (2002), Ingeniería de ríos.
- Máximo Villón Bejar (2002), Hidrología Estadística.
- Máximo Villón Bejar (2012), Hidroesta 2.0.
- Maza Alvarez J. A. (1995) Cap. 7 del Manual de Ingeniería de Ríos “Origen y Propiedad de los Sedimentos”
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2011), Manual de hidrología, hidráulica y drenaje.
- Modelación hidrológica, disponible en: <https://civilgeeks.com/2011/09/27/conceptos-basicos-de-los-modelos-hidrologicos/>

- Oswaldo Ortiz Vera (1994), Hidrología de superficie.
- Oswaldo Ortiz Vera (2015), Similitud hidráulica de sistema hidrológicos altoandinos y transferencia de información hidrometeorológica.
- Oswaldo Ortiz Vera (2016), Visión adimensional del método racional y su performance con los avances científicos y tecnológicos.
- Rafael Dal-Ré Tenreiro, (2003), Pequeños Embalses de Uso Agrícola.
- Tiempo de concentración disponible en: <https://www.aguaysig.com/2014/08/tiempo-de-concentracion-de-la-cuenca.html>
- Victor M. Ponce (2015), Fundamentos de la hidráulica de canales.
- Victor Olaya (2014), Sistemas de Información Geográfica.

VI. ANEXO

ANEXO N° 01: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Tabla N°22: Levantamiento topográfico del tramo estudiado.

Punto	Este	Norte	Elevación msnm
1	779701	9206410	2648.1414
2	779695.077	9206413.86	2648.0414
3	779695.886	9206415.86	2647.937
4	779702.313	9206414.84	2647.0904
5	779715.508	9206417.88	2649.572
6	779713.176	9206408.34	2646.6492
7	779699.525	9206421.37	2647.917
8	779701.94	9206426.59	2650.289
9	779707.629	9206431.57	2651.0782
10	779713.401	9206437.64	2651.8021
11	779716.214	9206441.93	2652.7912
12	779716.477	9206409.46	2647.4314
13	779724.15	9206398.32	2646.8431
14	779730.142	9206409.98	2649.7564
15	779724.463	9206401.44	2646.873
16	779699.18	9206420.34	2647.686
17	779733.629	9206412.4	2651.1577
18	779727.83	9206402.65	2646.9712
19	779728	9206416.5	2650.4517
20	779740.989	9206418.29	2651.2429
21	779744.484	9206383.73	2646.1546
22	779755.235	9206396.72	2649.8155
23	779744.032	9206382.4	2646.0892
24	779752.917	9206393.26	2649.155
25	779746.184	9206384.9	2646.1611
26	779747.789	9206386.52	2646.5069
27	779748.738	9206387.29	2647.5951
28	779762.201	9206403.06	2650.804
29	779766.003	9206374.14	2645.691
30	779766.749	9206375.14	2646.1468
31	779767.912	9206378.11	2647.7528
32	779772.907	9206384.73	2649.4318
33	779778.135	9206365.17	2645.4822
34	779775.769	9206388	2650.2206
35	779779.754	9206367.36	2646.5892
36	779790.032	9206378.99	2650.6357
37	779781.321	9206368.96	2647.3218
38	779791.852	9206380.6	2651.0503
39	779809.509	9206371.91	2652.6581
40	779764.097	9206394.97	2649.4378
41	779767.352	9206399.23	2650.1799
42	779757.824	9206387.53	2648.0651
43	779755.795	9206383.99	2647.0208
44	779754.683	9206380.46	2645.9911
45	779753.424	9206377.45	2645.539
46	779753.169	9206375.76	2645.7723
47	779796.151	9206343.09	2645.3745
48	779750.229	9206371.86	2649.418
49	779794.186	9206339.09	2645.8272
50	779792.166	9206336.18	2647.003
51	779773.09	9206372.09	2646.0099
52	779771.803	9206370.59	2645.4159
53	779770.563	9206368.4	2645.3288
54	779788.318	9206319.54	2647.2051
55	779777.004	9206376.44	2648.0653
56	779791.777	9206319.54	2647.0116
57	779779.796	9206379.32	2648.4641
58	779796.036	9206317.91	2645.2927

59	779799.95	9206316.77	2644.7531
60	779791.739	9206386.65	2652.2829
61	779801.93	9206316.61	2644.877
62	779818.489	9206398.3	2652.5718
63	779805.812	9206315.89	2645.8919
64	779826.407	9206411.3	2653.1596
65	779808.466	9206315.67	2647.2836
66	779852.848	9206357.94	2654.117
67	779811.216	9206315.83	2648.9628
68	779840.669	9206355.53	2652.0104
69	779819.155	9206348.42	2651.8047
70	779810.312	9206342.71	2648.7412
71	779813.593	9206316.89	2649.285
72	779807.786	9206341.37	2648.3584
73	779805.831	9206340.09	2646.9606
74	779814.053	9206325.26	2648.6009
75	779797.974	9206336.55	2645.3692
76	779811.884	9206326.93	2647.9175
77	779806.036	9206326.57	2645.018
78	779800.129	9206325.9	2645.3166
79	779796.939	9206326.51	2645.9062
80	779794.428	9206327.42	2647.0205
81	779799.734	9206288.39	2646.7102
82	779796.356	9206290.71	2645.7649
83	779767.606	9206368.97	2645.6666
84	779793.072	9206292.67	2644.9018
85	779767.548	9206365.47	2647.3347
86	779790.393	9206293.36	2644.544
87	779764.857	9206362.36	2648.7575
88	779786.51	9206295.56	2644.5342
89	779768.552	9206334.64	2648.4577
90	779776.029	9206341.49	2647.6038
91	779785.353	9206300.23	2647.0047
92	779780.592	9206301.33	2647.0341
93	779768.887	9206307.08	2649.4146
94	779768.246	9206273.72	2646.7254
95	779813.415	9206302.95	2649.2014
96	779813.416	9206302.95	2649.2014
97	779807.571	9206303.66	2648.3865
98	779806.833	9206303.77	2647.642
99	779804.245	9206304.57	2646.1572
100	779794.158	9206308.78	2645.436
101	779785.544	9206314.66	2647.5914
102	779776.197	9206305.49	2647.2285
103	779783.754	9206303.78	2647.5185
104	779786.172	9206302.55	2647.4473
105	779788.682	9206301.2	2646.0054
106	779797.878	9206273.73	2649.6971
107	779791.133	9206300.78	2645.0068
108	779788.109	9206276.57	2645.2726
109	779798.849	9206296.72	2646.0228
110	779783.82	9206276.59	2644.9465
111	779803.705	9206294.92	2647.3067
112	779780.715	9206277.92	2644.6915
113	779778.457	9206279.08	2644.7414
114	779806.934	9206292.67	2649.6373
115	779775.613	9206279.53	2644.8466
116	779772.035	9206281.19	2646.99
117	779766.803	9206283.68	2647.2043
118	779762.844	9206286.87	2649.4506
119	779793.5	9206248.26	2649.8285
120	779789.728	9206248.22	2648.4147
121	779789.098	9206248.58	2647.341
122	779763.239	9206253.85	2646.6761
123	779785.175	9206248.22	2646.6998

124	779765.7	9206253.27	2645.5614
125	779779.989	9206249.92	2645.3712
126	779775.803	9206250.93	2644.9116
127	779770.055	9206251.39	2644.7016
128	779796.294	9206202.48	2647.2949
129	779804.514	9206204.75	2647.6028
130	779808.762	9206206.6	2647.7649
131	779789.716	9206200.12	2645.9819
132	779783.519	9206197.79	2644.9452
133	779778.003	9206197.9	2644.3114
134	779770.994	9206197.16	2644.4873
135	779775.865	9206217.85	2644.4569
136	779780.161	9206218.46	2645.7145
137	779784.046	9206219.3	2646.2414
138	779790.397	9206221.37	2646.7164
139	779798.06	9206223.61	2647.3437
140	779788.362	9206170.31	2644.0157
141	779759.082	9206297.01	2649.3711
142	779756.966	9206304.44	2649.4036
143	779760.456	9206312.24	2649.4452
144	779812.455	9206112.82	2647.1911
145	779765.904	9206217.77	2644.9285
146	779760.843	9206218.06	2646.4232
147	779767.745	9206196.53	2644.6596
148	779765.13	9206195.83	2645.8283
149	779837.394	9206196.8	2649.648
150	779731.114	9206153.15	2648.9551
151	779740.439	9206157.63	2648.7893
152	779825.257	9206192.16	2647.695
153	779757.863	9206164.72	2647.500
154	779813.566	9206179.88	2647.3278
155	779769.729	9206167.66	2647.2859
156	779806.995	9206176.48	2647.2469
157	779771.195	9206168.84	2646.8868
158	779802.727	9206176.03	2646.9954
159	779794.701	9206175.29	2645.2623
160	779789.422	9206173.74	2644.3103
161	779779.268	9206171.31	2643.6166
162	779787.772	9206173.9	2644.2944
163	779783.415	9206172.6	2643.9754
164	779786.638	9206172.77	2644.0751
165	779800.297	9206148.09	2643.767
166	779797.05	9206147.02	2643.5734
167	779804.609	9206150.46	2644.2888
168	779795.811	9206142.58	2643.5576
169	779812.724	9206156.77	2646.2367
170	779791.999	9206144.01	2643.549
171	779819.73	9206159.59	2647.5859
172	779833.087	9206165.03	2647.3284
173	779784.732	9206142.34	2647.3693
174	779842.724	9206169.2	2647.8494
175	779773.551	9206133.49	2647.0219
176	779754.243	9206126.87	2648.322
177	779812.387	9206121.83	2643.2021
178	779805.611	9206120.74	2647.7643
179	779809.184	9206122.71	2644.0308
180	779800.232	9206117.35	2647.3057
181	779791.817	9206112.85	2647.1247
182	779817.336	9206127.16	2643.6398
183	779781.765	9206107.45	2646.9399
184	779829.173	9206130.71	2644.9189
185	779767.302	9206099.72	2647.8155
186	779838.374	9206129.22	2645.2167
187	779844.221	9206128.38	2645.503
188	779854.396	9206130.99	2645.7921

189	779860.041	9206131.9	2646.1342
190	779868.504	9206135.37	2647.5993
191	779876.046	9206136.5	2649.4199
192	779884.647	9206104.27	2648.981
193	779859.925	9206088.13	2642.4166
194	779879.831	9206103.51	2647.8068
195	779857.704	9206086.4	2642.396
196	779872.44	9206095.42	2645.1513
197	779855.105	9206084.36	2642.417
198	779871.643	9206090.64	2645.6159
199	779852.545	9206081.52	2643.1388
200	779863.564	9206091.23	2643.9062
201	779848.85	9206077.2	2644.7319
202	779859.2	9206089.71	2642.9628
203	779858.145	9206088.49	2642.3855
204	779838.133	9206072.22	2645.8904
205	779825.36	9206066.11	2646.6878
206	779805.471	9206057.63	2647.1425
207	779782.185	9206045.99	2647.9407
208	779786.388	9206024.74	2647.7227
209	779797.685	9206028.97	2646.8579
210	779810.163	9206034.01	2646.4074
211	779826.365	9206041.61	2646.0691
212	779845.427	9206047.42	2645.5923
213	779893.053	9206062.68	2648.8438
214	779861.488	9206049.53	2644.5342
215	779874.363	9206054.16	2643.6312
216	779877.413	9206056.12	2642.3503
217	779880.41	9206057.6	2642.039
218	779874.984	9206070.34	2642.2176
219	779883.832	9206059.12	2642.0197
220	779885.303	9206060.45	2642.8342
221	779844.32	9206025.8	2645.5262
222	779857.77	9206025.2	2644.5272
223	779872.43	9206028.61	2643.9984
224	779866.922	9206027.29	2644.3812
225	779884.187	9206029.9	2642.6257
226	779891.81	9206036.16	2642.6425
227	779889.902	9206030.03	2641.7553
228	779872.07	9206005.06	2643.541
229	779869.759	9206002.85	2643.6163
230	779884.944	9206001.62	2641.5408
231	779860.286	9206001.09	2643.7718
232	779889.385	9205999.68	2641.8441
233	779853.331	9205999.69	2645.0777
234	779850.794	9205996.79	2645.2284
235	779871.805	9205973.39	2643.2962
236	779844.906	9205995.13	2646.2375
237	779836.687	9205990.5	2645.5106
238	779883.802	9205981.55	2641.6557
239	779828.039	9205969.55	2645.2869
240	779880.741	9205982.2	2641.5145
241	779838.488	9205971.28	2645.3546
242	779887.61	9205978.06	2641.8041
243	779846.881	9205972.01	2645.3568
244	779887.967	9205978.62	2642.1012
245	779851.726	9205973.45	2644.7787
246	779857.13	9205973.66	2644.4575
247	779886.809	9205965.62	2641.7102
248	779871.931	9205979.36	2642.6199
249	779871.559	9205971.29	2643.2279
250	779882.587	9205966.15	2641.7871
251	779877.966	9205968.9	2641.3088
252	779875.038	9205967.27	2641.4266
253	779876.199	9205970.11	2641.2119

254	779866.736	9205954.31	2642.6441
255	779870.741	9205951.64	2640.6627
256	779868.971	9205952.25	2641.5314
257	779868.713	9205949.82	2641.4482
258	779863.366	9205953.41	2643.0351
259	779875.315	9205949.65	2641.2825
260	779875.893	9205949.4	2641.5197
261	779839.89	9205949.31	2644.707
262	779828.581	9205949.88	2645.1019
263	779867.215	9205932.39	2640.901
264	779814.683	9205946.56	2645.1787
265	779871.907	9205928.76	2642.257
266	779873.996	9205927.68	2642.3517
267	779859.379	9205888.9	2640.2151
268	779856.606	9205888.7	2640.128
269	779862.927	9205888.9	2640.8764
270	779900.856	9206083.21	2649.1734
271	779912.316	9206063.51	2649.0679
272	779913.356	9206047.74	2648.9905
273	779914.542	9206025.7	2648.1851
274	779916.468	9206002.43	2647.4057
275	779885.261	9205942.61	2645.9201
276	779918.126	9205981.62	2647.2092
277	779913.058	9205956.76	2646.919
278	779895.052	9205957.25	2645.7558
279	779892.562	9205969.99	2645.1465
280	779897.688	9205985.7	2645.5216
281	779900.989	9205995.42	2645.4622
282	779902.578	9206008.2	2647.1629
283	779903.43	9206019.54	2647.3695
284	779899.732	9206029.03	2647.5027
285	779897.363	9206039.67	2647.7079
286	779896.238	9206054	2647.9243
287	779886.886	9206076.56	2648.4519
288	779881.365	9205929.35	2648.1015
289	779864.468	9205950.36	2642.8189
290	779864.208	9205949.43	2642.6574
291	779877.787	9205910.26	2645.4192
292	779858.143	9205950.48	2643.4016
293	779874.931	9205909.45	2644.3983
294	779851.158	9205952.47	2644.6565
295	779869.304	9205908.73	2642.2141
296	779854.044	9205934.75	2643.7278
297	779866.847	9205910.9	2641.1987
298	779850.157	9205936.89	2644.286
299	779863.085	9205910.05	2640.698
300	779839.959	9205937.04	2644.5391
301	779858.263	9205910.66	2640.2885
302	779815.938	9205934.14	2644.5725
303	779854.861	9205910.98	2642.0234
304	779811.6	9205904.28	2644.358
305	779823.038	9205906.34	2644.479
306	779857.501	9205893.08	2640.1362
307	779841.758	9205908.87	2644.366
308	779862.233	9205892.69	2640.700
309	779848.476	9205908.98	2643.9236
310	779864.975	9205892.12	2641.6152
311	779851.313	9205908.02	2643.5102
312	779867.465	9205891.15	2642.0534
313	779858.784	9205891	2640.074
314	779870.155	9205891.1	2643.1866
315	779853.67	9205896.55	2641.9427
316	779851.804	9205893.92	2642.8801
317	779868.523	9205883.7	2642.1143
318	779854.46	9205884.39	2641.0427

319	779853.191	9205885.38	2641.4593
320	779865.77	9205884.09	2641.8045
321	779861.741	9205883.86	2640.455
322	779850.987	9205889.91	2642.4715
323	779857.131	9205882.3	2640.0416
324	779855.223	9205881.88	2641.0163
325	779853.312	9205882.29	2641.6243
326	779859.665	9205872.89	2640.1593
327	779849.147	9205881.24	2643.3349
328	779822.236	9205876.9	2644.131
329	779827.032	9205855.12	2643.8702
330	779833.296	9205870.72	2643.867
331	779855.57	9205870.35	2643.0857
332	779857.722	9205907.65	2640.1803
333	779857.886	9205901.34	2640.413
334	779869.285	9205905.73	2642.1747
335	779860.321	9205933.57	2641.235
336	779864.376	9205938.68	2640.7765
337	779859.454	9205950.07	2643.3734
338	779862.629	9205959.47	2643.2686
339	779671.961	9206136.68	2648.8473
340	779614.83	9205839.7	2648.193
341	779716.653	9205890.67	2647.0842
342	779716.875	9206075.15	2648.3846
343	779751.625	9205779.95	2645.864
344	779675.197	9205723.32	2647.059
345	779583.62	9205944.48	2649.2732
346	779936.656	9206000.15	2648.024
347	779959.692	9206030.8	2649.043
348	779674.886	9206017.48	2648.7268
349	779689.217	9205978.34	2648.4493
350	779964.634	9206064.82	2649.415
351	779723.314	9206034.05	2648.2158
352	779736.194	9206005.03	2648.1649
353	779657.7	9206054.88	2648.9057
354	779626.972	9205957.68	2648.8078
355	779602.888	9206044.74	2649.0907
356	779549.388	9206030.76	2650.5914
357	779940.032	9206149.27	2650.7924
358	779891.273	9206193.09	2651.7264
359	779955.172	9206110.83	2650.4253
360	779566.053	9205993.8	2649.816
361	779609.2	9206002.79	2648.9542
362	779871.725	9205787.42	2643.1675
363	779868.817	9205800.97	2643.0768
364	779876.289	9205806.21	2639.782
365	779881.753	9205807.98	2639.648
366	779885.461	9205809.26	2641.5227
367	779893.948	9205812.5	2643.0014
368	779901.14	9205814.14	2643.9235
369	779852.546	9205847.49	2643.4699
370	779860.451	9205849.87	2642.9737
371	779868.087	9205853.71	2639.8726
372	779872.723	9205854.85	2639.8879
373	779886.435	9205858.43	2643.882
374	779891.618	9205859.78	2644.135
375	779680.771	9206394.52	2650.403
376	779713.575	9206388.97	2650.016
377	779728.814	9206371.36	2650.2731
378	779744.077	9206367.24	2649.8713
379	779756.889	9206355.39	2649.3025
380	779759.142	9206326.87	2648.6724
381	779752.393	9206291.17	2649.4107
382	779741.207	9206279.74	2649.4764
383	779745.105	9206260.52	2648.7126

384	779719.735	9206262.78	2649.1798
385	779723.315	9206287.52	2649.5129
386	779737.607	9206316.83	2649.3986
387	779724.444	9206336.99	2650.0249
388	779693.176	9206363.15	2650.34
389	779663.789	9206376.9	2651.1494
390	779688.205	9206405.42	2650.0678
391	779473.647	9205877.05	2650.7146
392	779446.583	9205969.14	2651.9493
393	779601.289	9205899.85	2648.599
394	779729.028	9206211.31	2648.6591
395	779724.769	9206184.04	2648.9723
396	779893.314	9205837.37	2644.0125
397	779814.031	9206113.18	2647.086
398	779815.729	9206113.51	2643.54
399	779775.951	9206266.58	2644.51
400	779889.4	9205810.88	2642.4261
401	779615.473	9205600.61	2648.4154
402	779811.476	9205750.97	2644.3851
403	779697.033	9206417.09	2647.5215
404	779821.112	9206284.83	2653.21
405	779821.711	9206116.96	2643.494
406	779829.101	9206102.27	2643.3401
407	779763.304	9206371.12	2645.9303
408	779775.723	9206362.55	2645.4822
409	779771.282	9206267.63	2644.527
410	779702.409	9206269.05	2649.3025
411	779856.391	9205826.32	2643.453
412	779864.882	9205828.47	2643.1883
413	779869.883	9205830.09	2639.9712
414	779876.083	9205832.04	2639.9512
415	779883.926	9205833.96	2643.4737
416	779862.384	9205873.7	2640.171
417	779833.745	9205882.7	2643.9913
418	779825.231	9206120.73	2643.9106
419	779834.063	9206112.01	2643.9106
420	779782.844	9206164.47	2643.516
421	779785.089	9206172.32	2643.743
422	779861.517	9205901.57	2640.413
423	779859.764	9205910.46	2640.318
424	779859.965	9205908.37	2640.238
425	779863.645	9205932.46	2640.7126
426	779869.333	9205946.63	2640.7926
427	779879.34	9205965.87	2641.47
428	779890.51	9206038.49	2642.315
429	779886.743	9206036.6	2642.3054
430	779817.49	9206114.34	2643.4894
431	779832.452	9206109.12	2643.314
432	779799.362	9206306.55	2645.1436
433	779796.335	9206298.66	2645.1216
434	779801.228	9206338.07	2645.469
435	779894.984	9206029.67	2642.5726
436	779895.485	9206019.32	2642.5926
437	779891.931	9206019.19	2641.7553
438	779889.352	9206019.85	2641.7553
439	779816.456	9206125.36	2643.6398
440	779785.22	9206180.02	2644.1595
441	779890.608	9206036.35	2642.4305
442	779870.738	9206068.16	2642.3284
443	779736.095	9206377.88	2648.273
444	779736.651	9206391.84	2646.6865
445	779733.784	9206389.99	2646.596
446	779770.882	9206217.56	2644.5267
447	779777.653	9206180.35	2644.201
448	779718.932	9206407.76	2647.4016

449	779715.792	9206403.6	2647.4812
450	779717.242	9206409.84	2647.6134
451	779702.881	9206413.11	2647.4712
452	779699.264	9206415.47	2647.6417
453	779706.118	9206411.41	2647.486
454	779700.584	9206422.92	2648.2586
455	779701.247	9206424.72	2649.2681
456	779704.826	9206415.92	2647.492
457	779708.991	9206414.31	2647.463
458	779714.766	9206410.45	2647.4814
459	779711.954	9206406.75	2647.4994
460	779716.154	9206405.48	2646.873
461	779713.805	9206407.02	2646.9712
462	779718.877	9206403.52	2646.8673
463	779712.738	9206407.76	2646.9712
464	779715.356	9206408.51	2646.9712
465	779714.048	9206409.06	2646.9712
466	779717.294	9206407.42	2646.873
467	779720.167	9206405.97	2646.8813
468	779718.483	9206406.52	2646.873
469	779734.5	9206414	2650.2518
470	779745.773	9206406.39	2650.752
471	779736.158	9206414.41	2650.4252
472	779730.5	9206413.5	2650.435
473	779731.641	9206410.9	2650.0752
474	779736	9206410.5	2650.2552
475	779738.141	9206412.4	2650.3852
476	779782	9206414	2651.78
477	779801.141	9206402.4	2652.5718
478	779798.5	9206385	2652.7552
479	779823.141	9206379.9	2652.6472
480	779819.5	9206410	2652.972
481	779798	9206413.5	2652.5567
482	779794.468	9206341.27	2645.3427
483	779793.17	9206342.91	2645.4094
484	779794.071	9206345.26	2645.394
485	779791.989	9206344.21	2645.4174
486	779797.075	9206363.57	2648.7948
487	779795.021	9206361.11	2648.1795
488	779793.53	9206357.29	2647.2862
489	779791.775	9206356.48	2646.7413
490	779790.686	9206354.91	2646.1574
491	779789.275	9206353.41	2645.4372
492	779786.95	9206351.3	2645.4784
493	779785.873	9206349.34	2645.8438
494	779782.708	9206348.21	2646.3684
495	779782.243	9206345.89	2646.9368
496	779796.452	9206305.59	2644.7531
497	779792.868	9206299.65	2644.7245
498	779797.947	9206309.32	2644.7304
499	779801.079	9206319.14	2645.1018
500	779804.321	9206317.56	2645.281
501	779878.509	9205976.09	2641.5364
502	779866.295	9205930.91	2640.6973
503	779870.569	9205943.08	2641.0179
504	779876.86	9205972.33	2641.5026
505	779879.093	9205973.63	2641.5516
506	779779.221	9206173.99	2643.7975
507	779784.291	9206173.53	2643.894
508	779955.676	9205966.26	2647.5277
509	779954.212	9205950.31	2647.0777
510	779912.706	9205967.08	2646.9451
511	779928.252	9205941.12	2646.4517
512	779901.85	9205922.65	2645.732
513	779912.961	9205906.91	2645.0978

514	779892.038	9205891.9	2644.777
515	779932.878	9205881.99	2645.0632
516	779951.007	9205856.66	2645.7437
517	779925.632	9205846.08	2644.3257
518	779930.975	9205822.82	2644.6413
519	779958.492	9205827.65	2645.3527
520	779939.74	9205917.52	2645.8946
521	779855.792	9206227.59	2651.2962
522	779820.632	9206248.27	2650.9277
523	779751.827	9206426.17	2651.6577
524	779726.187	9206456.21	2653.0178
525	779766.643	9206457.44	2653.5177
526	779696.625	9206211.16	2648.8158
527	779650.769	9206208.93	2649.5094
528	779642.344	9206123.98	2649.3894
529	779961.375	9205987.61	2648.777
530	779956.072	9205885.96	2645.876
531	779633.725	9206346.65	2650.786
532	779735.338	9206464.12	2653.475
533	779688.894	9206308.15	2650.0694
534	779785.067	9205978.47	2646.4744

Figura N° 44: Levantamiento topográfico del tramo estudiado



Imágenes (N°01, 02, 03, 04) que detallan el trabajo de campo que se dio al momento de realizar el levantamiento topográfico del tramo en estudio.

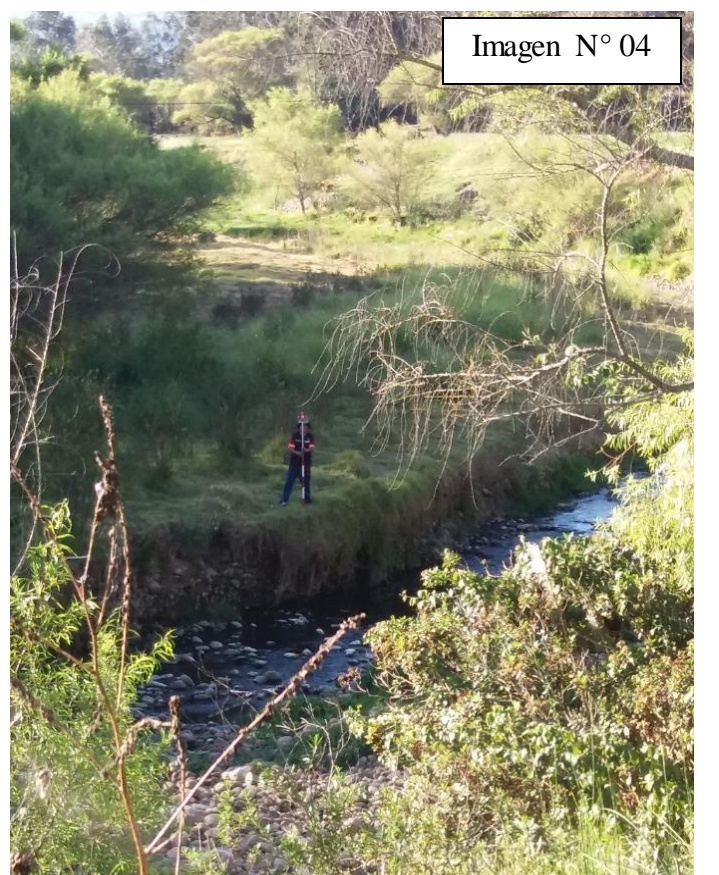
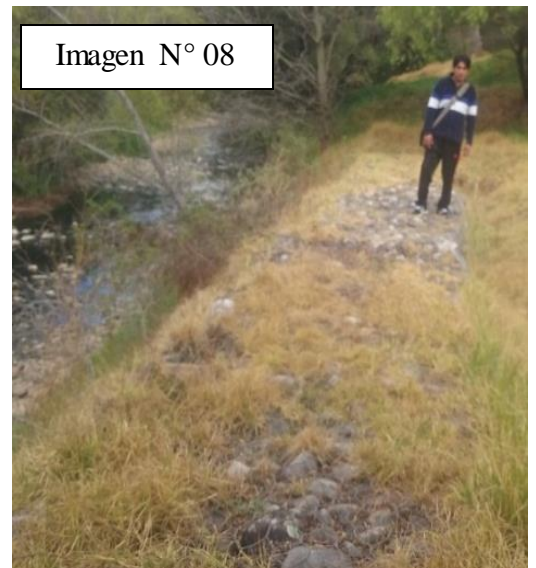


Figura N° 45: Defensas ribereñas del tramo estudiado



Imágenes (N°05, 06, 07, 08) que se puede observar defensas rivereñas en la margen derecha parte baja del condominio Sausalito tipo gaviones que en la actualidad se encuentran colapsadas.

Figura N° 46: Parte baja de la Urbanización condominio el Sausalito aledaño a la margen derecha del río Chonta



Imagen N° 09

Imágenes (N°09, 10) donde se puede observar la Urbanización Condominio el Sausalito que se encuentra en la margen derecha del río Chonta, se puede observar que se encuentra en una zona llana propensa a inundaciones.



Imagen N° 10

Figura N° 47: Sector ganadero del tramo en estudio identificado como zona de expansión urbana



En las imágenes N°11 y 12 se puede observar el tramo en estudio donde gran parte es zona de llanura que está considerado como área de expansión urbana, y que por el momento se está utilizando como zona ganadera



Figura N° 48: Sector del tramo en estudio del río Chonta



Imagen N° 13



Imagen N° 14



Imagen N° 15

Imágenes (N°13, 14 y 15) donde se puede observar sectores del tramo en estudio del río Chonta.

ANEXO N° 02: PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS Y OTROS DE LA CUENCA

Tabla N°23: Parámetros morfométricos de la cuenca en estudio (Río Chonta)

DESCRIPCIÓN	UND	Río Chonta
De la superficie		
Área	km ²	344.677
Perímetro de la cuenca	km	106.424
Índice de Gravelius (Kc)	Adim.	1.617
Relación de confluencias	Adim.	1.80
Coefficiente orográfico	Adim.	0.036
Factor de Forma (F)	Adim.	0.192
Cota máxima	msnm	4274.00
Cota mínima	msnm	2666.00
Centroide (PSC:wgs 1984 UTM Zone 17S)		
X centroide	m	785961.05
Y centroide	m	9220604.95
Z centroide	msnm	3566.62
Altitud media	msnm	3512.51
pendiente promedio de la cuenca	%	29.98%
De la Red Hídrica		
Longitud del curso principal	km	42.35
Orden de la Red Hídrica	UND	4
Tiempo de concentración	horas	8.90
pendiente del cauce principal	S	0.038

Tabla N°24: Cálculo de la Altitud Media de la Cuenca en Estudio

MICROCUENCA	COTAS		COTA	AREA	AREA	Hi*Ai	ALTITUD
	(m. s. n. m.)		PROMEDIO	PARCIAL	PARCIAL		MEDIA
qn	Ho	Hf	Hi (m)	Ai (Km ²)	Ai (Ha)	(m*Ha)	H (m)
CUENCA DE ESTUDIO - RÍO CHONTA	2666.00	2800.00	2733.00	13.58	1358.313	3712268.063	3512.507
	2800.00	2934.00	2867.00	11.60	1160.109	3326033.578	
	2934.00	3068.00	3001.00	20.56	2055.656	6169024.406	
	3068.00	3202.00	3135.00	33.29	3329.469	10437884.531	
	3202.00	3336.00	3269.00	42.83	4283.484	14002710.422	
	3336.00	3470.00	3403.00	37.46	3745.703	12746627.734	
	3470.00	3604.00	3537.00	34.20	3419.516	12094826.766	
	3604.00	3738.00	3671.00	34.39	3438.891	12624167.484	
	3738.00	3872.00	3805.00	40.12	4011.672	15264411.484	
	3872.00	4006.00	3939.00	42.23	4222.83	16633719.984	
	4006.00	4140.00	4073.00	31.67	3167.08	12899509.203	
4140.00	4274.00	4207.00	2.75	274.98	1156859.266		

Altitud media 3512.507 msnm

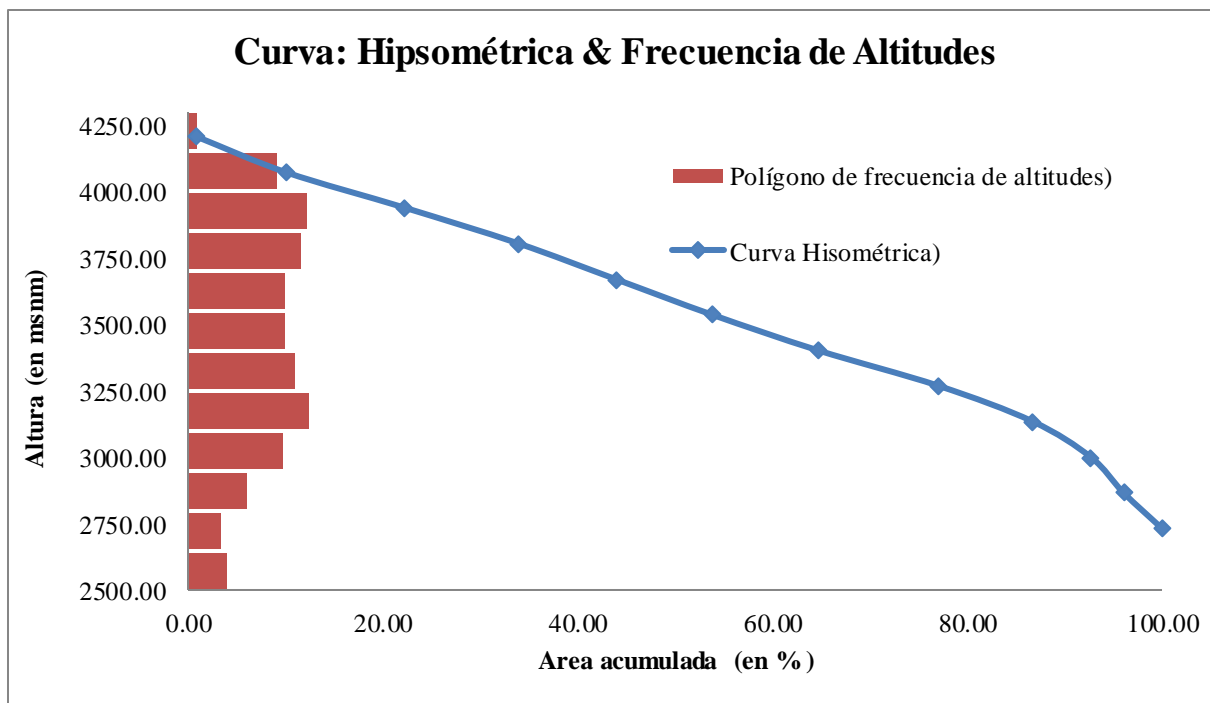
Cuenca de Estudio

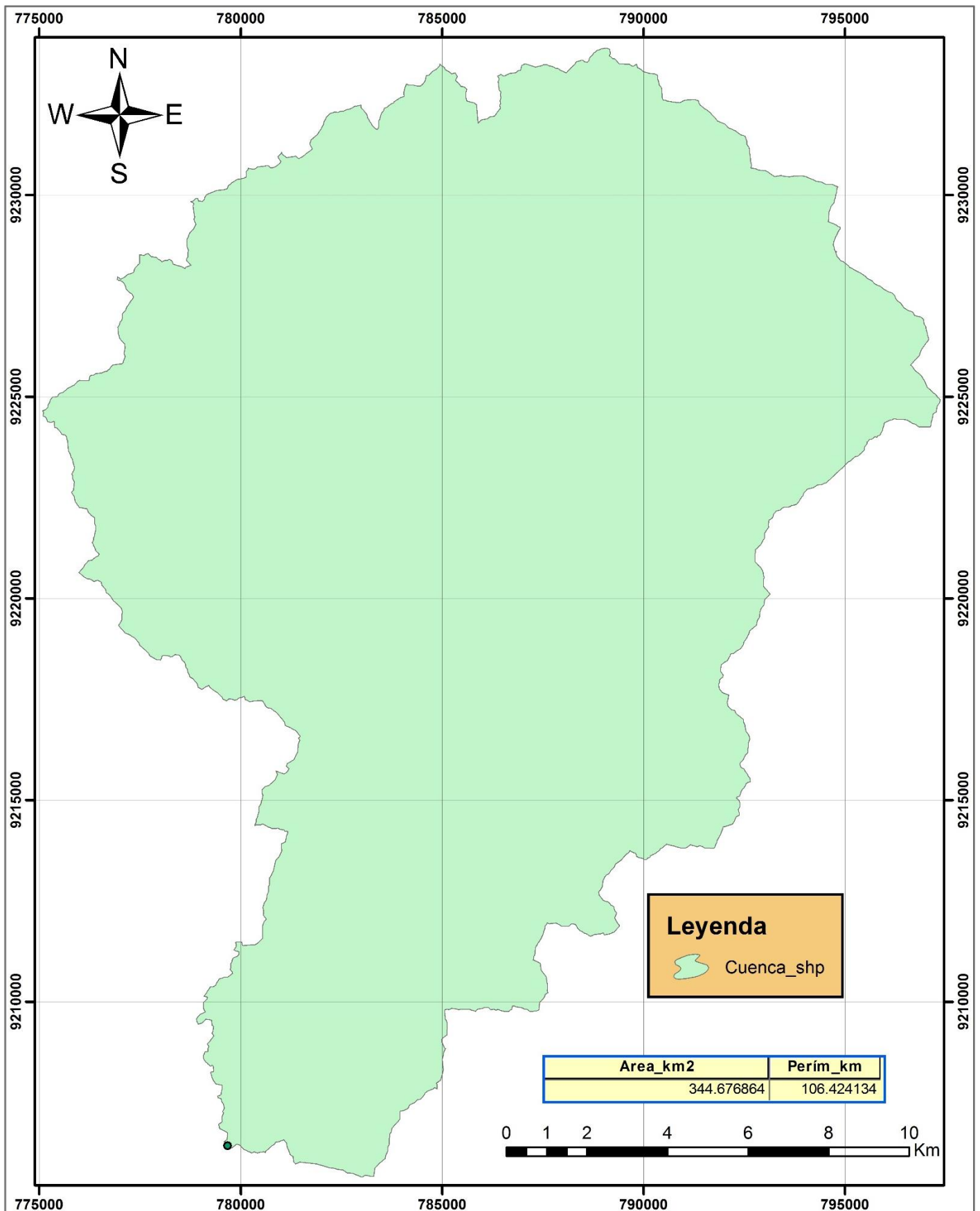
Curva: Hipsométrica & Frecuencia de Altitudes

Cota mínima (msnm) = 2666
 Cota máxima (msnm) = 4274
 Número de intervalos= 12
 Altura de 134

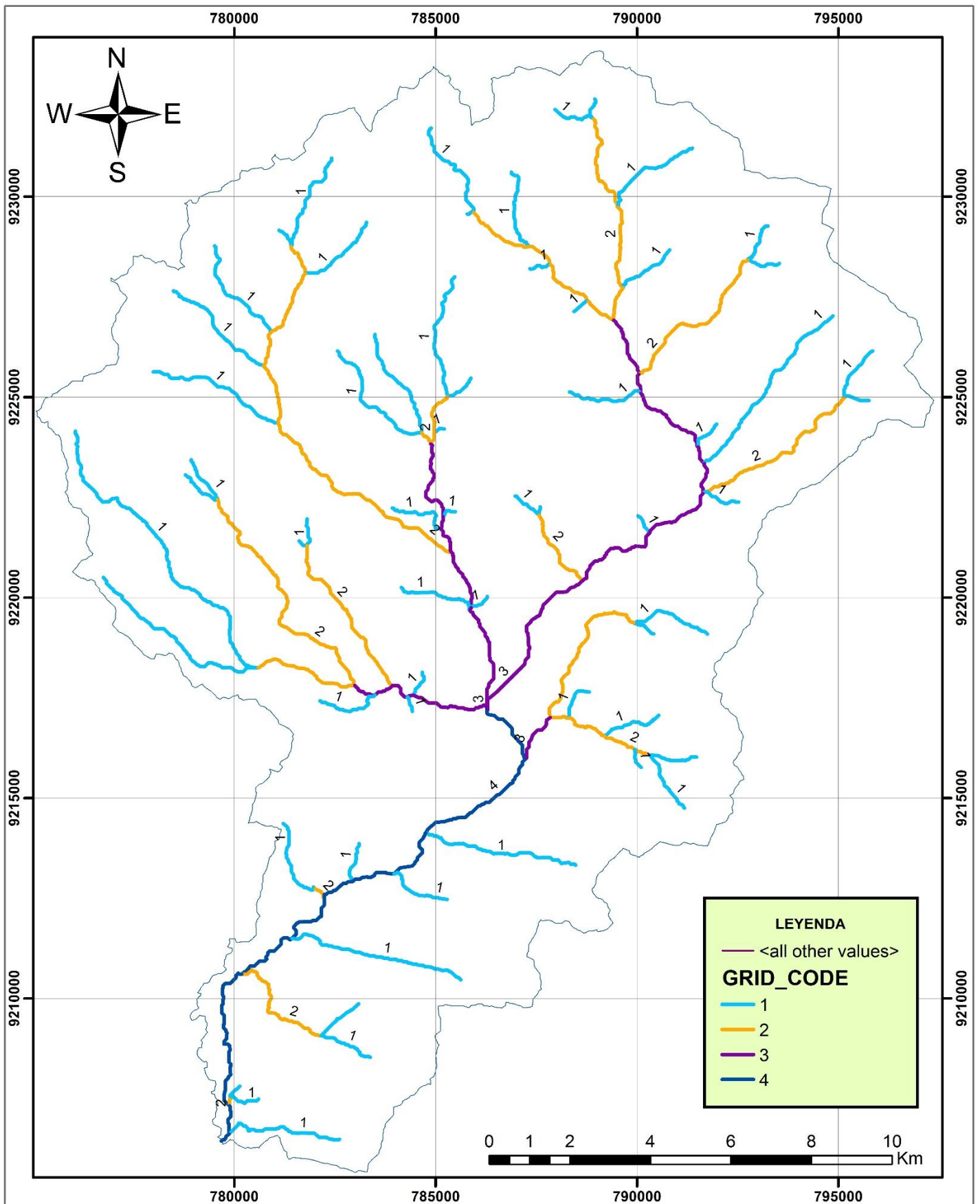
N°	Cota(msnm)			Area (km2)			
	Mínimo	Máximo	Prom	Intervalo	Acumulado	% Acum	% Inter
1	2666	2800.00	2733.00	13.58	344.68	100.00	3.94
2	2800.00	2934.00	2867.00	11.60	331.09	96.06	3.37
3	2934.00	3068.00	3001.00	20.56	319.49	92.69	5.96
4	3068.00	3202.00	3135.00	33.29	298.94	86.73	9.66
5	3202.00	3336.00	3269.00	42.83	265.64	77.07	12.43
6	3336.00	3470.00	3403.00	37.46	222.81	64.64	10.87
7	3470.00	3604.00	3537.00	34.20	185.35	53.77	9.92
8	3604.00	3738.00	3671.00	34.39	151.15	43.85	9.98
9	3738.00	3872.00	3805.00	40.12	116.77	33.88	11.64
10	3872.00	4006.00	3939.00	42.23	76.65	22.24	12.25
11	4006.00	4140.00	4073.00	31.67	34.42	9.99	9.19
12	4140.00	4274.00	4207.00	2.75	2.75	0.80	0.80

Figura N° 49: Curva Hipsométrica & Frecuencia de Altitudes





UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA		
PROYECTO TESIS: "IDENTIFICACION DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL RIO CHONTA EN EL TRAMO HUAYRAPONGO –URBANIZACION CONDOMINIO EL SAUSALITO"		
QUE PRESENTA: RAMIREZ HUAMÁN EDINSON JHOAN	PLANO:	
ASESOR: Dr. Ing. LUIS LEÓN CHAVEZ	CUENCA EMISORA DE ESTUDIO	N°01

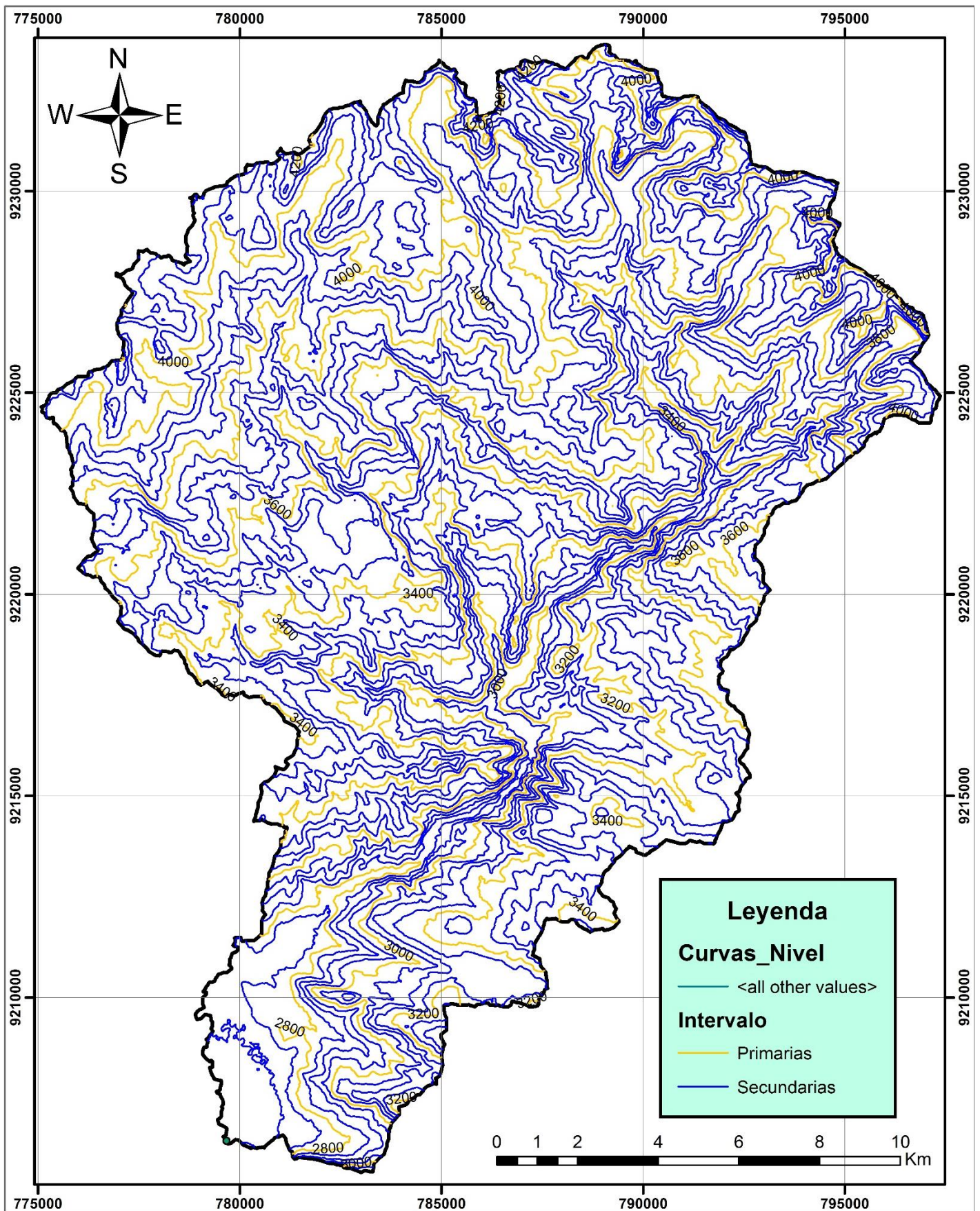


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA
 PROYECTO TESIS: "IDENTIFICACION DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL RIO CHONTA EN EL TRAMO HUAYRAPONGO -URBANIZACION CONDOMINIO EL SAUSALITO"

QUE PRESENTA:
 RAMIREZ HUAMÁN EDINSON JHOAN

ASESOR:
 Dr. Ing. LUIS LEÓN CHAVEZ

PLANO:
 NÚMERO DE ORDEN DE LA RED HÍDRICA
N°02



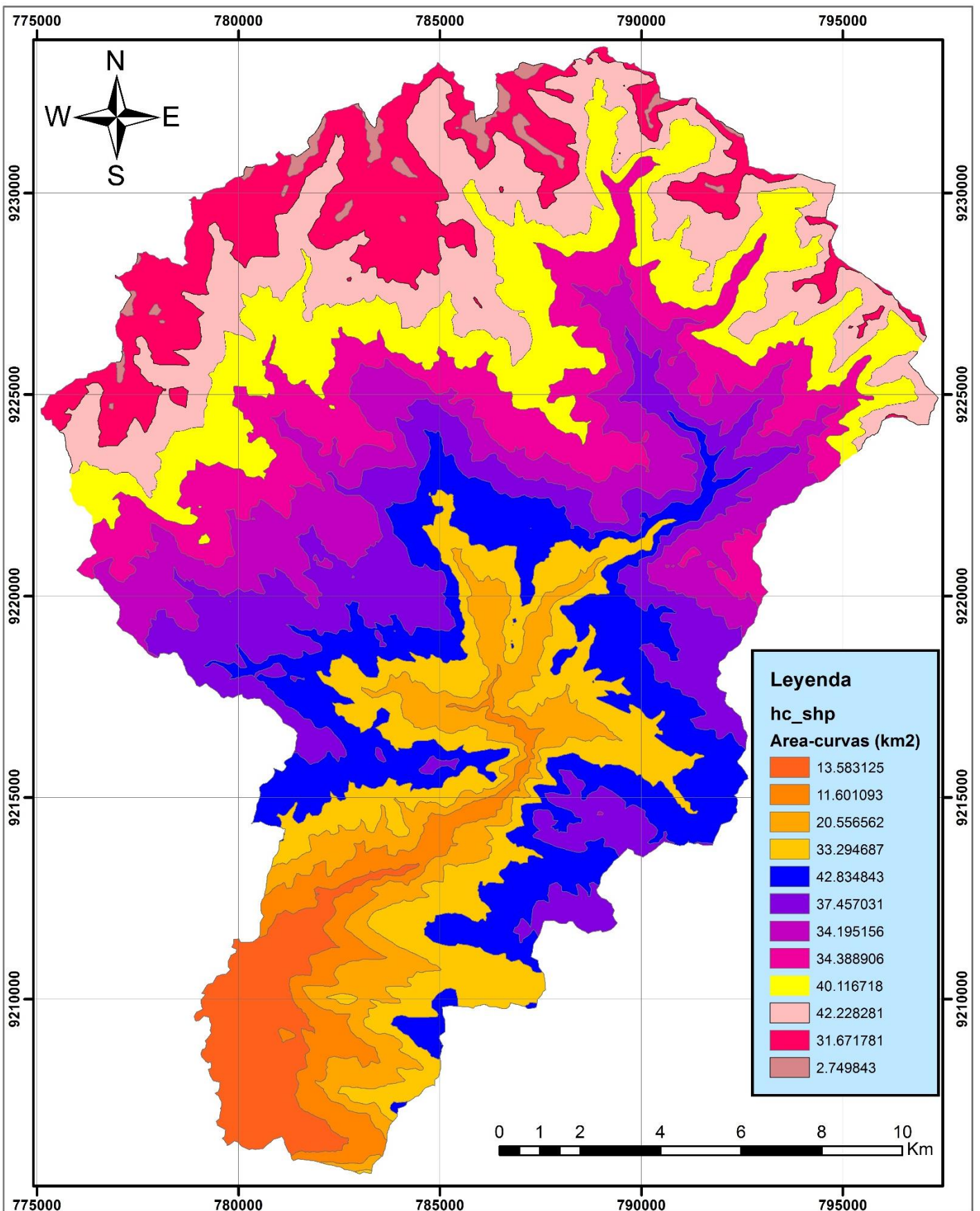
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA
 PROYECTO TESIS: "IDENTIFICACION DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL RIO CHONTA EN EL TRAMO HUAYRAPONGO -URBANIZACION CONDOMINIO EL SAUSALITO"

QUE PRESENTA:
 RAMIREZ HUAMÁN EDINSON JHOAN

ASESOR:
 Dr. Ing. LUIS LEÓN CHAVEZ

PLANO:
 CURVAS DE NIVEL
 CUENCA
 DEL RÍO CHONTA

N°03



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA
 PROYECTO TESIS: "IDENTIFICACION DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL RIO CHONTA EN EL TRAMO HUAYRAPONGO –URBANIZACION CONDOMINIO EL SAUSALITO"

QUE PRESENTA:
 RAMIREZ HUAMÁN EDINSON JHOAN

PLANO:

ASESOR:
 Dr. Ing. LUIS LEÓN CHAVEZ

AREA
 ENTRE
 CURVAS

N°04

ANEXO N° 03: CAUDAL MÁXIMO

Tabla N°25: Intensidades Máximas - Estación A. Weberbauer - Cajamarca 1973 – 2015

Año	5 Min	10 Min	30 Min	60 Min	120 Min
1973	101.00	71.00	24.00	14.00	11.00
1974	73.00	58.00	34.00	18.00	19.00
1975	90.00	50.00	24.00	16.00	10.00
1976	68.00	63.00	37.00	19.00	9.00
1977	65.00	53.00	37.00	21.00	11.00
1978	26.00	24.00	21.00	12.00	6.00
1979	60.00	60.00	38.00	23.00	14.00
1980	73.02	60.10	33.80	21.08	9.24
1981	67.20	54.80	29.13	15.54	13.02
1982	88.29	75.15	37.20	23.10	13.27
1983	75.30	50.40	31.40	23.71	13.99
1984	112.80	71.80	27.60	15.63	9.80
1985	59.31	54.40	25.56	14.70	8.05
1986	84.60	65.40	30.11	15.60	8.23
1987	76.00	49.20	21.60	13.20	7.95
1988	70.40	52.80	23.00	13.79	7.85
1989	73.60	47.80	28.00	16.00	9.60
1990	111.60	75.00	37.94	23.00	12.00
1991	83.00	73.00	41.00	26.00	14.00
1992	56.00	39.00	19.00	10.00	5.00
1993	58.00	51.00	28.00	18.00	10.00
1994	91.49	64.18	36.22	19.04	12.91
1995	71.11	56.25	28.66	16.72	9.32
1996	81.30	60.21	32.44	17.88	11.12
1997	82.20	68.10	35.04	17.86	8.94
1998	92.00	66.34	40.60	27.10	13.50
1999	70.80	38.30	13.80	9.90	6.40
2000	46.80	32.40	23.00	15.81	7.95
2001	67.20	49.90	25.40	17.28	9.70
2002	28.20	20.60	13.80	8.70	4.40
2003	70.80	42.60	15.90	9.80	6.10
2004	84.60	84.60	33.00	18.70	9.40
2005	45.60	43.80	20.50	11.10	6.50
2006	30.00	30.00	15.00	10.30	6.90
2007	72.00	64.00	32.70	19.40	12.30
2008	47.00	33.24	22.80	13.66	9.83
2009	68.00	49.20	32.04	22.00	4.05
2010	86.40	38.50	30.67	20.28	10.89
2011	62.40	36.60	26.80	16.60	10.00
2012*	64.00	42.20	23.60	15.20	6.80
2014	119.10	69.30	27.24	15.87	9.23
2015	100.00	63.89	27.28	15.90	9.89
Promedio	72.69	53.64	28.21	16.94	9.72
Desv. Estándar	21.01	14.85	7.25	4.46	3.01
Años de obs.	42	42	42	42	42

Tabla N°26: Intensidades Máximas Ordenadas (mm/h)

m	5 Min	10 Min	30 Min	60 Min	120 Min
1	119.10	84.60	41.00	27.10	19.00
2	112.80	75.15	40.60	26.00	14.00
3	111.60	75.00	38.00	23.71	14.00
4	101.00	73.00	37.94	23.10	13.99
5	100.00	71.80	37.20	23.00	13.50
6	92.00	71.00	37.00	23.00	13.27
7	91.49	69.30	37.00	22.00	13.02
8	90.00	68.10	36.22	21.08	12.91
9	88.29	66.34	35.04	21.00	12.30
10	86.40	65.40	34.00	20.28	12.00
11	84.60	64.00	33.00	19.04	11.00
12	84.60	64.18	33.80	19.40	11.12
13	83.00	63.89	32.70	19.00	11.00
14	82.20	63.00	32.44	18.70	10.89
15	81.30	60.21	32.04	18.00	10.00
16	76.00	60.10	31.40	18.00	10.00
17	75.30	60.00	30.67	17.88	10.00
18	73.60	58.00	30.11	17.86	9.89
19	73.02	56.25	29.13	17.28	9.83
20	73.00	54.80	28.66	16.72	9.80
21	72.00	54.40	28.00	16.60	9.70
22	71.11	53.00	28.00	16.00	9.60
23	70.80	51.00	27.28	15.90	9.32
24	70.80	52.80	27.60	16.00	9.40
25	70.40	50.40	27.24	15.87	9.24
26	68.00	49.90	25.56	15.63	9.00
27	68.00	50.00	26.80	15.81	9.23
28	67.20	49.20	24.00	15.54	8.23
29	67.20	49.20	25.40	15.60	8.94
30	65.00	47.80	24.00	15.20	8.05
31	64.00	43.80	23.60	14.70	7.95
32	62.40	42.60	23.00	14.00	7.95
33	60.00	42.20	23.00	13.79	7.85
34	59.31	39.00	22.80	13.66	6.90
35	58.00	38.50	21.60	13.20	6.80
36	56.00	38.30	21.00	12.00	6.50
37	47.00	36.60	20.50	11.10	6.40
38	46.80	33.24	19.00	10.30	6.10
39	45.60	32.40	15.90	10.00	6.00
40	30.00	30.00	15.00	9.90	5.00
41	28.20	24.00	13.80	9.80	4.40
42	26.00	20.60	13.80	8.70	4.05
Promedio	72.69	53.64	28.21	16.94	9.72
Desv. Estándar	21.01	14.85	7.25	4.46	3.01
Años de obs.	42	42	42	42	42
α	0.061048	0.086390	0.176867	0.287429	0.425841
β	63.239651	46.963793	24.947162	14.931423	8.362349

Tabla N°27: Probabilidades Observadas y simuladas de la Prueba de Bondad de Ajuste

m	PR. WEBUL $P(x<X)$	PROBABILIDAD DE GUMBEL				
		$F(x<x)$				
		5 min.	10 min.	30 min.	60 min.	120 min.
1	0.9767	0.9675	0.9620	0.9432	0.9702	0.9893
2	0.9535	0.9526	0.9161	0.9392	0.9593	0.9133
3	0.9302	0.9491	0.9151	0.9054	0.9229	0.9133
4	0.9070	0.9051	0.8999	0.9044	0.9089	0.9130
5	0.8837	0.8994	0.8896	0.8918	0.9063	0.8939
6	0.8605	0.8413	0.8822	0.8881	0.9063	0.8836
7	0.8372	0.8367	0.8648	0.8881	0.8771	0.8714
8	0.8140	0.8227	0.8512	0.8727	0.8430	0.8657
9	0.7907	0.8052	0.8290	0.8455	0.8397	0.8295
10	0.7674	0.7841	0.8160	0.8174	0.8066	0.8086
11	0.7442	0.7623	0.7949	0.7861	0.7357	0.7224
12	0.7209	0.7623	0.7977	0.8115	0.7582	0.7342
13	0.6977	0.7413	0.7932	0.7758	0.7330	0.7224
14	0.6744	0.7303	0.7786	0.7666	0.7128	0.7115
15	0.6512	0.7175	0.7273	0.7518	0.6610	0.6078
16	0.6279	0.6320	0.7251	0.7266	0.6610	0.6078
17	0.6047	0.6195	0.7231	0.6951	0.6515	0.6078
18	0.5814	0.5879	0.6802	0.6695	0.6499	0.5935
19	0.5581	0.5767	0.6387	0.6205	0.6010	0.5860
20	0.5349	0.5763	0.6016	0.5954	0.5499	0.5815
21	0.5116	0.5567	0.5910	0.5583	0.5385	0.5679
22	0.4884	0.5388	0.5523	0.5583	0.4792	0.5541
23	0.4651	0.5324	0.4938	0.5159	0.4691	0.5142
24	0.4419	0.5324	0.5466	0.5350	0.4792	0.5258
25	0.4186	0.5242	0.4756	0.5136	0.4657	0.5025
26	0.3953	0.4734	0.4603	0.4077	0.4413	0.4666
27	0.3721	0.4734	0.4633	0.4865	0.4603	0.5015
28	0.3488	0.4560	0.4385	0.3066	0.4319	0.3472
29	0.3256	0.4560	0.4385	0.3973	0.4382	0.4575
30	0.3023	0.4073	0.3944	0.3066	0.3963	0.3191
31	0.2791	0.3849	0.2687	0.2811	0.3434	0.3036
32	0.2558	0.3490	0.2327	0.2439	0.2706	0.3036
33	0.2326	0.2956	0.2211	0.2439	0.2495	0.2883
34	0.2093	0.2805	0.1367	0.2318	0.2367	0.1551
35	0.1860	0.2523	0.1252	0.1640	0.1930	0.1430
36	0.1628	0.2110	0.1208	0.1340	0.0980	0.1097
37	0.1395	0.0675	0.0865	0.1113	0.0494	0.0996
38	0.1163	0.0653	0.0379	0.0571	0.0227	0.0728
39	0.0930	0.0531	0.0296	0.0071	0.0161	0.0649
40	0.0698	0.0005	0.0132	0.0030	0.0143	0.0152
41	0.0465	0.0002	0.0007	0.0008	0.0126	0.0045
42	0.0233	0.0001	0.0001	0.0008	0.0025	0.0019

Tabla N°28: Diferencias Absolutas entre Probabilidades Simuladas y Observadas en la Prueba de Bondad de Ajuste.

<i>m</i>	DESVIACIÓN ABSOLUTA				
	$\Delta = F(x<X) - P(x<X) $				
	<i>5 min.</i>	<i>10 min.</i>	<i>30 min.</i>	<i>60 min.</i>	<i>120 min.</i>
1	0.0092	0.0147	0.0335	0.0066	0.0125
2	0.0009	0.0374	0.0143	0.0058	0.0402
3	0.0189	0.0151	0.0249	0.0073	0.0169
4	0.0019	0.0071	0.0026	0.0019	0.0060
5	0.0157	0.0059	0.0081	0.0226	0.0102
6	0.0191	0.0217	0.0277	0.0459	0.0232
7	0.0005	0.0276	0.0509	0.0399	0.0342
8	0.0087	0.0373	0.0587	0.0290	0.0518
9	0.0145	0.0383	0.0548	0.0490	0.0388
10	0.0167	0.0485	0.0499	0.0391	0.0412
11	0.0181	0.0507	0.0419	0.0085	0.0218
12	0.0413	0.0768	0.0905	0.0373	0.0132
13	0.0437	0.0955	0.0782	0.0354	0.0247
14	0.0559	0.1042	0.0922	0.0384	0.0371
15	0.0663	0.0761	0.1007	0.0099	0.0434
16	0.0041	0.0972	0.0987	0.0331	0.0201
17	0.0148	0.1184	0.0905	0.0468	0.0032
18	0.0065	0.0988	0.0881	0.0685	0.0121
19	0.0186	0.0806	0.0624	0.0429	0.0278
20	0.0414	0.0667	0.0605	0.0150	0.0466
21	0.0450	0.0793	0.0467	0.0268	0.0563
22	0.0504	0.0639	0.0700	0.0091	0.0658
23	0.0673	0.0287	0.0507	0.0040	0.0491
24	0.0906	0.1048	0.0931	0.0374	0.0839
25	0.1056	0.0570	0.0950	0.0471	0.0839
26	0.0781	0.0649	0.0123	0.0459	0.0713
27	0.1013	0.0913	0.1144	0.0882	0.1294
28	0.1072	0.0897	0.0423	0.0831	0.0017
29	0.1304	0.1129	0.0717	0.1126	0.1319
30	0.1050	0.0921	0.0042	0.0939	0.0168
31	0.1059	0.0104	0.0020	0.0644	0.0246
32	0.0932	0.0231	0.0119	0.0148	0.0478
33	0.0631	0.0115	0.0113	0.0169	0.0557
34	0.0712	0.0726	0.0225	0.0274	0.0543
35	0.0663	0.0608	0.0220	0.0070	0.0431
36	0.0482	0.0420	0.0288	0.0647	0.0531
37	0.0720	0.0531	0.0283	0.0901	0.0399
38	0.0509	0.0784	0.0592	0.0936	0.0435
39	0.0399	0.0634	0.0860	0.0769	0.0281
40	0.0693	0.0566	0.0668	0.0555	0.0546
41	0.0463	0.0458	0.0458	0.0339	0.0420
42	0.0232	0.0232	0.0225	0.0208	0.0214
$\Delta_{Máx}$	0.1304	0.1184	0.1144	0.1126	0.1319

$\Delta_0 = 0.19$ (tabla: 5% de nivel de significación, longitud de registro 42), $\Delta_{máx} < \Delta_0$ Por lo tanto el ajuste al Modelo Gumbel es lo suficientemente preciso*, * Prueba altamente no significativa (modelo de muy aceptable precisión).

Tabla N°29: Para varios valores de n y niveles de significación α (Tomado de Yevjevich 1972)

Tamaño	NIVELES DE SIGNIFICACION α			
Muestral N	0.01	0.05	0.1	0.2
5.00	0.45	0.51	0.56	0.67
10.00	0.32	0.37	0.41	0.49
15.00	0.27	0.30	0.34	0.40
20.00	0.23	0.26	0.29	0.36
25.00	0.21	0.24	0.27	0.32
30.00	0.19	0.22	0.24	0.29
35.00	0.18	0.20	0.23	0.27
40.00	0.17	0.19	0.21	0.25
45.00	0.16	0.18	0.20	0.24
50.00	0.15	0.17	0.19	0.23
N>50	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

Tabla N°30: Simulación de Intensidades máximas de precipitación mediante el Modelo Gumbel, Estación Weberbauer (Altitud 2536 msnm), microcuenca río Mashcón

N	J (%)	Tr	INTENSIDADES MÁXIMAS (mm/h)				
			5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
5	1	498.0	165.0	118.8	60.1	36.5	22.9
	2	248.0	153.5	110.8	56.1	34.1	21.3
	5	98.0	138.3	100.0	50.8	30.9	19.1
	10	48.0	126.5	91.6	46.8	28.4	17.4
	15	31.3	119.4	86.6	44.3	26.9	16.4
	20	22.9	114.2	83.0	42.5	25.7	15.7
	25	17.9	110.0	80.0	41.1	24.9	15.1
	30	14.5	106.5	77.5	39.9	24.1	14.6
	40	10.3	100.6	73.4	37.8	22.9	13.7
	50	7.7	95.6	69.8	36.1	21.8	13.0
	60	6.0	91.0	66.6	34.5	20.8	12.3
	70	4.7	86.6	63.4	33.0	19.9	11.7
	80	3.6	81.8	60.1	31.4	18.9	11.0
	90	2.7	75.9	55.9	29.3	17.6	10.2
100	1.0	-	-	-	-	-	
10	1	995.5	176.3	126.9	64.0	38.9	24.6
	2	495.5	164.9	118.8	60.0	36.5	22.9
	5	195.5	149.6	108.0	54.8	33.3	20.7
	10	95.4	137.8	99.7	50.7	30.8	19.1
	15	62.0	130.7	94.6	48.2	29.3	18.0
	20	45.3	125.5	91.0	46.4	28.2	17.3
	25	35.3	121.4	88.0	45.0	27.3	16.7
	30	28.5	117.8	85.6	43.8	26.5	16.2
	40	20.1	112.0	81.4	41.8	25.3	15.3
	50	14.9	107.0	77.9	40.0	24.2	14.6
	60	11.4	102.4	74.6	38.5	23.2	14.0
	70	8.8	97.9	71.5	36.9	22.3	13.3
	80	6.7	93.2	68.1	35.3	21.3	12.7
	90	4.9	87.3	64.0	33.3	20.0	11.8
100	1.0	-	-	-	-	-	
25	1	2488.0	191.3	137.5	69.2	42.1	26.7
	2	1238.0	179.9	129.4	65.2	39.7	25.1
	5	487.9	164.6	118.6	59.9	36.5	22.9
	10	237.8	152.8	110.3	55.9	34.0	21.2
	15	154.3	145.7	105.3	53.4	32.5	20.2
	20	112.5	140.5	101.6	51.6	31.3	19.4
	25	87.4	136.4	98.6	50.2	30.5	18.8
	30	70.6	132.9	96.2	49.0	29.7	18.3
	40	49.4	127.0	92.0	46.9	28.5	17.5
	50	36.6	122.0	88.5	45.2	27.4	16.8
	60	27.8	117.4	85.2	43.6	26.4	16.1
	70	21.3	112.9	82.1	42.1	25.5	15.5
	80	16.0	108.2	78.7	40.5	24.5	14.8
	90	11.4	102.3	74.6	38.4	23.2	14.0
100	1.0	-	-	-	-	-	

Tabla N° 30: Continuación de la tabla

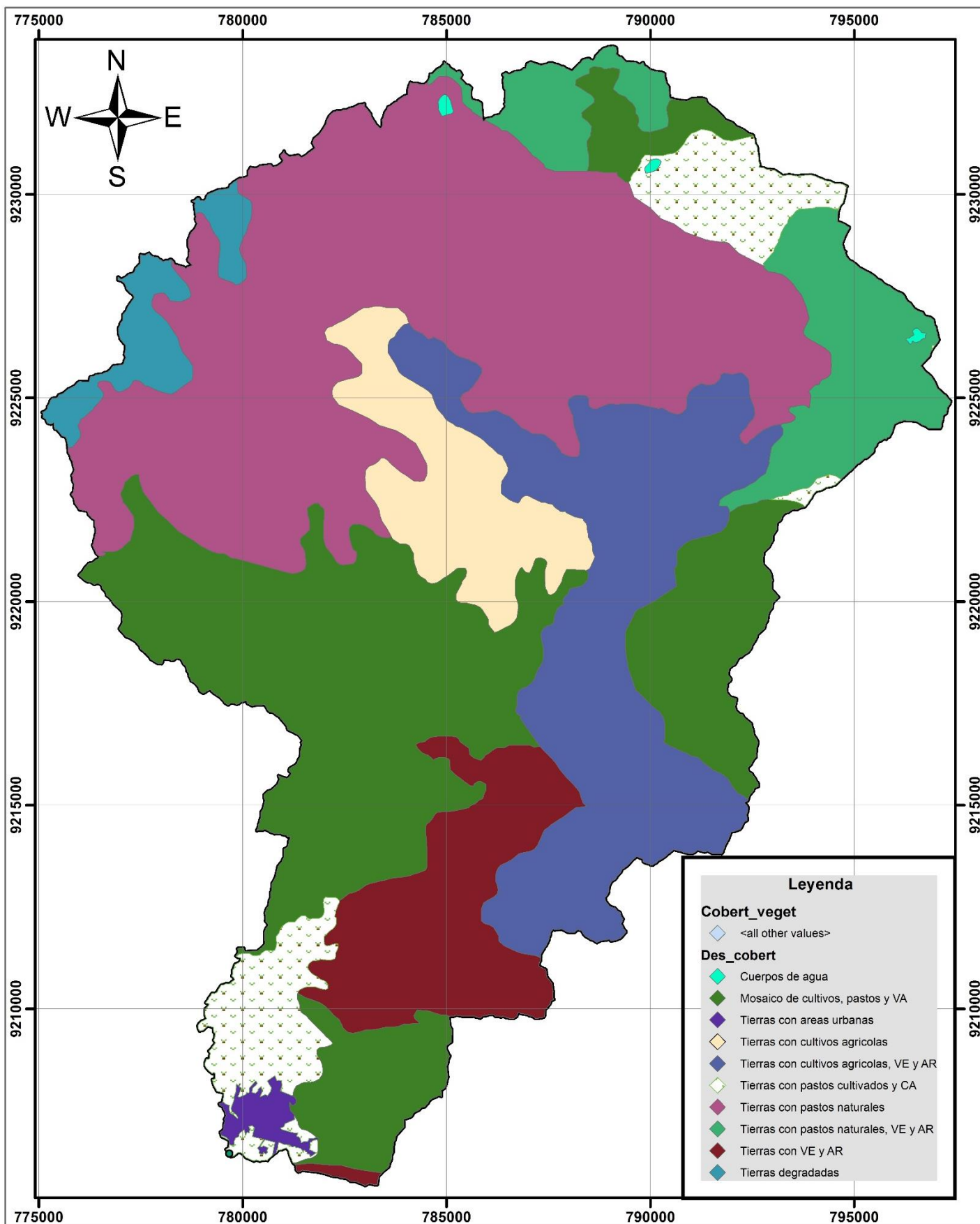
N	J (%)	Tr	INTENSIDADES MÁXIMAS (mm/h)				
			5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
30	1	2985.5	194.3	139.6	70.2	42.8	27.2
	2	1485.4	182.9	131.5	66.2	40.3	25.5
	5	585.4	167.6	120.7	61.0	37.1	23.3
	10	285.2	155.8	112.4	56.9	34.6	21.6
	15	185.1	148.7	107.4	54.5	33.1	20.6
	20	134.9	143.5	103.7	52.7	32.0	19.9
	25	104.8	139.4	100.8	51.2	31.1	19.3
	30	84.6	135.8	98.3	50.0	30.4	18.8
	40	59.2	130.0	94.1	48.0	29.1	17.9
	50	43.8	125.0	90.6	46.2	28.0	17.2
	60	33.2	120.4	87.3	44.7	27.1	16.6
	70	25.4	115.9	84.2	43.1	26.1	15.9
	80	19.1	111.2	80.8	41.5	25.1	15.2
	90	13.5	105.3	76.7	39.5	23.9	14.4
100	1.0	-	-	-	-	-	
40	1	3980.5	199.0	142.9	71.8	43.8	27.8
	2	1980.4	187.6	134.8	67.9	41.3	26.2
	5	780.3	172.3	124.0	62.6	38.1	24.0
	10	380.1	160.5	115.7	58.5	35.6	22.3
	15	246.6	153.4	110.7	56.1	34.1	21.3
	20	179.8	148.2	107.0	54.3	33.0	20.5
	25	139.5	144.1	104.1	52.8	32.1	20.0
	30	112.6	140.6	101.6	51.6	31.4	19.4
	40	78.8	134.7	97.4	49.6	30.1	18.6
	50	58.2	129.7	93.9	47.9	29.0	17.9
	60	44.2	125.1	90.7	46.3	28.1	17.2
	70	33.7	120.6	87.5	44.8	27.1	16.6
	80	25.4	115.9	84.2	43.1	26.1	15.9
	90	17.9	110.0	80.0	41.1	24.9	15.1
100	1.0	-	-	-	-	-	
50	1	4975.5	202.7	145.5	73.1	44.5	28.4
	2	2475.4	191.2	137.4	69.1	42.1	26.7
	5	975.3	176.0	126.6	63.9	38.9	24.5
	10	475.1	164.2	118.3	59.8	36.4	22.8
	15	308.2	157.1	113.3	57.3	34.9	21.8
	20	224.6	151.9	109.6	55.5	33.8	21.1
	25	174.3	147.7	106.7	54.1	32.9	20.5
	30	140.7	144.2	104.2	52.9	32.1	20.0
	40	98.4	138.3	100.0	50.9	30.9	19.1
	50	72.6	133.3	96.5	49.1	29.8	18.4
	60	55.1	128.8	93.3	47.6	28.8	17.8
	70	42.0	124.3	90.1	46.0	27.9	17.1
	80	31.6	119.5	86.7	44.4	26.9	16.4
	90	22.2	113.7	82.6	42.4	25.6	15.6
100	1.0	-	-	-	-	-	

Tabla N° 30: Continuación de la tabla

N	J (%)	Tr	INTENSIDADES MÁXIMAS (mm/h)				
			5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
60	1	5970.4	205.7	147.6	74.1	45.2	28.8
	2	2970.4	194.2	139.5	70.2	42.8	27.1
	5	1170.2	179.0	128.7	64.9	39.5	25.0
	10	570.0	167.2	120.4	60.8	37.0	23.3
	15	369.7	160.1	115.4	58.4	35.5	22.2
	20	269.4	154.9	111.7	56.6	34.4	21.5
	25	209.1	150.7	108.8	55.1	33.5	20.9
	30	168.7	147.2	106.3	53.9	32.8	20.4
	40	118.0	141.3	102.1	51.9	31.5	19.6
	50	87.1	136.3	98.6	50.2	30.5	18.8
	60	66.0	131.7	95.4	48.6	29.5	18.2
	70	50.3	127.3	92.2	47.0	28.5	17.5
	80	37.8	122.5	88.8	45.4	27.5	16.9
	90	26.6	116.6	84.7	43.4	26.3	16.0
100	1.0	-	-	-	-	-	
70	1	6965.4	208.2	149.4	75.0	45.7	29.1
	2	3465.4	196.7	141.3	71.0	43.3	27.5
	5	1365.2	181.5	130.5	65.8	40.0	25.3
	10	664.9	169.7	122.2	61.7	37.5	23.6
	15	431.2	162.6	117.2	59.2	36.0	22.6
	20	314.2	157.4	113.5	57.4	34.9	21.9
	25	243.8	153.2	110.6	56.0	34.0	21.3
	30	196.8	149.7	108.1	54.8	33.3	20.8
	40	137.5	143.8	103.9	52.8	32.0	19.9
	50	101.5	138.8	100.4	51.0	31.0	19.2
	60	76.9	134.3	97.2	49.5	30.0	18.5
	70	58.6	129.8	94.0	47.9	29.1	17.9
	80	44.0	125.0	90.6	46.3	28.1	17.2
	90	30.9	119.2	86.5	44.3	26.8	16.4
100	1.0	-	-	-	-	-	
80	1	7960.4	210.4	150.9	75.7	46.2	29.5
	2	3960.4	198.9	142.9	71.8	43.8	27.8
	5	1560.2	183.7	132.1	66.5	40.5	25.6
	10	759.8	171.9	123.7	62.4	38.0	23.9
	15	492.8	164.8	118.7	60.0	36.5	22.9
	20	359.0	159.6	115.1	58.2	35.4	22.2
	25	278.6	155.4	112.1	56.8	34.5	21.6
	30	224.8	151.9	109.6	55.6	33.8	21.1
	40	157.1	146.0	105.5	53.5	32.5	20.2
	50	115.9	141.0	101.9	51.8	31.5	19.5
	60	87.8	136.5	98.7	50.2	30.5	18.9
	70	66.9	132.0	95.5	48.7	29.5	18.2
	80	50.2	127.2	92.2	47.0	28.5	17.5
	90	35.2	121.4	88.0	45.0	27.3	16.7
100	1.0	-	-	-	-	-	

Tabla N° 30: Continuación de la tabla

N	J (%)	Tr	INTENSIDADES MÁXIMAS (mm/h)				
			5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
90	1	8955.4	212.3	152.3	76.4	46.6	29.7
	2	4455.3	200.9	144.2	72.5	44.2	28.1
	5	1755.1	185.6	133.4	67.2	40.9	25.9
	10	854.7	173.8	125.1	63.1	38.4	24.2
	15	554.3	166.7	120.1	60.7	36.9	23.2
	20	403.8	161.5	116.4	58.9	35.8	22.5
	25	313.3	157.4	113.5	57.4	34.9	21.9
	30	252.8	153.8	111.0	56.2	34.2	21.4
	40	176.7	148.0	106.8	54.2	32.9	20.5
	50	130.3	143.0	103.3	52.5	31.9	19.8
	60	98.7	138.4	100.1	50.9	30.9	19.1
	70	75.3	133.9	96.9	49.3	29.9	18.5
	80	56.4	129.2	93.5	47.7	28.9	17.8
	90	39.6	123.3	89.4	45.7	27.7	17.0
100	1.0	-	-	-	-	-	
100	1	9950.4	214.0	153.5	77.0	47.0	30.0
	2	4950.3	202.6	145.4	73.0	44.5	28.3
	5	1950.1	187.3	134.7	67.8	41.3	26.2
	10	949.6	175.5	126.3	63.7	38.8	24.5
	15	615.8	168.4	121.3	61.3	37.3	23.4
	20	448.6	163.2	117.6	59.5	36.2	22.7
	25	348.1	159.1	114.7	58.0	35.3	22.1
	30	280.9	155.6	112.2	56.8	34.5	21.6
	40	196.3	149.7	108.0	54.8	33.3	20.8
	50	144.8	144.7	104.5	53.1	32.2	20.0
	60	109.6	140.1	101.3	51.5	31.3	19.4
	70	83.6	135.6	98.1	49.9	30.3	18.7
	80	62.6	130.9	94.8	48.3	29.3	18.1
	90	43.9	125.0	90.6	46.3	28.1	17.2
100	1.0	-	-	-	-	-	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

PROYECTO TESIS: "IDENTIFICACION DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL RIO CHONTA EN EL TRAMO HUAYRAPONGO –URBANIZACION CONDOMINIO EL SAUSALITO"

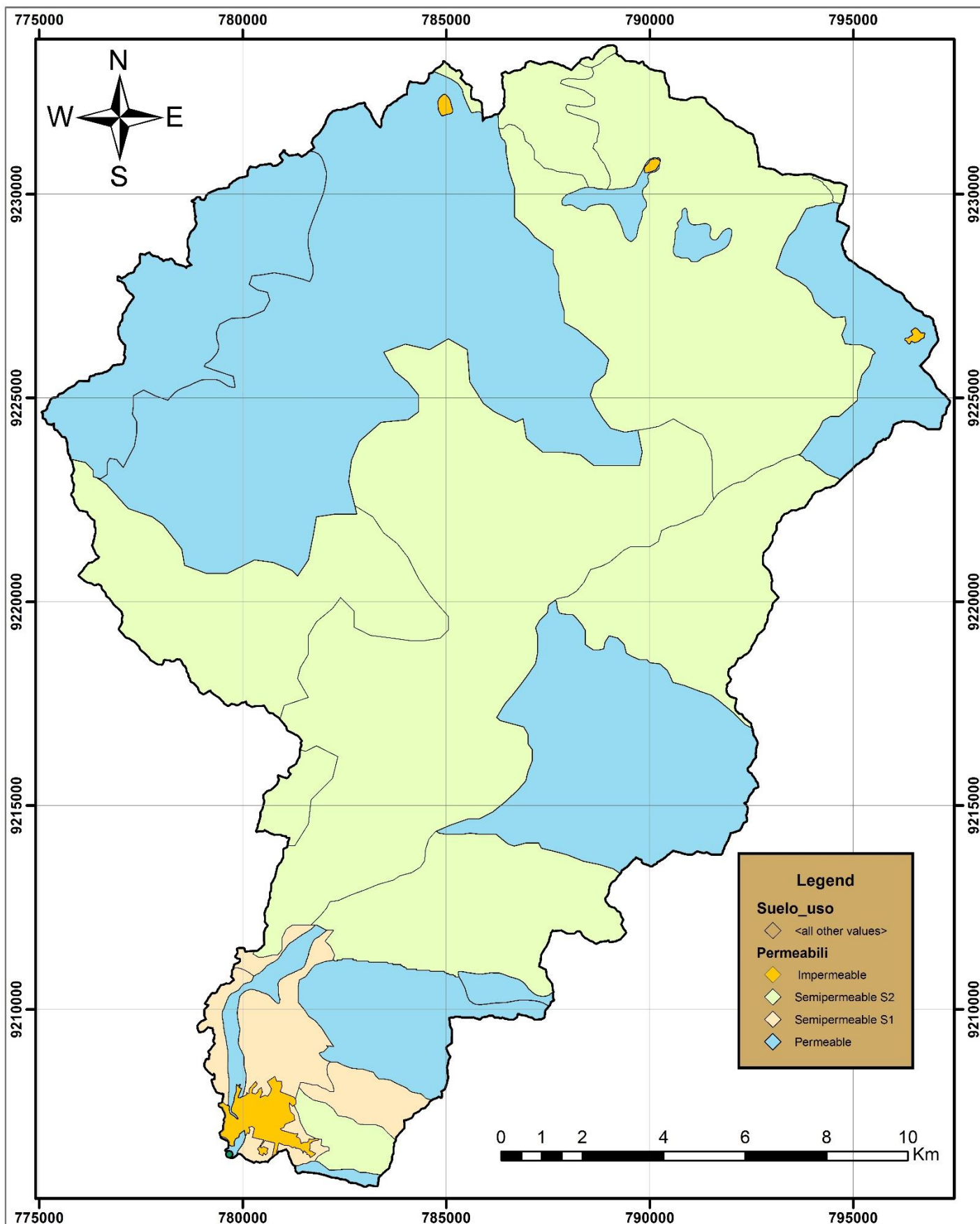
QUE PRESENTA:
 RAMIREZ HUAMÁN EDINSON JHOAN

PLANO:

ASESOR:
 Dr. Ing. LUIS LEÓN CHAVEZ

COBERTURA
 VEGETAL

N°05



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA
 PROYECTO TESIS: "IDENTIFICACION DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL RIO CHONTA EN EL TRAMO HUAYRAPONGO –URBANIZACION CONDOMINIO EL SAUSALITO"

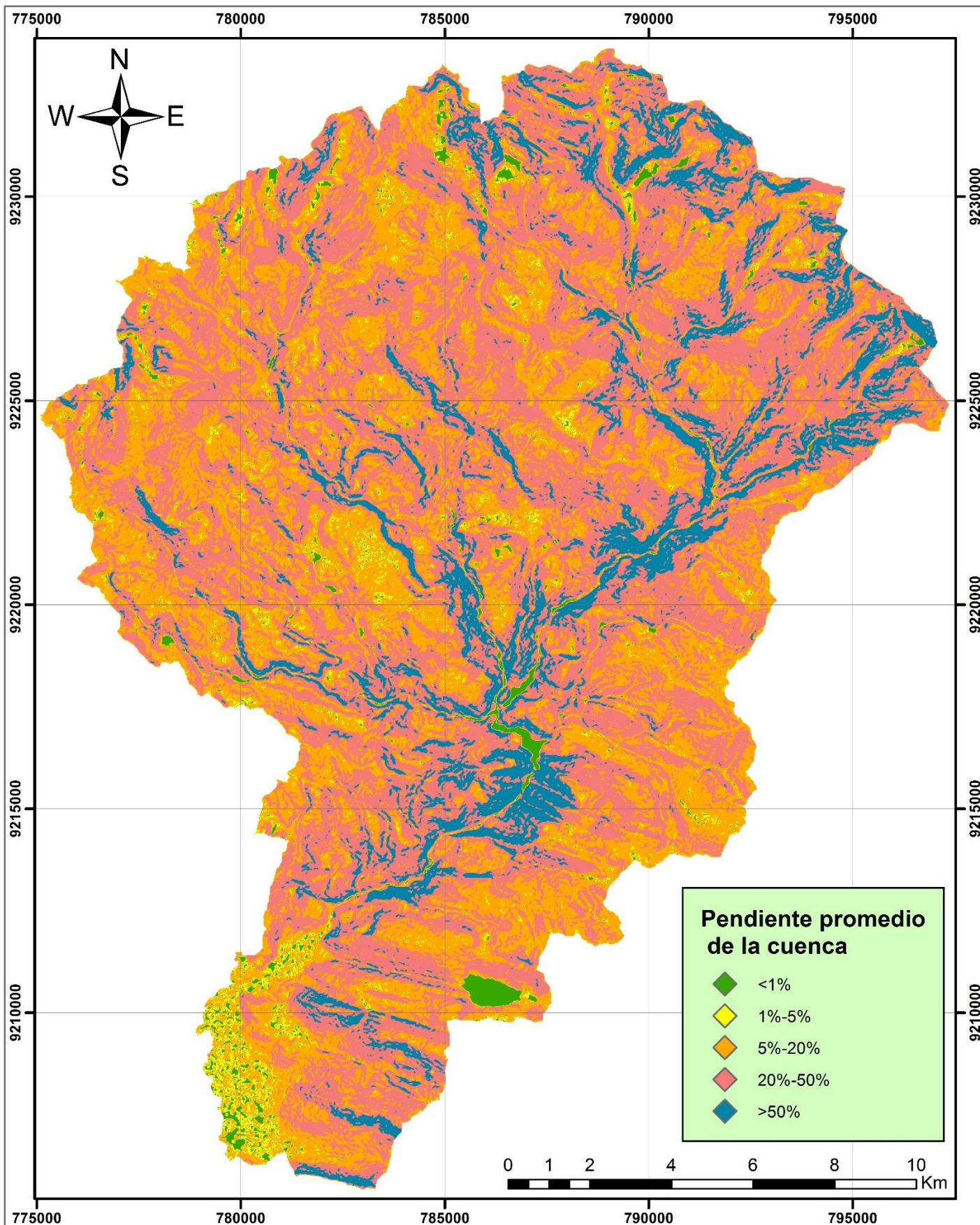
QUE PRESENTA:
 RAMIREZ HUAMÁN EDINSON JHOAN

PLANO:

ASESOR:
 Dr. Ing. LUIS LEÓN CHAVEZ

PERMEABILIDAD

N°06




	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA PROYECTO TESIS: "IDENTIFICACION DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL RIO CHONTA EN EL TRAMO HUAYRAPONGO –URBANIZACION CONDOMINIO EL SAUSALITO"		
	QUE PRESENTA: RAMIREZ HUAMÁN EDINSON JHOAN	PLANO:	
	ASESOR: Dr. Ing. LUIS LEÓN CHAVEZ	PENDIENTE PROMEDIO DE LA CUENCA	N°07

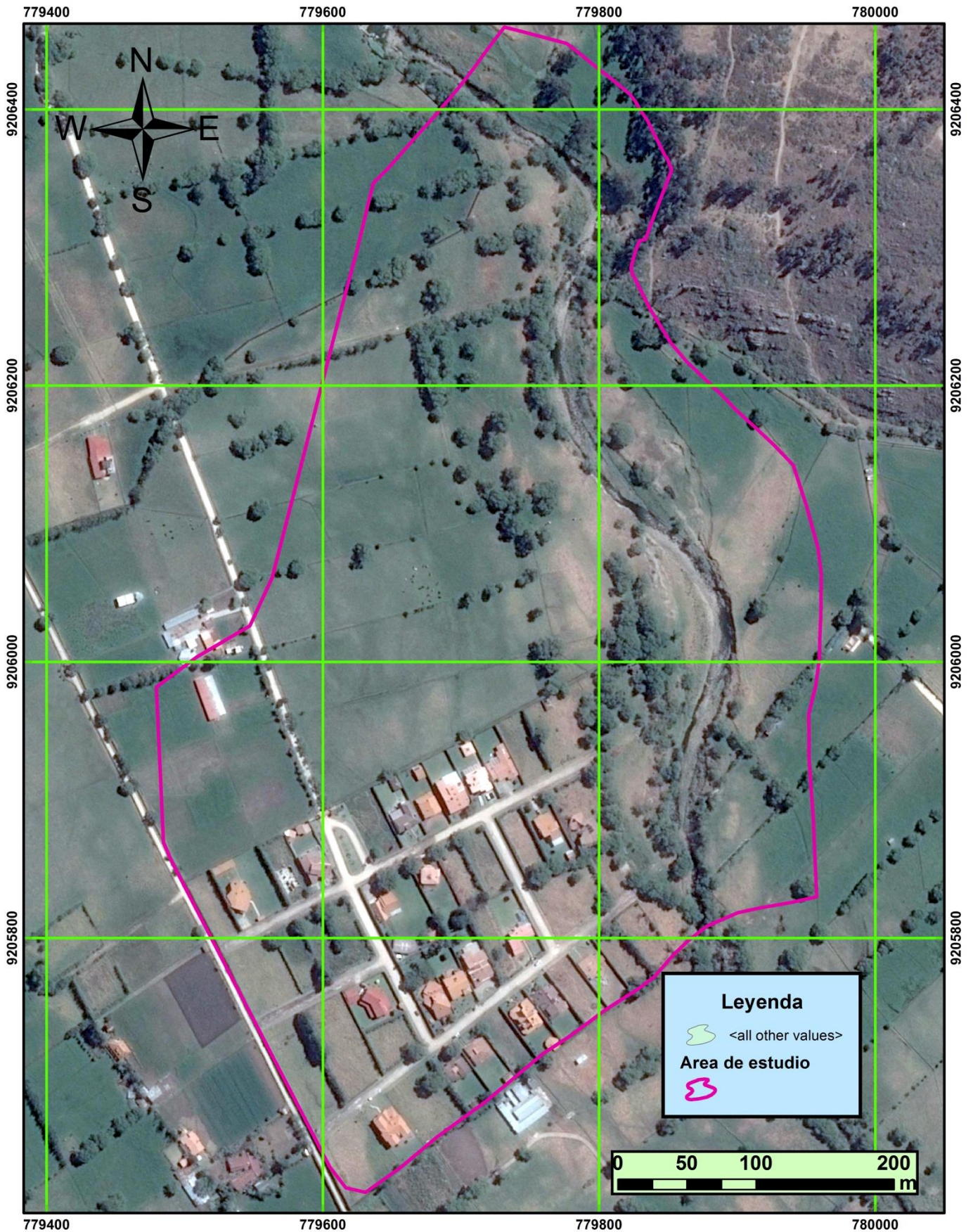
Tabla N°31: Coeficiente de escorrentía de la Cuenca del río Chonta.

N°	area hec.	Pend.	Pendiente	Des_cobert	Permeabilidad	Coef.	% area x escorr
1	46.402	58.00	pronunciada	Pastos, vegetación ligera	permeable	0.35	16.241
2	2.691	50.80	pronunciada	Pastos, vegetación ligera	permeable	0.35	0.942
3	1126.540	28.93	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.5	563.270
4	630.325	20.13	alta	Cultivos	Semipermeable	0.55	346.679
5	9.717	52.94	pronunciada	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.55	5.344
6	27.732	20.67	alta	Cultivos	Semipermeable	0.55	15.252
7	301.112	55.92	pronunciada	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.55	165.611
8	1499.398	25.61	alta	Cultivos	Semipermeable	0.55	824.669
9	1326.176	35.46	alta	Cultivos	Semipermeable	0.55	729.397
10	3118.631	33.16	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.55	1715.247
11	28.880	27.58	alta	Cultivos	Semipermeable	0.55	15.884
12	247.608	35.20	alta	Hierba, grama	Semipermeable	0.45	111.424
13	573.802	27.95	alta	Pastos, vegetación ligera	permeable	0.5	286.901
14	19.649	26.25	alta	Cultivos	permeable	0.35	6.877
15	448.985	32.14	alta	Pastos, vegetación ligera	permeable	0.3	134.696
16	2363.235	20.27	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.5	1181.617
17	305.496	15.66	media	Hierba, grama	Semipermeable	0.4	122.198
18	462.735	36.05	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.5	231.368
19	39.584	46.88	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.5	19.792
20	30.562	45.53	alta	Hierba, grama	Semipermeable	0.45	13.753
21	190.063	18.24	media	Sin vegetación	permeable	0.4	76.025
22	557.634	23.89	alta	Sin vegetación	permeable	0.45	250.935
23	1209.256	23.38	alta	Hierba, grama	permeable	0.25	302.314
24	152.547	32.03	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.5	76.273
25	1067.774	21.27	alta	Hierba, grama	Semipermeable	0.45	480.498
26	520.772	45.06	alta	Cultivos	Semipermeable	0.55	286.425
27	3.942	31.40	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.5	1.971
28	39.277	16.39	media	Cultivos	Semipermeable	0.5	19.638
29	0.302	33.70	alta	Cultivos	Semipermeable	0.55	0.166
30	281.834	32.87	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.5	140.917
31	115.740	4.95	suave	Pastos, vegetación ligera	permeable	0.2	23.148
32	9.784	21.97	alta	Cuerpos de agua			
33	8.840	4.13	suave	Cuerpos de agua			
34	13.970	8.38	media	Cuerpos de agua			
35	213.080	6.50	media	Sin vegetación	Impermeable	0.7	149.156
36	324.840	58.88	pronunciada	Pastos, vegetación ligera	permeable	0.35	113.694
37	469.240	21.47	alta	Hierba, grama	permeable	0.25	117.310
38	1901.648	24.30	alta	Cultivos	permeable	0.35	665.577
39	71.061	30.22	alta	Hierba, grama	permeable	0.25	17.765
40	0.082	33.40	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.5	0.041
41	62.514	9.20	media	Cultivos	Semipermeable	0.5	31.257
42	17.744	13.40	media	Cultivos	Semipermeable	0.5	8.872
43	17.154	21.26	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.5	8.577
44	12.193	3.87	suave	Cultivos	permeable	0.25	3.048
45	22.363	16.05	media	Cultivos	permeable	0.3	6.709

46	115.920	23.11	alta	Hierba, grama	permeable	0.25	28.980
47	38.082	21.02	alta	Cultivos	permeable	0.35	13.329
48	61.414	20.63	alta	Hierba, grama	permeable	0.25	15.353
49	211.003	5.51	media	Cultivos	permeable	0.3	63.301
50	3.794	15.75	media	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.45	1.707
51	56.209	11.34	media	Cultivos	Semipermeable	0.5	28.104
52	7.228	36.86	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.5	3.614
53	477.170	13.98	media	Cultivos	Semipermeable	0.5	238.585
54	31.463	29.19	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.5	15.731
55	130.366	4.93	suave	Cultivos	Semipermeable	0.54	70.398
56	420.099	34.20	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.5	210.050
57	478.067	35.53	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.5	239.033
58	203.524	42.00	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.5	101.762
59	433.426	41.41	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.5	216.713
60	817.115	33.94	alta	Cultivos	Semipermeable	0.55	449.413
61	2587.260	30.09	alta	Hierba, grama	Semipermeable	0.45	1164.267
62	19.892	22.12	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.5	9.946
63	0.118	28.04	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.5	0.059
64	1155.322	41.58	alta	Pastos, vegetación ligera	permeable	0.3	346.597
65	6.522	20.39	alta	Cultivos	permeable	0.35	2.283
66	18.730	25.26	alta	Cultivos	Semipermeable	0.55	10.301
67	394.141	19.73	media	Cultivos	permeable	0.3	118.242
68	0.010	20.40	alta	Sin vegetación	permeable	0.45	0.005
69	265.846	22.30	alta	Cultivos	permeable	0.35	93.046
70	14.596	40.95	alta	Pastos, vegetación ligera	permeable	0.3	4.379
71	173.540	32.09	alta	Pastos, vegetación ligera	permeable	0.3	52.062
72	6184.839	23.46	alta	Hierba, grama	permeable	0.25	1546.210
73	6.638	42.49	alta	Pastos, vegetación ligera	permeable	0.3	1.991
74	1.351	16.53	media	Cultivos	permeable	0.3	0.405
75	261.091	21.73	alta	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.5	130.546
34435.093							14463.891

Por lo tanto: $C= 0.420033447$

ANEXO N° 04: PLANO ZONA DE ESTUDIO



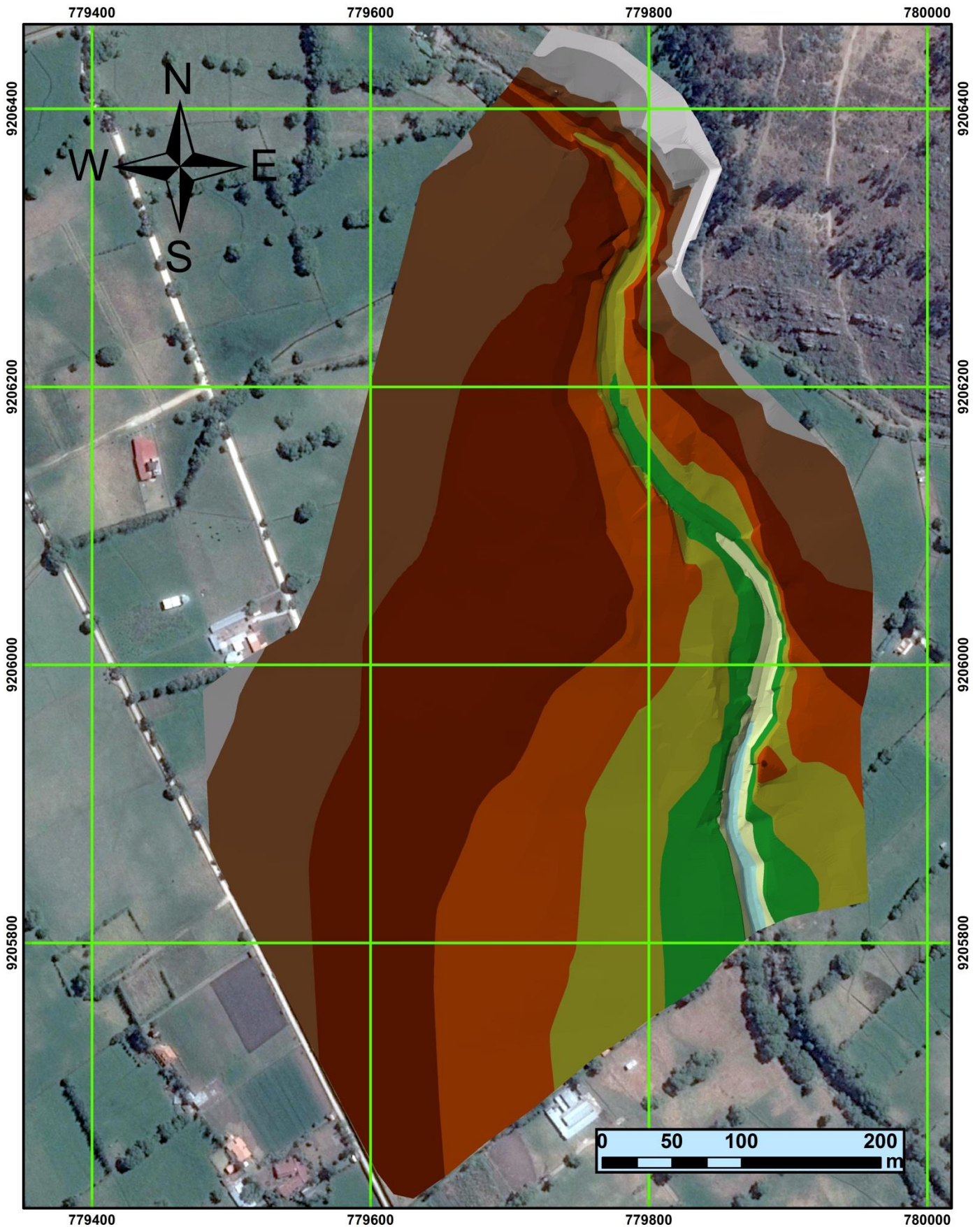
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA
 PROYECTO TESIS: "IDENTIFICACION DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL RIO CHONTA EN EL TRAMO HUAYRAPONGO –URBANIZACION CONDOMINIO EL SAUSALITO"

QUE PRESENTA:
 RAMIREZ HUAMÁN EDINSON JHOAN

ASESOR:
 Dr. Ing. LUIS LEÓN CHAVEZ

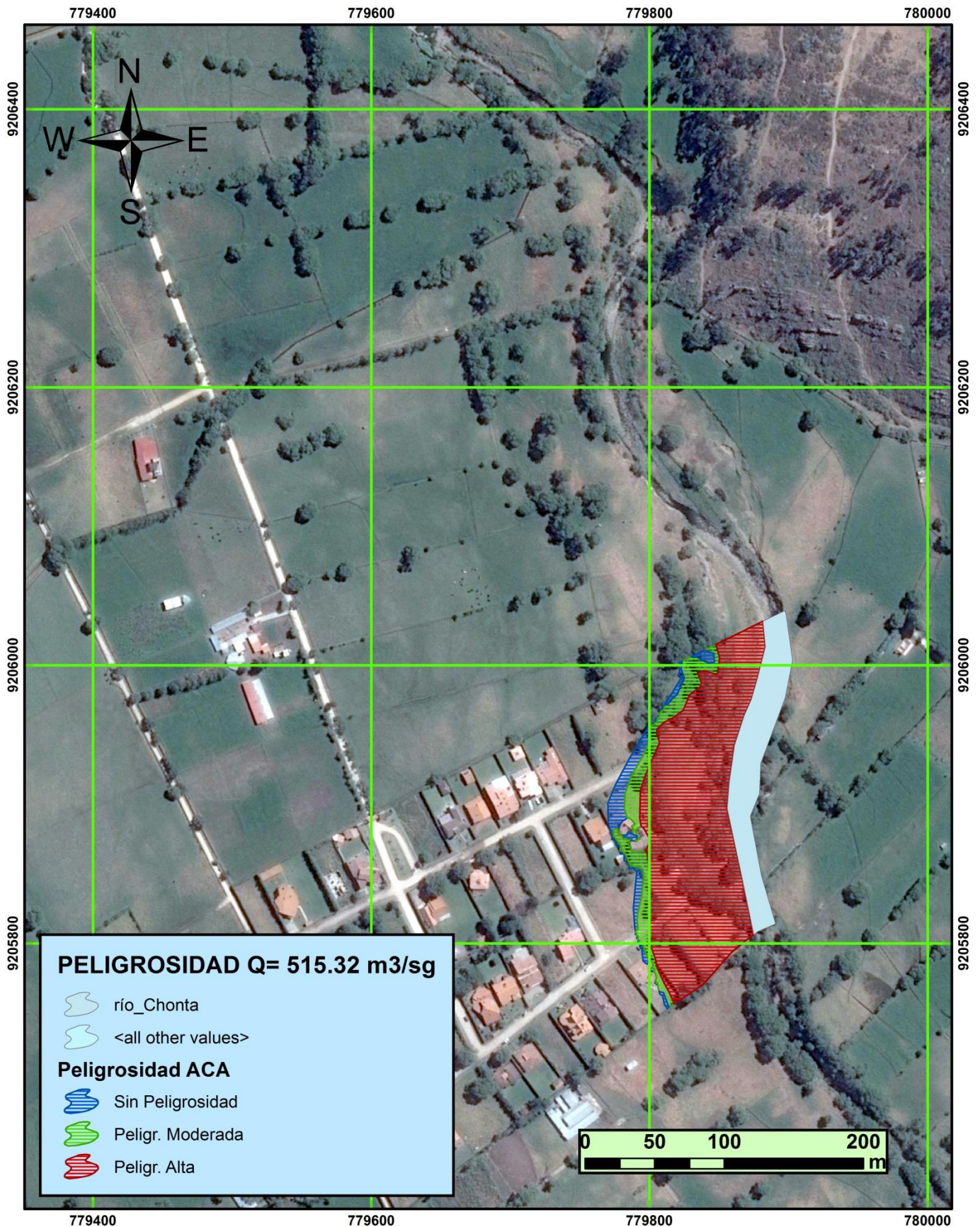
PLANO:
 AREA DE ESTUDIO
 PARA MODELAMIENTO
 CON SOFTWARE IBER

N°08

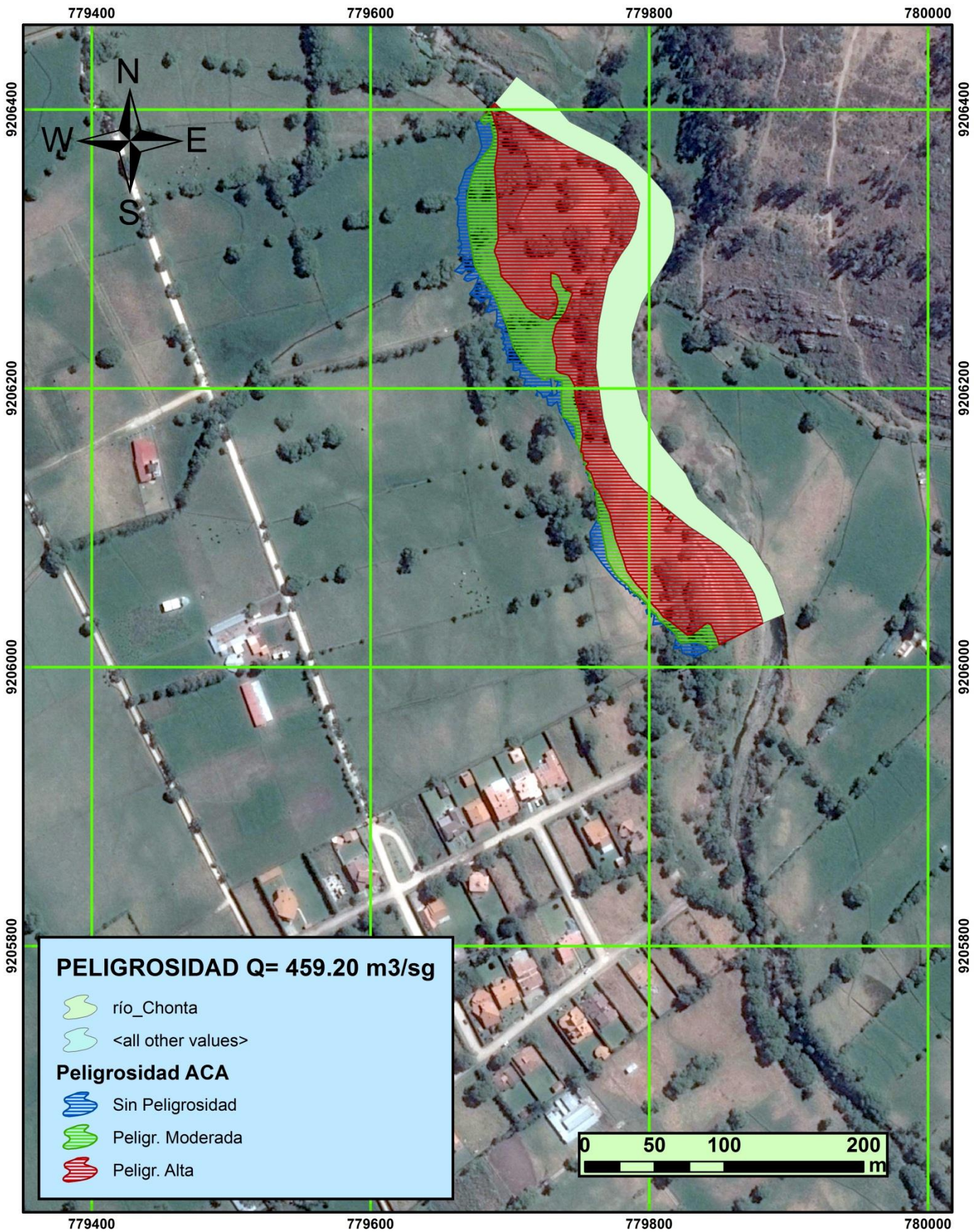


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA	
PROYECTO TESIS: "IDENTIFICACION DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL RIO CHONTA EN EL TRAMO HUAYRAPONGO –URBANIZACION CONDOMINIO EL SAUSALITO"	
QUE PRESENTA: RAMIREZ HUAMÁN EDINSON JHOAN	PLANO: TIN DE LA ZONA DE ESTUDIO DE INUNDACIÓN
ASESOR: Dr. Ing. LUIS LEÓN CHAVEZ	N°09

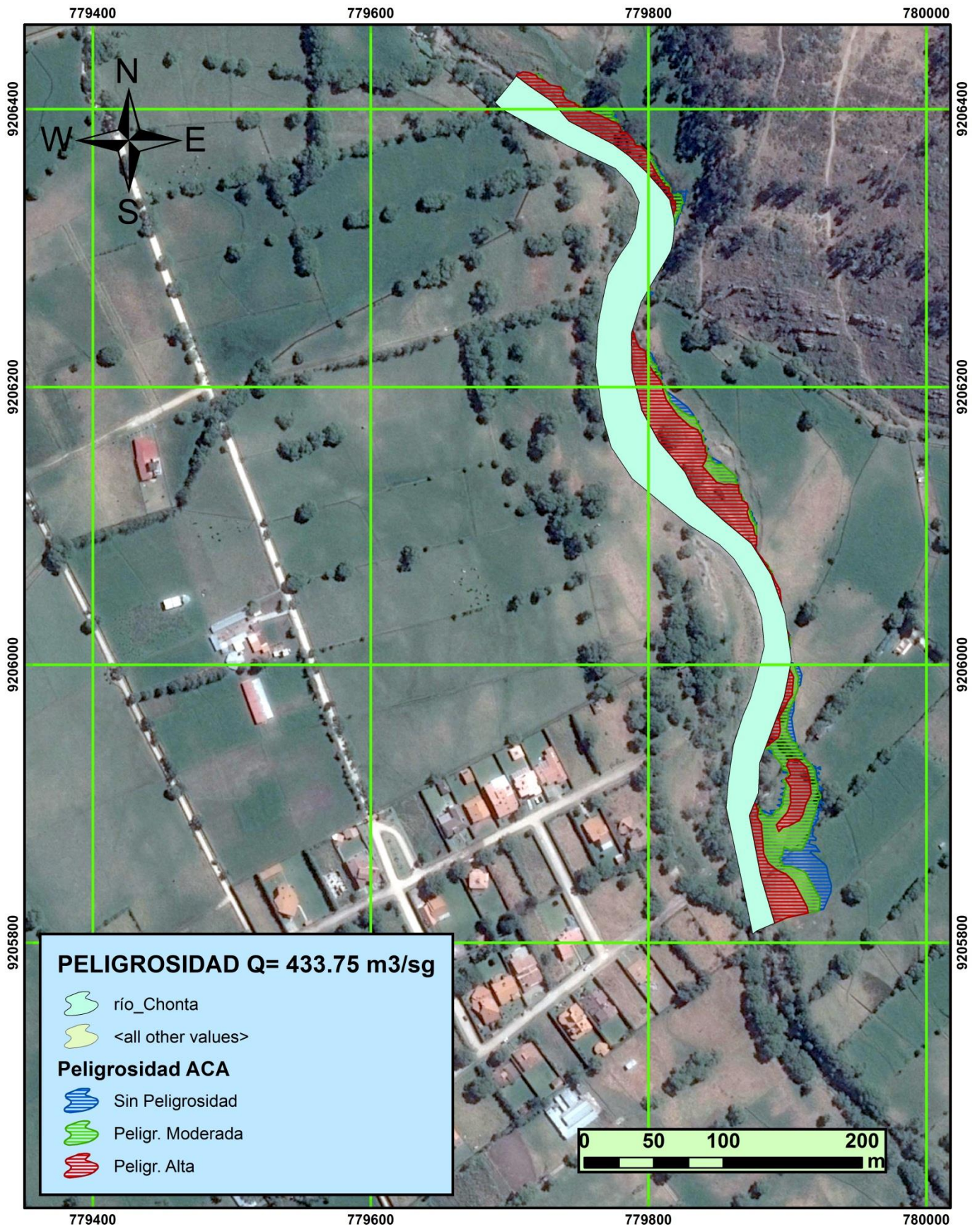
ANEXO N° 05: PLANOS DE AREAS DE PELIGROSIDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA PROYECTO TESIS: "IDENTIFICACION DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL RIO CHONTA EN EL TRAMO HUAYRAPONGO –URBANIZACION CONDOMINIO EL SAUSALITO"		
QUE PRESENTA: RAMIREZ HUAMÁN EDINSON JHOAN	PLANO: PELIGROSIDAD ACA 1ra SIMULACIÓN Q= 515.32 m3/sg	N°10
ASESOR: Dr. Ing. LUIS LEÓN CHAVEZ		

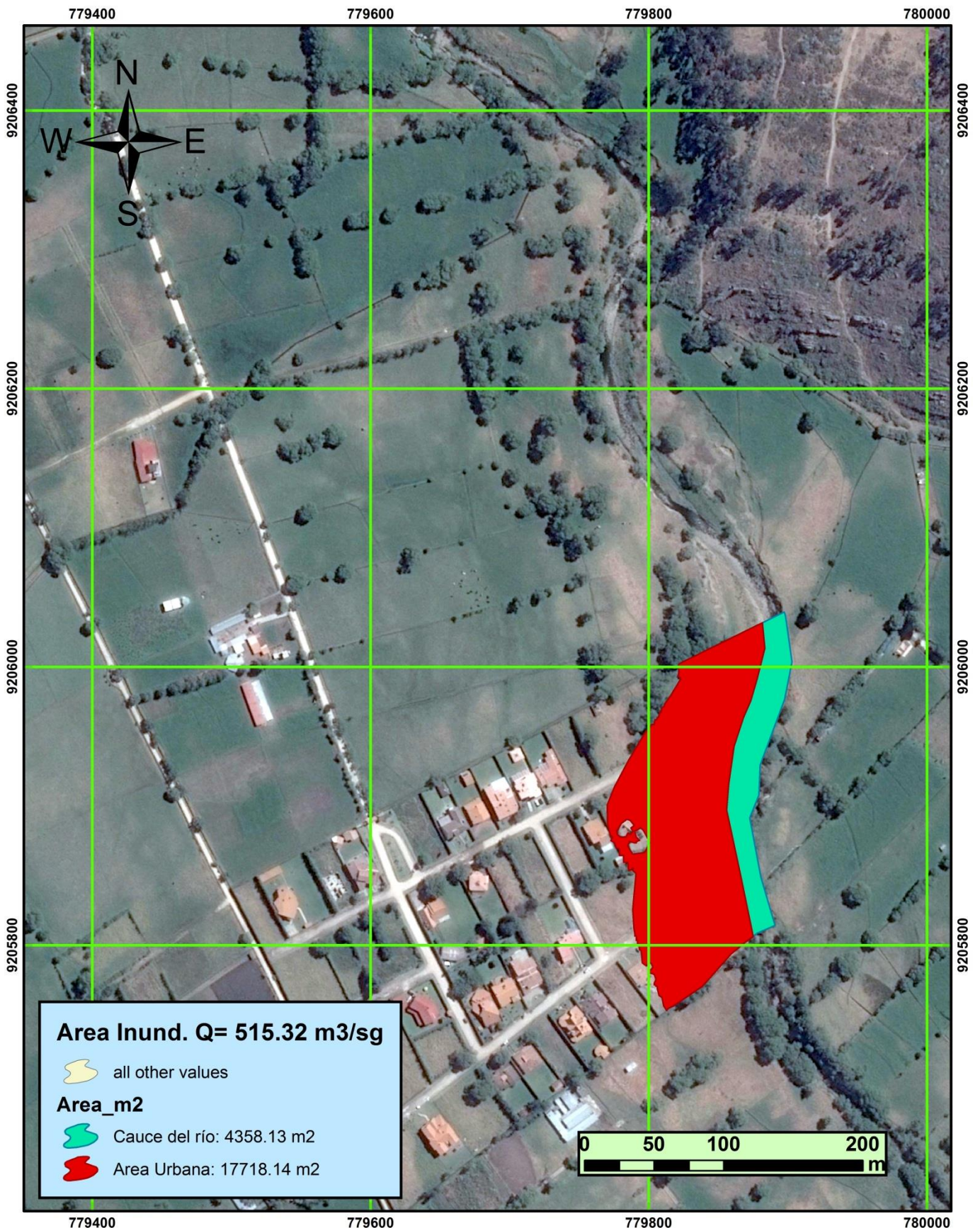


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA		
PROYECTO TESIS: "IDENTIFICACION DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL RIO CHONTA EN EL TRAMO HUAYRAPONGO –URBANIZACION CONDOMINIO EL SAUSALITO"		
QUE PRESENTA: RAMIREZ HUAMÁN EDINSON JHOAN		PLANO:
ASESOR: Dr. Ing. LUIS LEÓN CHAVEZ		PELIGROSIDAD ACA 2da SIMULACIÓN Q= 459.20 m ³ /sg
		N°11



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA		
PROYECTO TESIS: "IDENTIFICACION DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL RIO CHONTA EN EL TRAMO HUAYRAPONGO –URBANIZACION CONDOMINIO EL SAUSALITO"		
QUE PRESENTA: RAMIREZ HUAMÁN EDINSON JHOAN	PLANO:	
ASESOR: Dr. Ing. LUIS LEÓN CHAVEZ	PELIGROSIDAD ACA 3ra SIMULACIÓN Q= 433.75 m ³ /sg	N°12

ANEXO N° 06: PLANOS DE AREAS INUNDADAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA
 PROYECTO TESIS: "IDENTIFICACION DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL RIO CHONTA EN EL TRAMO HUAYRAPONGO -URBANIZACION CONDOMINIO EL SAUSALITO"

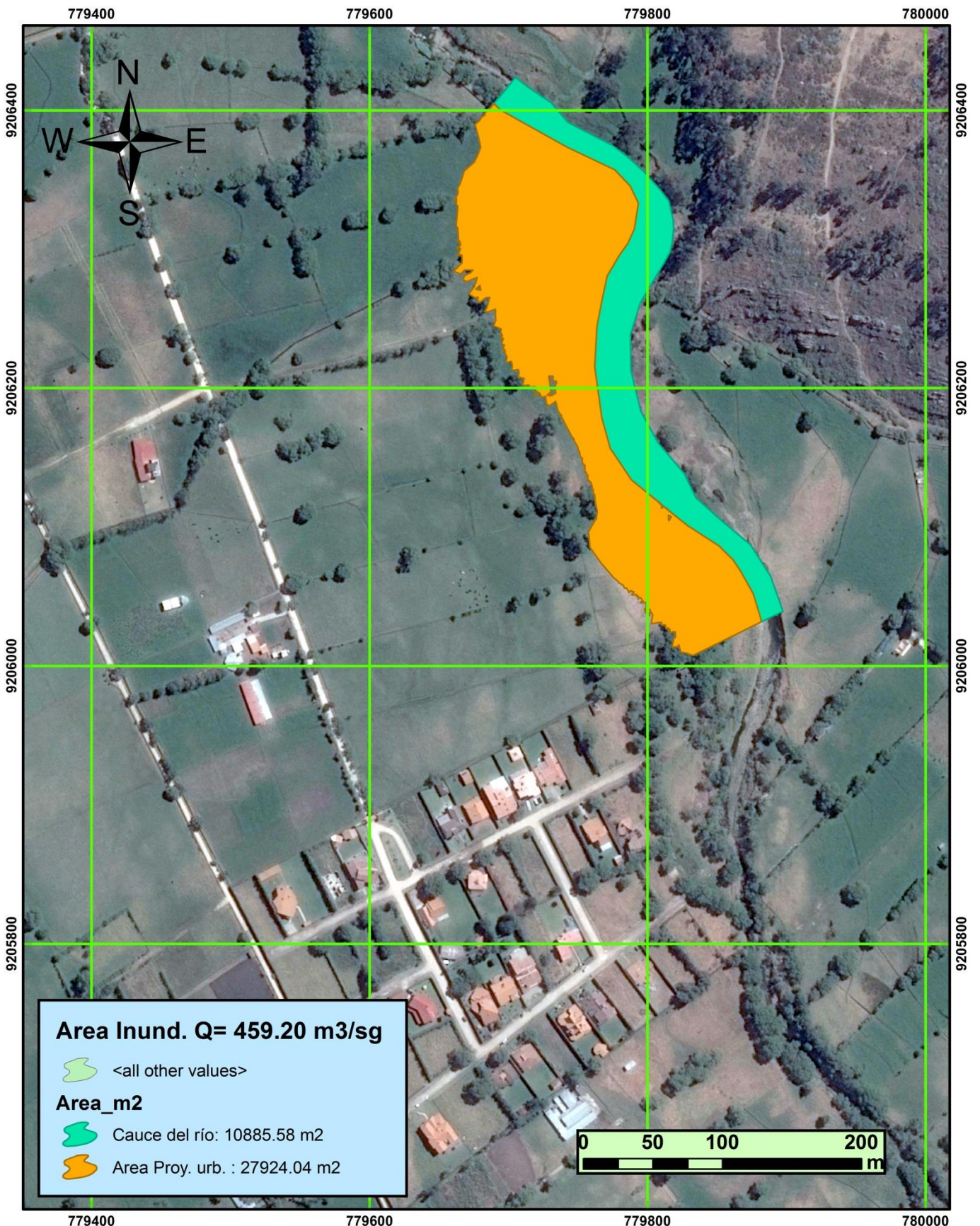
QUE PRESENTA:
 RAMIREZ HUAMÁN EDINSON JHOAN

PLANO:

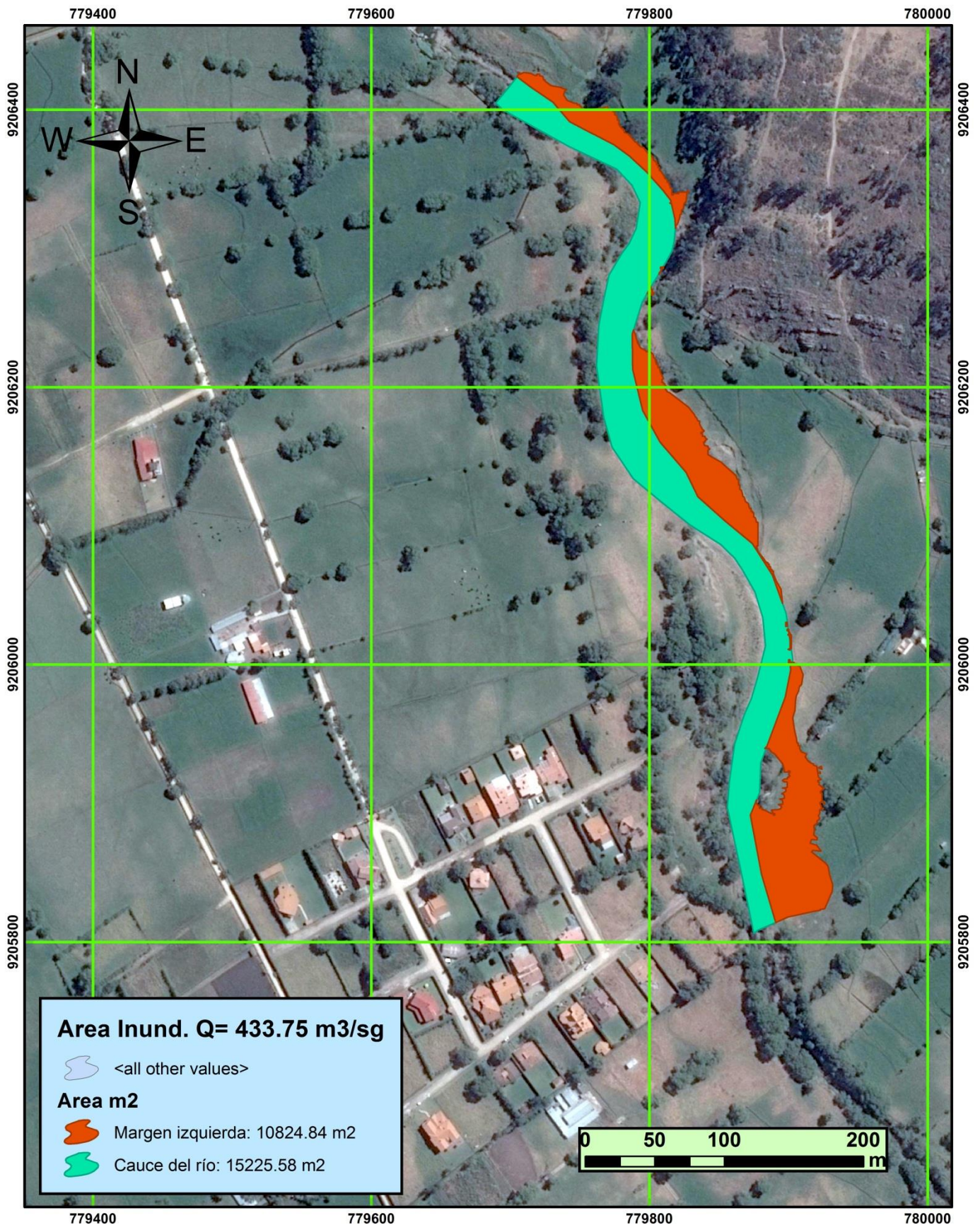
ASESOR:
 Dr. Ing. LUIS LEÓN CHAVEZ

AREA INUNDADA
 1ra SIMULACIÓN
 Q= 515.32 m3/sg

N°13



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA PROYECTO TESIS: "IDENTIFICACION DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL RIO CHONTA EN EL TRAMO HUAYRAPONGO –URBANIZACION CONDOMINIO EL SAUSALITO"	
QUE PRESENTA: RAMIREZ HUAMÁN EDINSON JHOAN	PLANO: AREA INUNDADA 2da SIMULACIÓN Q= 459.20 m3/sg
ASESOR: Dr. Ing. LUIS LEÓN CHAVEZ	N°14

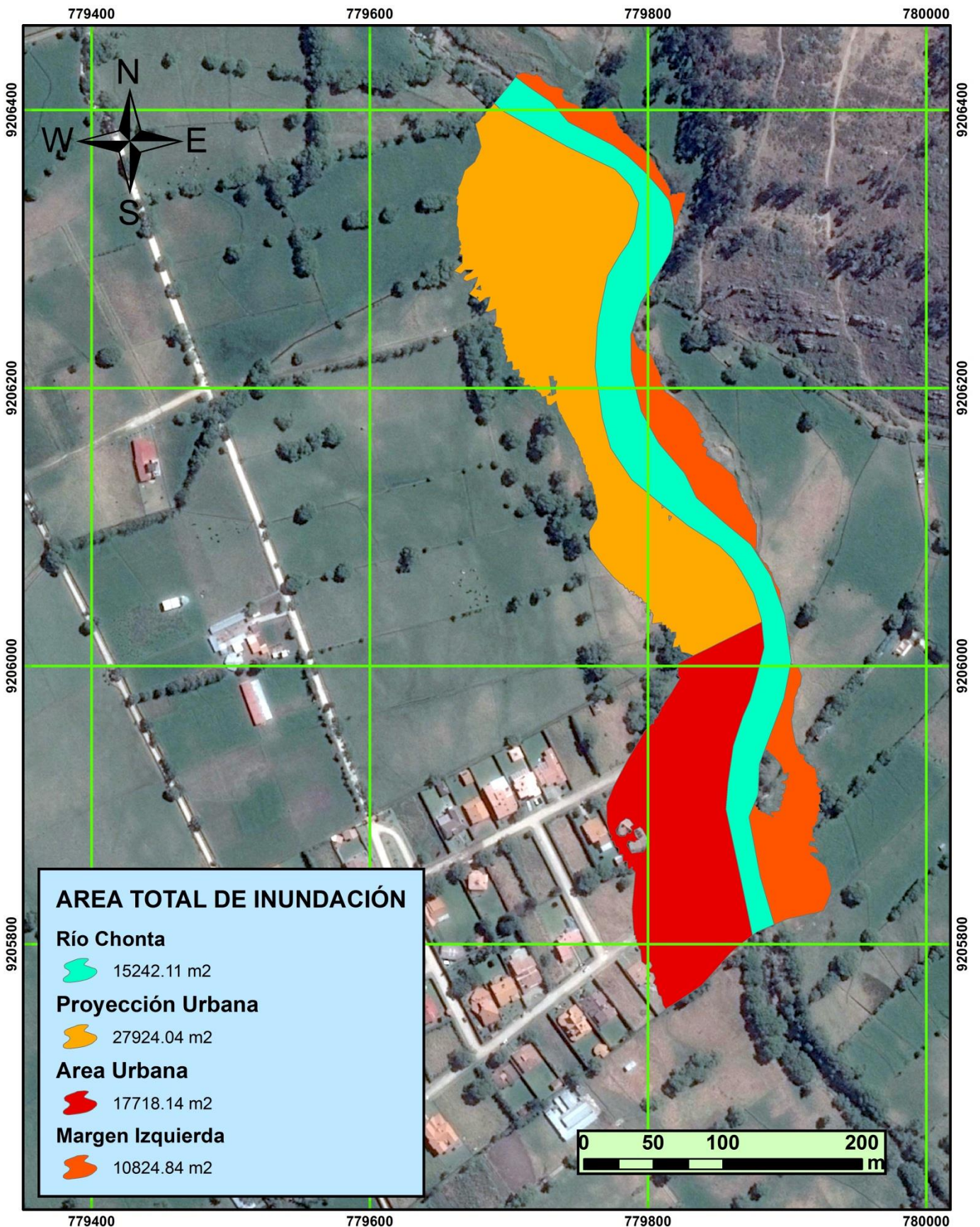


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA
 PROYECTO TESIS: "IDENTIFICACION DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL RIO CHONTA EN EL TRAMO HUAYRAPONGO –URBANIZACION CONDOMINIO EL SAUSALITO"

QUE PRESENTA:
 RAMIREZ HUAMÁN EDINSON JHOAN

PLANO:
 AREA INUNDADA
 3ra SIMULACIÓN
 Q= 433.75 m³/sg

N°15



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA	
PROYECTO TESIS: "IDENTIFICACION DE ÁREAS INUNDABLES MEDIANTE MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL RIO CHONTA EN EL TRAMO HUAYRAPONGO –URBANIZACION CONDOMINIO EL SAUSALITO"	
QUE PRESENTA: RAMIREZ HUAMÁN EDINSON JHOAN	PLANO:
ASESOR: Dr. Ing. LUIS LEÓN CHAVEZ	AREA TOTAL DE INUNDACIÓN N°16