

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**



**“DETERMINACION DE LAS ZONAS DE INUNDACIÓN DE LA  
CUENCA BAJA DEL RÍO ENCAÑADA, TRAMO VIVERO  
MUNICIPAL DEL DISTRITO LA ENCAÑADA HASTA EL KM  
2+000 AGUAS ABAJO”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO HIDRÁULICO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**VÍCTOR RAUL CARUANAMBO CORTÉZ**

**ASESOR:**

**PH. D. ING. OSWALDO ORTIZ VERA**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**- 2018 -**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, quiero agradecer a Dios por la dicha de haberme dado a unos padres ejemplares, quienes me inculcaron la educación desde muy pequeño a ellos va dirigida este logro en mi vida*

*A Ph. D. Ing. Oswaldo Ortiz Vera por aceptar ser mi asesor de tesis y por brindarme su orientación y colaboración desinteresada durante la elaboración del presente proyecto.*

*A los Miembros del Jurado Revisor del presente estudio de tesis Dr. Luis Andrés León Chávez, M.Cs. José Francisco Huamán Vidaurre, Ing. Luis Vásquez Ramírez y el Dr. Gaspar Virilo Méndez Cruz.*

*A los docentes y administrativos de la Escuela Académico profesional de Ingeniería Hidráulica de la Universidad Nacional de Cajamarca.*

*A mis compañeros de estudios, ya que afrontamos diversas dificultades, relacionadas con el proceso de crecer y seguir adelante.*

*A todos Uds. mi más sincero agradecimiento...*

## **DEDICATORIA**

*A Dios por darme a estas personas que me rodean.*

*A mis padres, Teófila Cortez colorado y Felipe Caruanambo Bautista*

*A mis hermanos, Yovany Marizol Caruanambo y Julio Cesar Huaripata*

*A mis abuelos Rogelio Cortez y Francisca Colorado*

*A mi compañera por haberme dado lo más preciado mi hijita hermosa Fernanda*

*A mi grupo de amigos del colegio “José Carlos Mariátegui”*

## INDICE

	<b>Pág.</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b>	<b>VI</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>X</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>XI</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>XII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>12</b>
1.1.    PROBLEMA	12
1.2.    JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.3.    OBJETIVOS	2
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>3</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>3</b>
2.1.    CUENCA HIDROGRÁFICA	3
2.2.    TOPOGRAFICA	11
2.3.    MODELAMIENTO HIDROLOGICO	11
2.4.    HIDRAULICA FLUVIAL	22
2.5.    MODELAMIENTO HIDRÁULICO MEDIANTE EL PROGRAMA IBER	25
2.6.    DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	30
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>31</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>31</b>
3.1.    UBICACIÓN GEOGRÁFICA	31
3.2.    MATERIALES	34
3.3.    PROCEDIMIENTO	35

<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>40</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>40</b>
4.1. ANÁLISIS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA	40
4.2. ANÁLISIS HIDROLÓGICO	44
4.3. CARACTERIZACION FLUVIAL DEL RIO	54
4.4. SIMULACIÓN HIDRÁULICA	56
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>64</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>64</b>
5.1. CONCLUSIONES	64
5.2. RECOMENDACIONES	66
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>69</b>

## INDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Forma de la cuenca y Coeficiente de Gravelius	5
Tabla 2. Categorización de la red de drenaje de la cuenca y determinación de la relación de confluencias.	9
Tabla 3. Coeficiente de Escorrentía para el Método Racional	12
Tabla 4. Intensidades máximas para períodos de duración de 10, 30, 60, 120 y 240 min	16
Tabla 5. Relación entre periodo de retorno, duración e intensidades máximas	17
Tabla 6. Valores críticos de $\Delta_0$ del estadístico Smirnov – Kolmogorov $\Delta$ , para varios valores de N y niveles de significación $\alpha$ .	18
Tabla 7. Rangos para nivel de intensidad o magnitud para inundaciones	25
Tabla 8. Coeficiente de rugosidad de Manning	29
Tabla 9. Ubicación política y geográfica de la estación meteorológica A. Weberbauer	34
Tabla 10. Periodo de registro de la Estación meteorológica	34
Tabla 11. Parámetros Geomorfológicos – Cuenca Encañada	40
Tabla 12. Valores de coeficiente de escorrentía para la cuenca Encañada	44
Tabla 13. Parámetros Calculados del modelo Gumbel para la cuenca Encañada a partir de las intensidades.	47
Tabla 14. Intensidades máximas obtenidas para diferentes periodos de duración	48
Tabla 15. Ecuaciones potenciales obtenidas para las Curvas IDF	53
Tabla 16. Intensidades máximas para diferentes períodos de retorno	53
Tabla 17. Caudales obtenidos para los diferentes periodos de retorno	54
Tabla 18. Rugosidades de Manning para el tramo del río.	58

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Tipos de cuencas	3
Figura 2. Cuenca exorreica	4
Figura 3. Esquema de modelos de formas de cuenca según rangos del coeficiente de Gravelius.	6
Figura 4. Esquema del número de orden de un río según Horton y Strahler.	7
Figura 5. Esquema de la red de drenaje de una cuenca y jerarquización de cauces mediante el método de Horton.	9
Figura 6. Clasificación Morfológica de los ríos	23
Figura 7. Representación Gráfica de una Malla en IBER	27
Figura 8. Representación de un Elemento.	28
Figura 9: Mapa Político de la Provincia de Cajamarca	32
Figura 10: Ubicación del tramo en estudio del Distrito la Encañada	33
Figura 11. Curvas de nivel del tramo de estudio	36
Figura 12. Banda Infrarroja cercana y roja normalizada	37
Figura 14. Cuenca Encañada – Elaboración Propia (Carta Nacional – Cajamarca)	42
Figura 15. Cuenca Encañada de Orden 4 – Elaboración Propia (Carta Nacional – Cajamarca)	43
Figura 16. Archivo NDVI, con sus coberturas vegetales	45
Figura 17. Curvas IDF obtenidas para tiempos de retorno de 20, 100 y 500 años	52
Figura 18. Geometría del tramo del río en estudio	54
Figura 19. Sección del río en épocas de estiaje	54
Figura 20. Tramo del río encañada en épocas de lluvias	55
Figura 21. Tramo del río en estudio de forma meándrico	55
Figura 22. Archivo TIN del tramo en estudio (Río Encañada), obtenida en ArcMap.	56
Figura 23. RTIN generado en Gid-Iber a partir del ASCII	57
Figura 24. Calados máximos para un $Tr=20$ años, $J = 25\%$	59
Figura 25. Velocidades para un $Tr=20$ años, $J = 25\%$	60
Figura 26. Calados máximos para un $Tr=100$ años, $J = 10\%$ .	61

Figura 27. Velocidades para un $Tr=100$ años, $J =10\%$ .	62
Figura 28. Calados máximos para un $Tr=500$ años, $J =5\%$ y $N= 20$ años	63
Figura 29. Parte alta de la cuenca Encañada, donde se muestra poca cobertura vegetal.	122
Figura 30. Parte alta de la cuenca Encañada, donde se muestra cultivos.	122
Figura 31. Vista del tramo de estudio con áreas de Pastos, vegetación ligera y a la parte del fondo sin vegetación.	123
Figura 32. Vista del tramo de estudio con áreas de Pastos, vegetación ligera y a la parte del fondo sin vegetación.	123
Figura 33. BM1.	124
Figura 34. BM2	124
Figura 35. BM3	124
Figura 36. BM4.	125
Figura 37. BM5	125
Figura 38. BM6	125
Figura 39. BM7.	126
Figura 40. BM8	126
Figura 41. Vista del inicio del tramo del río Encañada en estudio	127
Figura 42. Sección típica del río, con presencia de material canto rodado	127
Figura 43. Llanuras del tramo en estudio, con presencia de cantos rodados	127
Figura 44. Socavación del tramo del río en estudio	128
Figura 45. Tamo Inundado cerca al colegio José Carlos Mariátegui, diciembre 2018	128
Figura 46. Tamo Inundado cerca al vivero municipal, diciembre 2018	128



## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01. Cálculos para obtener el Coeficiente de Escorrentía de la Cuenca Encañada	69
Anexo 02. Tabla de valores de Gumbel	76
Anexo 03. Intensidades máximas – Estación Augusto Weberbauer (1973 – 2015)	77
Anexo 04. Intensidades Máximas Transferidas para la cuenca media de la Encañada	79
Anexo 05. Intensidades Máximas Transferidas de forma descendente y parámetros del modelo Gumbel para la cuenca Encañada.	81
Anexo 06. Probabilidades de Weibull (Empírica) y Gumbel (Teórica) Calculadas para un fenómeno de igual o mayor magnitud a la registrada	83
Anexo 07. Estadísticos para la prueba de Bondad de Ajuste Smirnov – Kolmogorov, para la cuenca Encañada.	85
Anexo 08. Puntos topográficos del tramo en estudio	87
Anexo 10. Panel fotográfico	122
Anexo 11. Planos	129

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal identificar las áreas inundables por una máxima avenida en el tramo vivero municipal del distrito la Encañada desde la progresiva 0+000 hasta el km 2+000 aguas abajo, mediante el uso de equipos topográficos (Estación total, prismas y trípode), datos cartográficos, datos hidrológicos e hidráulicos (modelamiento hidráulico), los cuales fueron procesados por medio de softwares (Auto Civil 3D, ArcMap e Iber). El tramo de estudio del río fue de 2 Km con presencia de mucha vegetación en sus riveras y de forma muy sinuosa. Se usó la información cartográfica obtenida de MINEDU para delimitar la cuenca tomando como punto emisor la progresiva del río paralelo a la esquina del vivero municipal. Los datos de intensidades máximas obtenidos de la estación Augusto Weberbauer del SENAMHI se procesó con métodos estadísticos logrando obtener Intensidades máximas para periodos de retorno de 20, 100 y 500 años; con estos se obtuvo los caudales máximos por el método racional de 75.47 m<sup>3</sup>/s, 94.75 m<sup>3</sup>/s y 113.24 m<sup>3</sup>/s, obteniendo que para el primer caudal se tiene un área de inundación de 9.49 hectáreas, alcanzando calados de 3.13 m en el río y en las planicies inundadas 0.40m; para el segundo caudal se obtuvo una área de inundación de 11.61 hectáreas y tirantes de 3.55 en el río y 0.79 m en planicies inundadas y finalmente para el mayor caudal se obtuvo un área de inundación de 12.24 hectáreas alcanzando tirantes en el río de 3.38 y las planicies inundadas de 0.76m

**Palabras clave:** cuenca, Inundación, Simulación Hidráulica.

## ABSTRACT

The main objective of the present investigation was to identify the flood areas by a maximum avenue in the municipal nursery stretch of the Encañada district from the progressive 0 + 000 up to the 2 + 000 km downstream, through the use of topographic equipment (Total station, prisms and tripod), cartographic data, hydrological and hydraulic data (hydraulic modeling), which were processed by means of softwares (Auto Civil 3D, ArcMap and Iber). The study section of the river was 2 km with a lot of vegetation on its banks and very sinuous. The cartographic information obtained from MINEDU was used to delimit the basin taking as the emitting point the progressive of the river parallel to the corner of the municipal nursery. The data of maximum intensities obtained from the Augusto Weberbauer station of the SENAMHI was processed with statistical methods obtaining Maximum intensities for return periods of 20, 100 and 500 years; with these the maximum flow rates were obtained by the rational method of 75.47 m<sup>3</sup>/s, 94.75 m<sup>3</sup>/s and 113.24 m<sup>3</sup>/s, obtaining that for the first flow there is a flood area of 9.49 hectares, reaching drafts of 3.13 m in the river and in the flooded plains 0.40m; For the second flow, a flood area of 11.61 hectares and 3.55 in the river and 0.79 m in flooded plains were obtained, and finally, for the highest flow, a flood area of 12.24 hectares was obtained, reaching straits in the river of 3.38 and flooded plains of 0.76m

**Key words:** basin, Flood, Hydraulic Simulation.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

El hombre en su afán de aprovechar los ambientes naturales pone en uso, los terrenos adyacentes a las riveras fluviales mediante diversas actividades. Estos terrenos constituyen las planicies naturales de inundación, o sea, la superficie por sobre la cual se derrama la masa líquida de las crecientes fluviales. Este derrame puede ocurrir, en algunos casos, como consecuencia de obstáculos naturales o artificiales, que se interponen a libre escurrimiento de aguas superficiales provenientes de la precipitación pluvial.

En el distrito de la Encañada y los diferentes distritos de Cajamarca son muy pocos los ríos que mantienen un caudal permanente en todo su cauce, dado que, en su mayoría, los cauces de ríos y quebradas son de régimen intermitente y/o efímero. Se puede afirmar que, las inundaciones son causadas por la ocurrencia de lluvias de gran intensidad, generalmente de corta duración.

### **1.1. PROBLEMA**

#### **CONTEXTUALIZACIÓN**

El río encañada tiene una forma meándrico casi en toda su longitud además de secciones angostas y de poca profundidad. Otro problema es la deformación del cauce natural por parte de los propietarios cercanos al tramo del río en estudio. Por todo lo mencionado anteriormente las áreas cercanas al río siempre estarán propensos a inundaciones. Estos eventos se presentan mayormente en los meses de diciembre a marzo en gran parte del tramo debido a las avenidas máximas.

A esto se suma, que no existe antecedentes registrados de estas inundaciones debido a la poca preocupación de las autoridades locales, Por tanto, con el presente estudio de investigación se pretende determinar y zonificar las áreas con riesgo a inundaciones por caudales de avenida para diferentes períodos de retorno con fines de delimitar la faja marginal, instrumento con el que se planteará restringir el desarrollo futuro urbano y las actividades agrícolas y pecuarias en las áreas que correspondan a la faja marginal.

## **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Alto riesgo de inundación en la cuenca baja del río Encañada, tramo Vivero Municipal del Distrito la Encañada, progresiva 0+000 hasta el km 2+000 aguas abajo

### **1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El análisis hidrológico y el modelamiento hidráulico del tramo del río encañada y el conocimiento de la crecida máxima para diferentes tiempos de retorno, puede representar para la Alcaldía de la Encañada, una herramienta de trabajo relacionada con la construcción de obras hidráulicas tales como gaviones, muros de contención, tomas de agua, puentes que en la actualidad no existen; además del otorgamiento de permisos de construcción de viviendas futuras en las zonas cercanas al río.

En tal sentido este estudio servirá para delimitar las planicies de inundación del tramo del río en estudio, quedando así solo para que los organismos encargados de la planificación urbana del distrito la encañada, tomen decisiones fiables y con sustento.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **Objetivo General**

Determinar las zonas de riesgo de inundación del río Encañada, tramo Vivero Municipal del Distrito la Encañada, progresiva 0+000 hasta el km 2+000 aguas abajo.

#### **Objetivos Específicos**

- Recopilación y procesamiento de información cartográfica
- Toma y proceso de datos topográficos
- Recopilación y procesamiento de información hidrológica.
- Caracterización fluvial del tramo del río en estudio
- Modelamiento hidráulico del tramo de río en estudio y obtención de mapas de inundación para diferentes tiempos de retornos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. CUENCA HIDROGRÁFICA

La cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida (APARICIO, F. 1987); Está delimitada por los puntos de mayor elevación altitudinal que constituyen fronteras entre cuencas y subcuencas contiguas. A la unión de dichos puntos se le conoce como parteaguas y reúne en un punto de salida el drenaje de las aguas que pueden formar grande ríos, arroyos o simples corrientes efímeras (GÁMEZ, W. 2010).

Desde el punto de vista de su salida existen dos tipos de cuencas: endorreicas (cerradas) y exorreicas (abiertas). (BREÑA, A & JACOBO, M. 2006).

- En el primer tipo, el punto de salida se ubica dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago.
- En el segundo tipo, el punto de salida se localiza en los límites de la cuenca y a su vez la descarga se vierte en una corriente o en el mar, tal como se observa en la figura 1.

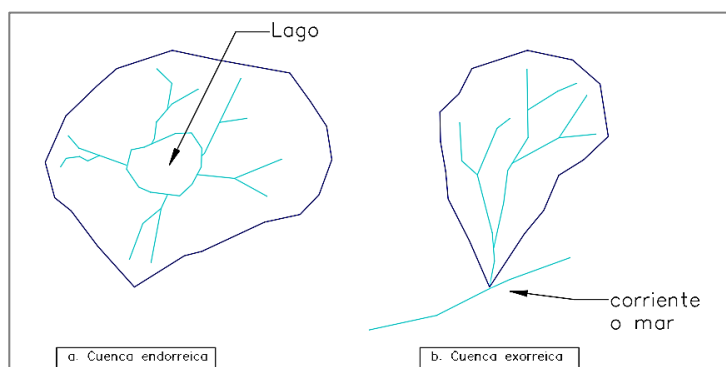


Figura 1. Tipos de cuencas  
Fuente : Aparicio, F. 1987

#### Características morfológicas

El ciclo hidrológico, visto a nivel de una cuenca, se puede esquematizar como un estímulo, constituido por la precipitación (...). Entre el estímulo y la respuesta ocurren varios fenómenos que condicionan la relación entre uno y otra, y que están controlados

por las características geomorfológicas de la cuenca y su urbanización. (APARICIO, F. 1987). Estas características dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.), los tipos de suelos, la capa vegetal, la geología, las prácticas agrícolas, etc. Estos elementos físicos proporcionan la más conveniente posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico (GERMÁN, M. 1999).

A continuación, se describen las características de la cuenca y los cauces de mayor importancia por sus efectos en la relación precipitación –escurrimiento.

El parteaguas es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas (APARICIO, F. 1987) (Ver figura 2).

El área de la cuenca se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas (APARICIO, F. 1987) (Ver figura 2).

La corriente principal de una cuenca es la corriente que pasa por la salida de la misma. Nótese que esta definición se aplica solamente a las cuencas exorreicas (APARICIO, F. 1987) (Ver figura 2).

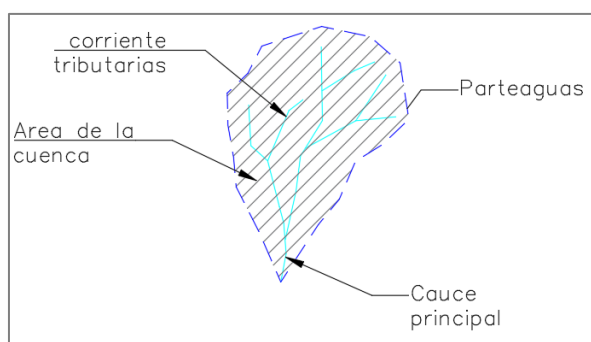


Figura 2. Cuenca exorreica  
Fuente: APARICIO, F. 1987

La morfología de la cuenca queda definida por tres tipos de parámetros

1. Parámetros de forma (tamaño de la cuenca, forma de la cuenca)
2. Parámetros de relieve (Elevación y pendiente media de la cuenca)
3. Parámetros relativos a la red de drenaje (red o sistema de drenaje)

En el presente proyecto tendremos más énfasis al análisis de tres parámetros

- a. Índice de compacidad
- b. Relación de confluencias

c. Coeficiente orográfico

**Índice de compacidad (coeficiente de gravelius)**

Es la relaciona entre el perímetro de la cuenca y la circunferencia del circulo que tenga la misma superficie de la cuenca. Su magnitud se obtiene con la expresión (BREÑA, A & JACOBO, M. 2006; GERMÁN, M. 1999):

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

**Donde:**

**Kc** : Coeficiente de Gravelius

**P** : Perímetro medido en el plano de la cuenca en Km

**A** : Área de la cuenca, medida en el plano a escala de la cuenca en Km<sup>2</sup>

La forma de la cuenca se considera, según la tabla siguiente:

Tabla 1. Forma de la cuenca y Coeficiente de Gravelius

Valores de “K”	Tipos o clases de forma
1.00 – 1.25	oval redonda
1.25 – 1.50	oval oblonga
1.50 – 1.75	Oblonga alargada

Fuente. GÁMEZ, W. 2010

La forma **oval redonda** ( $1 < K_c \leq 1.25$ ) de una cuenca (parte **a** de la Figura 3), en general, se caracteriza por originar tiempos de concentración relativamente cortos, generando hidrogramas de salida de tipo leptikúrtico, donde las crecidas efluentes son muy súbitas y violentas, con altos riesgos de inundaciones ante tormentas extraordinarias. La excesiva capacidad de drenaje de estos sistemas va siempre acompañada de altos potenciales erosivos y de transporte de sedimentos, pérdidas de escorrentía directa muy altas y recesiones cortas, en perjuicio de la recarga de acuíferos; características que se acentúan



a medida que el índice de Gravelius se aproxima al límite inferior de dicho rango (ORTIZ, S. 2016).

La forma **oval oblonga** ( $1.25 < Kc \leq 1.50$ ) de una cuenca (parte **b**, de la Figura 3), tiene un comportamiento hidráulico muy similar a la forma redonda, solo que las respuestas van siendo cada vez menos intensas, a medida que el índice de Gravelius se aproxima al límite superior del rango (1.50), en estos sistemas la peligrosidad de inundaciones frente a tormentas extraordinarias es menor que en la forma anterior (ORTIZ, S. 2016).

La forma **oblonga alargada** ( $1.50 < Kc \leq 1.75$ ) de una cuenca (parte **c** de la Figura 3), se caracteriza porque los tiempos de concentración son relativamente mayores que en las dos formas anteriores, generando hidrogramas de crecidas efluentes del tipo platikúrtico, con caudales más sostenidos y recesiones más prolongadas. A diferencia de los dos tipos de geometría anterior, esta forma ofrece mayores ventajas para la recarga de acuíferos y menores pérdidas por escorrentía directa; condiciones que van mejorando a medida que el índice de Gravelius se aproxima al límite superior del rango (1.75), también los riesgos por inundaciones ante tormentas extraordinarias son mucho menores (ORTIZ, S. 2016).

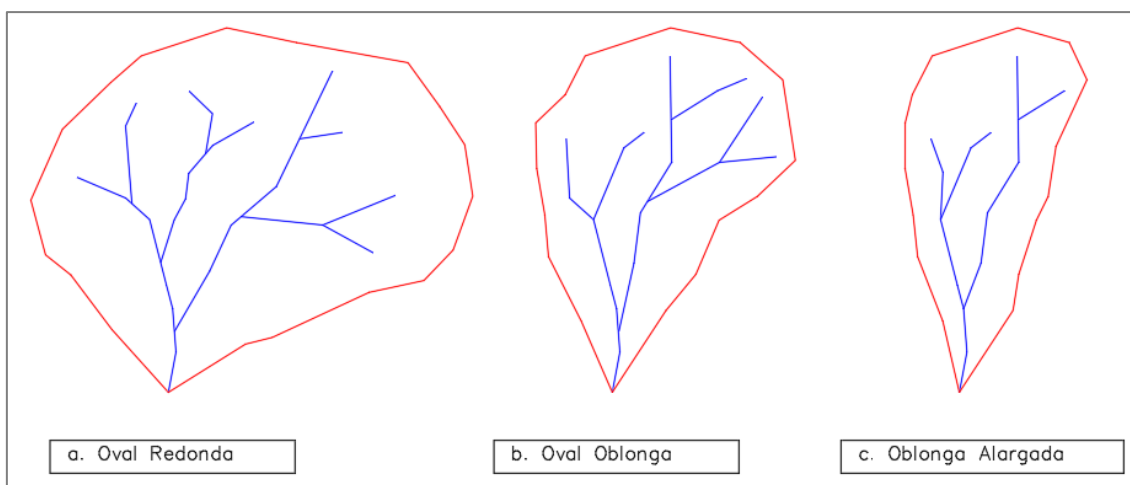


Figura 3. Esquema de modelos de formas de cuenca según rangos del coeficiente de Gravelius.

Fuente: ORTIZ, S. 2016

Se debe tener en cuenta que las cuencas redondeadas tienden a presentar un flujo de agua más rápido en comparación con las cuencas alargadas logrando la evacuación del agua más rápido.

## Relación de confluencias promedio de una cuenca.

Existen varios métodos para realizar tal clasificación:

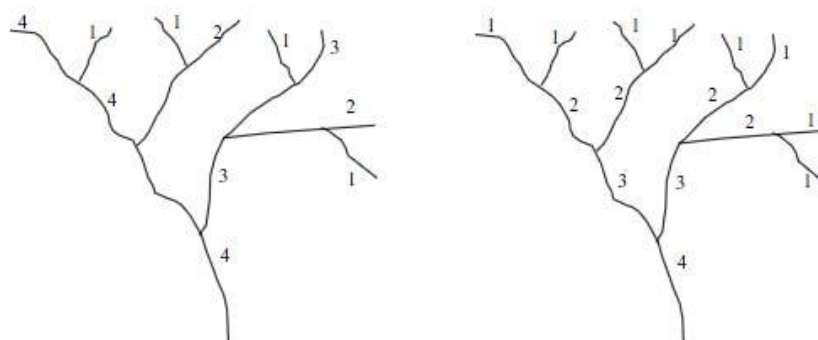
### El sistema de Horton (figura 4.a):

- Los cauces de primer orden (1) son aquellos que no poseen tributarios,
- Los cauces de segundo orden (2) tienen afluentes de primer orden,
- Los cauces de tercer orden (3) reciben influencia de cauces de segundo orden, pudiendo recibir directamente cauces de primer orden.
- Un canal de orden  $n$  puede recibir tributarios de orden  $n-1$  hasta 1.

Esto implica atribuir mayor orden al río principal, considerando esta designación en toda su longitud, desde la salida de la cuenca hasta sus nacientes. (GERMÁN, M. 1999)

El sistema de Strahler (Figura 4.b), para evitar la subjetividad de la designación en las nacientes determina que:

- Todos los cauces serán tributarios, aun cuando las nacientes sean ríos principales.
- El río en este sistema no mantiene el mismo orden en toda su extensión.
- El orden de una cuenca hidrográfica está dado por el número de orden del cauce principal.



a). Sistema Horton

b). Sistema Strahler

Figura 4. Esquema del número de orden de un río según Horton y Strahler.

Fuente: ORTIZ, S. 2016

En este caso se optó por el método de Horton, el cual se fundamenta en los siguientes criterios:

Se considera corrientes de Primer orden, aquellas corrientes fuertes, portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden unos se unen, resulta una corriente de orden dos. De manera General, cuando dos corrientes  $i$  se unen, resulta una corriente de orden  $i+1$ . Cuando una corriente se une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden.

Horton plantea una ecuación para relacionar el número de cauces de cierto orden “ $i$ ” y el número de cauces de Orden inmediatamente superior “ $i+1$ ”, (ORTIZ, S. 2016).

$$R_{ci} = \frac{N_i}{N_{i+1}} \quad ; \quad R_c = \frac{1}{n} \sum R_{ci} \quad (2)$$

$R_{ci}$  = Relación de confluencia parcial

$N_i$  = Numero de cursos de orden  $i$

$N_{i+1}$  = Número de cursos de orden inmediatamente superior

$R_c$  = Relación de confluencias promedio

$n$  = Numero de relación de confluencias parciales calculadas.

La metodología de HORTON (1932), a diferencia de otras, señala que al iniciar la categorización de una red en las confluencias más alejadas donde concurren dos cauces, sólo uno de ellos es de primera categoría (orden 1), mientras el otro es de segunda categoría (orden 2). El curso de primer orden o categoría queda determinado por el que haga mayor ángulo en el punto de confluencia, respecto del tramo siguiente. De allí en adelante, la regla general de categorización es similar al de otras metodologías, es decir, las confluencias de dos cauces de igual orden dan origen a otro de orden inmediatamente superior, mientras que las confluencias de dos cauces de diferente categoría dan origen a otro cauce con la categoría que ostenta el de mayor jerarquía. Una vez terminada la categorización de toda la red de drenaje, el cauce que ostenta la mayor jerarquía viene a constituir el curso principal del sistema hidrológico y, por ende, la categoría la cuenca (ORTIZ, S. 2016).

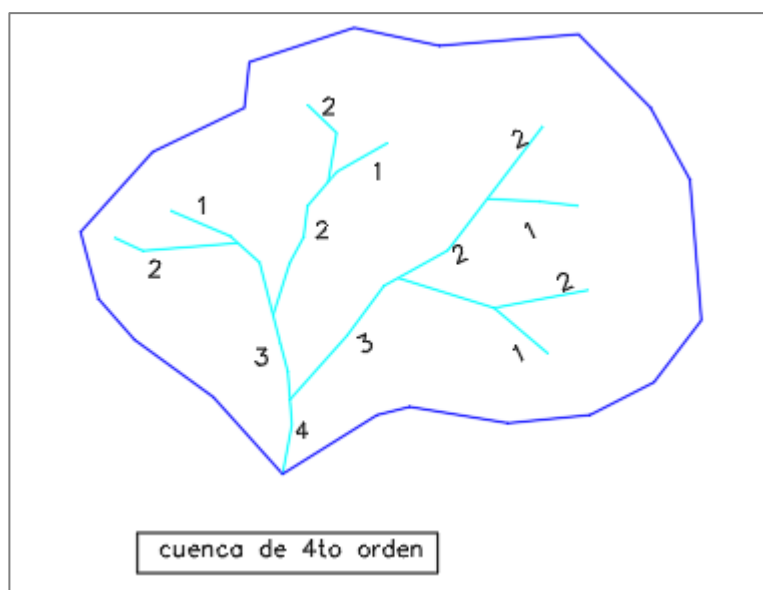


Figura 5. Esquema de la red de drenaje de una cuenca y jerarquización de cauces mediante el método de Horton.

Fuente: ORTIZ, S. 2016

Tabla 2. Categorización de la red de drenaje de la cuenca y determinación de la relación de confluencias.

Categoría	Numero de cauces	Relacion de confluencias
1	4	1.00
2	4	2.00
3	2	2.00
4	1	-
PROMEDIO		1.67

Fuente: HORTON, 1932

### **Coefficiente orográfico.**

Se considera aquí, por razones obvias, que el coeficiente orográfico constituye el parámetro adimensional de relieve más importante que controla el potencial o poder degradante de los sistemas hidrológicos y todo lo relacionado con la dinámica de los flujos superficiales gravitacionales inmersos en la transferencia de materia y energía. Visto de este modo, el coeficiente orográfico no sólo resulta útil en la evaluación de pérdida de suelo, sino también en la evaluación de potenciales hidroenergéticos disponibles en los sistemas hidrológicos. (ORTIZ, S. 2016)

El coeficiente orográfico es el resultado de relacionar el cuadrado de la altitud media y la proyección del área de la cuenca sobre un plano horizontal, expresada mediante la ecuación (3).

$$C_o = \frac{H^2}{A} \quad (3)$$

$C_o$  = Coeficiente orográfico

$H$  = Altitud media, m.s.n.m.

$A$  = Área proyectada sobre un plano horizontal.

### **Tiempo de concentración**

Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca (MTC, 2012)

Llamado también tiempo de equilibrio o tiempo de viaje, es el tiempo que toma la partícula hidráulicamente más lejana en viajar hasta el punto de afluencia. Se supone que ocurre una lluvia uniforme sobre toda la cuenca durante un tiempo determinado, por lo menos, es igual al tiempo de concentración (ORTIZ, S. 1994).

Existen muchas relaciones empíricas para estimar el tiempo de concentración, casi todas ellas basadas en otros parámetros de la cuenca, tales como: longitud del máximo recorrido, longitud al centroide, pendiente media de la cuenca, pendiente del máximo recorrido.

Del libro de (ORTIZ, S. 1994) nos define la siguiente fórmula para el cálculo del tiempo de concentración:

$$T_c = C \left( \frac{L * L_c}{S^{1/2}} \right)^{0.38} \quad (4)$$

$T_c$  : Tiempo de concentración, en horas.

$L$  : Longitud del máximo recorrido, km.

$L_c$  : Longitud al centroide, km

S : Pendiente del máximo recorrido (adim.)

C : Coeficiente que depende de la pendiente, varía entre 0.25 y 0.40, correspondiendo los valores más bajos para pendientes más altas y viceversa.

### **Pendiente del máximo recorrido**

(Ortiz, S. 1994), dice que para el cálculo de este parámetro se utiliza el perfil longitudinal del río, este se divide en tramos para luego calcular la pendiente del máximo recorrido mediante la siguiente expresión.

$$S = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{L_i^2}{S_i} \right)^{1/2}} \right]^2 \quad (5)$$

S : Pendiente del máximo recorrido (adim.)

S<sub>i</sub> : Pendiente parcial de cada tramo

L<sub>i</sub> : Longitud de cada tramo de pendiente "S<sub>i</sub>".

n : Número de tramos en que se ha dividido el perfil del cauce

## **2.2. TOPOGRAFICA**

### **a. Concepto**

Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de los puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los 3 elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación (MONTES, M. 1996).

## **2.3. MODELAMIENTO HIDROLOGICO**

### **Coeficiente De Escorrentía (C)**

Es la fracción de precipitación total que representa la escorrentía, es decir, el agua que llega al cauce de evacuación. El valor del coeficiente de escorrentía depende de factores topográficos, edafológicos, cobertura vegetal, etc. (VILLÓN, M. 2004). Cuando la

cuenca se compone de superficies de distintas características, el valor de “C” se obtiene como una media ponderada, es decir:

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \dots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + A_3} = \frac{\sum_{i=1}^n C_iA_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (6)$$

Donde:

C : Coeficiente de escorrentía ponderado

C<sub>i</sub> : Coeficiente de escorrentía para el área A<sub>i</sub>

A<sub>i</sub> : área parcial i

n : número de área parciales

Para determinar los valores de C<sub>i</sub>, existen muchos criterios, el más difundido en nuestro país es el del Manual de Hidráulica, Hidrología y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, que considera: Pendiente Cobertura Vegetal y tipo de suelo:

Tabla 3. Coeficiente de Escorrentía para el Método Racional

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Permeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
Cultivos	Impermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Semipermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Permeable	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	Semipermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15

Continuación

<b>Hierba, grama</b>	<b>Impermeable</b>	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	<b>Semipermeable</b>	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	<b>Permeable</b>	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
<b>Bosques, densa vegetación</b>	<b>Impermeable</b>	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	<b>Semipermeable</b>	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	<b>Permeable</b>	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

Fuente: (MTC, 2012)

### Índice de Vegetación diferenciada Normalizada (NDVI)

TUCKER (1979) fue de los primeros autores en reportar el uso de índices de vegetación como el NDVI (Índice de Vegetación diferenciada Normalizada), que fue desarrollado originalmente para pastos por ROUSE (1973).

Rouse y sus colaboradores en 1974 para producir un índice espectral que separa la vegetación verde del suelo utilizando datos digitales del LANDSAT MSS. Éste se expresa como la diferencia entre las bandas infrarroja cercana y roja normalizada por la suma de esas bandas, es decir:

$$NDVI = \frac{IRC - R}{IRC + R} \quad (7)$$

Donde:

IRC : Banda Infrarroja cercana

R : Banda roja normalizada

Este es el índice más comúnmente usado porque retiene la habilidad para minimizar los efectos topográficos y a su vez producir una escala de medida lineal. Además, los errores de división por cero son reducidos en gran medida. Más aún, la escala de medida posee la apreciada propiedad de oscilar de -1 a 1 con el 0 representando el valor aproximado de la falta de vegetación. Entonces, los valores negativos representan las superficies sin vegetación.



## **Ecuaciones De Transferencia De Información – Intensidades Máximas.**

### **Intensidades Máximas de Precipitación**

Es la cantidad de agua caída por unidad de tiempo. Lo que interesa particularmente de cada tormenta, es la intensidad máxima que se haya presentado. (Villón, M. 2002) Generalmente la información de intensidades de máximas tormentas pluviométricas no está disponible en localidades muy alejadas, información muy importante en proyectos de drenaje en general por ejemplo el control de inundaciones.

### **Transferencia de Información Intensidades Máximas**

Las Intensidades Máximas de Precipitación pueden transferirse haciendo uso del parámetro adimensional dado por la ecuación (7), la misma que aplicada a dos sistemas similares (cuenca de origen y cuenca destino) (ORTIZ, S. 2016).

$$I_s = H_e * t_e * I_c \quad (8)$$

Donde:

$I_s$  : Intensidad de precipitación en la cuenca sin información

$I_c$  : Intensidad de precipitación en la cuenca con información

$H_e$  : Escala de altitudes

$t_e$  : Escala de tiempos de duración.

Función que permite la transferencia de intensidades de precipitación de estaciones con información (Precipitaciones, caudales, temperaturas, etc.) a estaciones sin información. (ORTIZ, S. 2016).

### **Modelamiento Probabilístico**

#### **Modelos de distribución**

El análisis de frecuencia tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes periodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos.

Según (CAHUANA, A & YUGAR, W. 2009), los métodos estadísticos más utilizados para realizar ajustes de distribución empíricas de variables hidrológicas tales como valores de caudales máximos anuales, mensuales o precipitaciones máximas anuales, entre otros.

- Distribución Gumbel
- Distribución Pearson Tipo III o Gama de tres parámetros

En la presente investigación aplicaremos la metodología de Gumbel.

### **Distribución Gumbel**

La distribución de valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión (APARICIO, F. 1987):

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad (9)$$

Los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  se estiman como :

$$\alpha = \frac{1.2825}{S} \quad (10)$$

$$\beta = \bar{X} - 0.45 S \quad (11)$$

Para muestras muy grandes, o bien como:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S} \quad (12)$$

$$\beta = \bar{X} - \frac{u_y}{\alpha} \quad (13)$$

Donde:

- $\alpha$  : Parámetro de concentración.
- $\beta$  : Parámetro de localización.
- $x$  : Valor con una probabilidad dada.
- $\bar{x}$  : Media de la serie.
- $S$  : Desviación estándar.
- $u_y$  : Media reducida, Anexo 2 1

$\sigma_y$  : Desviación típica reducida, Anexo 2

### Tratamiento de Datos Hidrológicos

Tabular los resultados en orden cronológico, tomando la intensidad mayor de cada año para cada periodo de duración (10 min, 30 min, 60 min, 120 min y 240 min), en una tabla similar a la tabla (VILLÓN, M. 2004).

Tabla 4. Intensidades máximas para períodos de duración de 10, 30, 60, 120 y 240 min

Año	Periodo de duración (min)				
	10	30	60	120	240
1973	102	81	64	42	18
1974	83	70	50	33	16
1975	76	61	42	29	20
1976	80	72	45	32	11
1977	61	58	36	28	14
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
2001	105	83	65	50	23

Fuente : VILLÓN, M. 2004

Ordenar en forma decreciente e independiente del tiempo, los valores de las intensidades máximas correspondiente a cada uno de los periodos de duración (tabla 4). Para cada valor, calcular su periodo de retorno utilizando la fórmula de Weibull, o directamente la probabilidad de ocurrencia de un evento igual o mayor (Inverso del periodo de retorno). (VILLÓN, M. 2004).

$$\frac{1}{T} = \frac{M}{N + 1} \quad (14)$$

Donde:

T : Periodo de retorno

M : Número de Orden

N : Número total de observaciones, en este caso número de años.

Tabla 5. Relación entre periodo de retorno, duración e intensidades máximas

N° de Orden m	Periodo de retorno $T = \frac{n + 1}{m}$	Periodo de duración				
		10	30	60	120	240
1	30	105	83	65	50	23
2	15	102	81	64	42	20
3	10	83	72	50	28	18
-	-	-	-	-	-	-
n =29	-	-	-	-	-	-

Fuente: VILLÓN, M. 2004

Para el estudio de series de valores extremos se utilizan distribuciones, la de uso más simple es la distribución de Gumbel. Un ejemplo de serie de valores extremos sería si hubiéramos elegido, de una serie de años. La probabilidad de que se presente un valor igual o superior a “x” esta expresada mediante la ecuación (8) (VILLÓN, M. 2004).

Se realiza el ajuste por medio de la prueba Smirnov Kolmogorov, el cual es una prueba no paramétrica que determina la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí. El estadístico de prueba es la máxima diferencia (VILLÓN, M. 2004).

$$\Delta = \text{máx} |F(x) - P(x)| \quad (15)$$

Donde:

$\Delta$  : Estadístico de Smirnov – Kolmogorov, cuyo valor es igual a la diferencia existente entre la probabilidad ajustada y la probabilidad empírica.

$F(x)$  : Probabilidad de distribución teórica.

$P(x)$  : Probabilidad experimental o empírica de los datos, denominada también frecuencia acumulada.

Calcular el valor crítico del estadístico  $\Delta$ , es decir  $\Delta_0$ , para un  $\alpha = 0.05$  y “N” igual al número de datos. Los valores de  $\Delta_0$ , se muestran en la tabla 6:

Tabla 6. Valores críticos de  $\Delta_0$  del estadístico Smirnov – Kolmogorov  $\Delta$ , para varios valores de N y niveles de significación  $\alpha$ .

Tamaño muestral N	Nivel de significación $\alpha$				
	0.20	0.15	0.1	0.05	0.01
1	0.900	0.925	0.95	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.51	0.565	0.669
6	0.410	0.436	0.47	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.36	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.41	0.49
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.45
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.25	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.021	0.22	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.2	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.19	0.21	0.23	0.27
N > 35	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

Fuente: VILLÓN, M. 2004

Comparar el valor del estadístico  $\Delta$ , con el valor crítico  $\Delta_0$ , de la tabla (6), con los siguientes criterios de decisión:

Si:

$\Delta < \Delta_0$  : El ajuste es bueno, al nivel de significación seleccionado.

$\Delta \geq \Delta_0$  : El ajuste no es bueno, al nivel de significación seleccionado, siendo necesario probar con otra distribución.

Una vez comprobado que ajuste es bueno, es necesario determinar los valores del parámetro utilizando (cauda, precipitación, etc.) para diferentes periodos de retorno (APARICIO, F. 1987), para ello se usara, en el caso de la distribución de Gumbel, la siguiente ecuación:

$$x = \beta - \frac{1}{\alpha} \ln\left(\ln\left(\frac{Tr}{Tr - 1}\right)\right) \quad (16)$$

Donde:

$x$  : Dato Hidrológico que se desea calcular (Intensidades Máximas).

$Tr$  : Periodo de retorno seleccionado

$\alpha$  : Parámetro de Concentración

$\beta$  : Parámetro de localización.

Finalmente, construir las curvas intensidad – duración -frecuencia (IDF), para la elaboración de estas curvas, hacer lo siguiente (VILLÓN, M. 2004):

- ✓ Trazar los ejes coordenados; en el eje “X”, colocar las duraciones (en min), mientras que en el eje “Y”, colocar los valores de las intensidades (en mm/hr).
- ✓ Para un periodo de retorno T (en años) ubicar los pares (duración, intensidad), para ese periodo de retorno T.
- ✓ Trazar una curva que una los puntos (duración, intensidad).
- ✓ Repetir los dos últimos pasos para otros valores de T.

### **Riesgo De Predicción De Un Evento**

Es la probabilidad de que un evento ocurra al menos una vez en N años sucesivos. Con este concepto, podemos determinar el período de retorno de un evento dependiendo del

riesgo de que asume el proyectista y para cuantos años será válida esta predicción, esto será de suma importancia para verificar para cuánto tiempo es efectivo nuestros cálculos, aplicable a eventos extraordinarios o máximas avenidas (VILLÓN, M. 2004).

### **Riesgo de falla “J”**

El criterio de riesgo es la fijación, a priori, del riesgo que se desea asumir por el caso de que la obra llegase a fallar dentro de su tiempo de vida útil, lo cual implica que no ocurra un evento de magnitud superior a la utilizada en el diseño durante el primer año, durante el segundo, y así sucesivamente para cada uno de los años de vida de la obra (MTC, 2012). El riesgo de falla admisible en función del período de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$J = 1 - (1 - 1/Tr)^N \quad (17)$$

Donde:

J: Riesgo de predicción (en %)

N: Vida útil de la obra (en años)

Tr = Período de retorno (en años)

Tiempo de Retorno “T”

El tiempo de retorno en función de la incertidumbre de predicción, se expresa mediante la ecuación (17):

$$Tr = \frac{1}{1 - (1 - J)^{1/N}} \quad (18)$$

Donde:

J : Riesgo de predicción (en %)

N: Vida útil de la obra (en años)

Tr = Período de retorno (en años)

## Caudales Máximos

Cuando existen datos de aforo en cantidad suficiente, se realiza un análisis estadístico de los caudales máximos instantáneos anuales para la estación más cercana al punto de interés. Se calculan los caudales para los periodos de retorno de interés (2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años son valores estándar) usando la distribución log Pearson tipo III y Valor Extremo Tipo I (Gumbel).

Cuando no existen datos de aforo, se utilizan los datos de precipitación como datos de entrada a una cuenca y que producen un caudal Q. cuando ocurre la lluvia, la cuenca se humedece de manera progresiva, infiltrándose una parte en el subsuelo y luego de un tiempo, el flujo se convierte en flujo superficial.

Existen muchas metodologías para estimar el caudal tal como: Método IILA, Método Racional, Método Racional Modificado, Hidrógrafa Unitario, etc. En este estudio trabajaremos con el método Racional.

### Método racional

Este método fue diseñado para el cálculo del caudal máximo de avenida en cuencas pequeñas, aquellas con un tiempo de concentración bajo, y para duraciones de aguacero mayores que dicho tiempo. Supone que la escorrentía superficial es la única componente de la precipitación que interviene en la generación de caudales máximos.

(APARICIO, F. 1987) En una cuenca no impermeable, sólo una parte de la lluvia con intensidad “i” escurre directamente hasta la salida. Si se acepta que, durante la lluvia, o al menos una vez que se ha establecido el gasto de equilibrio, no cambia la capacidad de infiltración en la cuenca, se puede escribir la llamada fórmula racional:

$$Q = \frac{C I A}{3.6} \quad (19)$$

Dónde:

- Q : Descarga máxima de diseño (m<sup>3</sup>/s)
- C : Coeficiente de escorrentía.
- I : Intensidad media máxima (mm/h), para el tiempo de retorno T
- A : Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)



## **2.4. HIDRAULICA FLUVIAL**

La hidráulica fluvial se dedica al estudio del comportamiento de ríos y estuarios. A través de ella es posible predecir la reacción y evolución de un río ante cualquier intervención del hombre, en el cauce y márgenes, llanuras de inundación y franja de ribera.

### **Caracterización Morfológica de un río**

La Fluviomorfología implica el estudio de los cambios que experimenta un río, tanto en su recorrido (perfil longitudinal), como en su sección transversal (lecho y márgenes). Su comportamiento depende mucho de la topografía, asociada a las condiciones geológicas. Además, el desarrollo de un río y las formas que adopta son diferentes en una zona plana y en una zona de fuerte pendiente. La naturaleza geológica, terciario o cuaternario, por ejemplo, son determinantes en la evolución de las formas fluviales. Además, La presencia de vegetación a lo largo de las márgenes de los ríos contribuye a la definición del cauce. Por el contrario, su desaparición contribuye a la inestabilidad del recorrido fluvial (ROCHA, A. 1998).

Uno de los factores que incide más intensamente en el comportamiento fluvial está constituido por las acciones humanas. La construcción de presas, barrajes, puentes, encauzamientos, obras de defensa y otras, producen alteraciones fuertes en el escurrimiento fluvial. De acá la importancia de la Fluviomorfología dentro de la Hidráulica Fluvial: Por tal motivo el ingeniero necesita conocer con anticipación como va a reaccionar el río frente a las obras que se piensa construir (ROCHA, A. 1998).

### **Clasificación de los ríos**

#### **De acuerdo a su régimen Hidrológico**

- Ríos efímeros: Aquellos que solo conducen agua en episodios de fuertes precipitaciones
- Ríos Perennes: Aquellos que conducen agua en forma permanente

#### **De acuerdo a su forma o clasificación morfológica**

- Ríos rectos: Se llama así a un río que ocupa toda su sección transversal y se comporta como si fuese recto, pero para caudales mínimos esta forma su propia sinuosidad. Prácticamente no existen en la realidad.

- Ríos meandricos: Están formados por una sucesión de curvas. La característica de estas curvas, que son muy dinámicas, es que no se deben esencialmente a las propiedades del terreno, sino a la naturaleza del comportamiento fluvial.
- Ríos trezados: A veces se les llama ríos trezados. Corresponden generalmente a ríos anchos, cuya pendiente es fuerte, lo que da lugar a pequeños tirantes (calados) y el río corre en forma de varios canales o brazos alrededor de pequeñas islas (ROCHA, A. 1998).



Figura 6. Clasificación Morfológica de los ríos  
Fuente: ROCHA, A. 1998

### De acuerdo a su 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
- 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
- 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 (ROCHA, A. 1998).

## **Inundaciones**

Las inundaciones son sucesos complejos, causadas por una serie de vulnerabilidades humanas, una planificación de desarrollo inapropiada y la variabilidad climática. Las inundaciones son predecibles en gran medida, con la excepción de las inundaciones repentinas, cuya escala y naturaleza son muchas veces más inciertas (ADPC, 2005).

Las inundaciones se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes (INDECI, 2011).

## **Tipos de inundaciones**

### **Según su duración**

- Inundaciones dinámicas o rápidas: son las crecientes en cuencas de alta pendiente, en especial en deforestadas y con escasa capa vegetal. Ocurren con gran rapidez cuando las lluvias son intensas y duraderas. Las aguas desarrollan gran velocidad y caudal produciendo corrientes que arrastran lo que encuentran a su paso.
- Inundaciones estáticas o lentas: Se producen sobre terrenos planos que desaguan muy lentamente, cercanos a las riberas de los ríos donde las lluvias son frecuentes o torrenciales. Muchas de ellas son producto del comportamiento normal de los ríos, es decir su régimen de agua, ya que es habitual que en invierno aumente la cantidad de agua inundando los terrenos cercanos como llanuras.

### **Criterios recomendados para determinar el nivel de intensidad o magnitud de la inundación, según la altura de agua que alcance:**

El nivel de intensidad de acuerdo a la tabla del INDECI se mide de acuerdo al tirante que tiene la lámina de agua en las llanuras de inundación. Los criterios recomendados para evaluar la intensidad de las inundaciones son diferentes en dependencia del tipo de inundación. Para inundaciones estáticas se considera la profundidad o altura del flujo. Mientras que para inundaciones dinámicas se recomienda utilizar el producto de la velocidad por la profundidad del flujo. (Siempre y cuando esta fórmula arroje valores más altos, en términos de intensidad que la anterior)

Los umbrales entre los niveles de intensidad muy alta, alta, media y baja, han sido definidos considerando la peligrosidad que una determinada columna de agua puede significar para la infraestructura o las viviendas y la vida de los pobladores. En la siguiente tabla se presentan los rangos definidos para cada nivel de intensidad para inundaciones (INDECI, 2011):

Tabla 7. Rangos para nivel de intensidad o magnitud para inundaciones

Niveles de Intensidad	Profundidad del flujo (H)(m) (inundaciones estáticas)	Profundidad x velocidad del flujo (m <sup>2</sup> /s) (inundaciones dinámicas)
Muy alta	$H > 1.5 \text{ m}$	$H*V > 1.5 \text{ m}$
alta	$0.5 \text{ m} < H < 1.5 \text{ m}$	$0.5 \text{ m} < H*V < 1.5 \text{ m}$
Media	$0.25 \text{ m} < H < 0.5 \text{ m}$	$0.25 \text{ m} < H*V < 0.5 \text{ m}$
Baja	$H < 0.25 \text{ m}$	$H*V < 0.25 \text{ m}$

Fuente: (INDECI, 2011)

## 2.5. MODELAMIENTO HIDRÁULICO MEDIANTE EL PROGRAMA IBER IBER

Es un modelo matemático bidimensional para la simulación de flujos en ríos y estuarios promovido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX y desarrollado en colaboración con el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, GEAMA (de la Universidad de A Coruña), los campos de aplicación son: simulación del flujo en lámina libre en cauces naturales, evaluación de zonas inundables, 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 usadas por el modelo Iber

Las ecuaciones de Reynolds como se mencionó anteriormente, se pueden simplificar a dos dimensiones haciendo un promedio vertical de las ecuaciones en tres dimensiones para obtenerlas en dos dimensiones. Esto es útil para avenidas en cauces, pues las variables sólo tienen pequeños cambios en dirección vertical, pero se debe tomar en

cuenta que para utilizarlas debe cumplirse lo siguiente: la profundidad del agua debe ser pequeña con relación a las demás dimensiones, debe existir una distribución de presiones hidrostática en la dimensión vertical y tener pendiente pequeña.

Al introducir en las ecuaciones de movimiento la ecuación de continuidad, se forman las ecuaciones de Saint-Venant en su forma no conservativa.

Si despreciamos la fuerza de Coriolis, las tensiones efectivas y las tensiones producidas por el viento en la superficie, que por lo general para ríos no son realmente significativas, las ecuaciones se pueden simplificar así (IBER, 2012):

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (20)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial h}{\partial x} = g(S_{ox} - S_{fx}) \quad (21)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial h}{\partial y} = g(S_{oy} - S_{fy}) \quad (22)$$

u, v: velocidad promediada [m/s]

h: profundidad del agua [m]

g: aceleración de la gravedad [m/s<sup>2</sup>]

S<sub>f</sub>= pendiente de la línea de energía [m/m]

### Malla de Cálculo

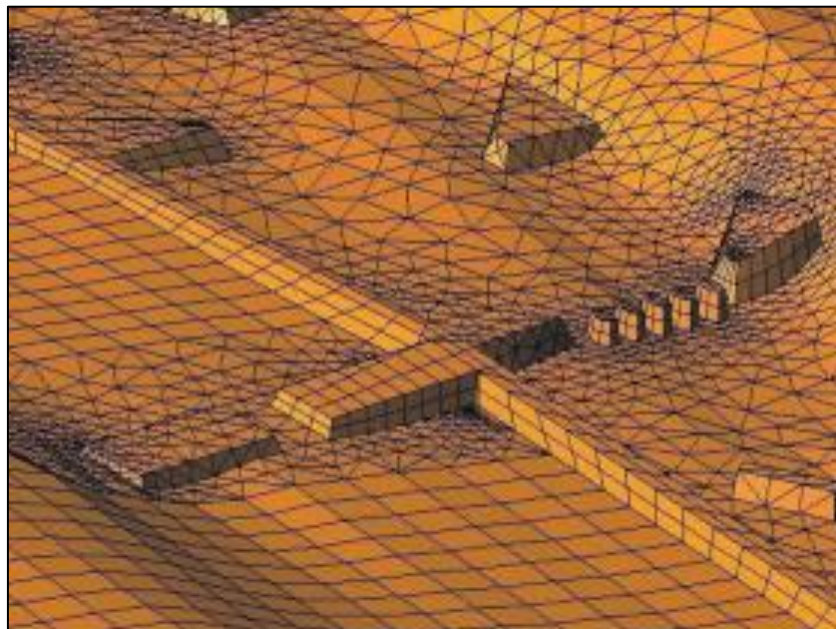
Para realizar el balance de masas y la cantidad de movimiento, IBER utiliza una malla de cálculo, la cual está constituida por elementos triangulares o cuadriláteros.

IBER, incluye métodos de generación de mallas, los cuales se listan a continuación:

- Mallas estructuradas.
- Malla triangular irregulares generada con error cordal.
- RTIN (Rectangular Triangulated Irregular Network) o malla de triángulos rectángulos equiláteros.
- Malla regular con todos los puntos de un Modelo Digital del Terreno (MDT).
- Mallas importadas generadas en formato .2dm.

Se requiere como información inicial un modelo digital de terreno, el cual, tiene que ser en formato ASCII de arc/Info. En la figura 10, se puede ver la representación de un terreno con una malla formada de elementos de 3 y 4 lados.

Figura 7. Representación Gráfica de una Malla en IBER



Fuente: CIMNE – UdC – UPC

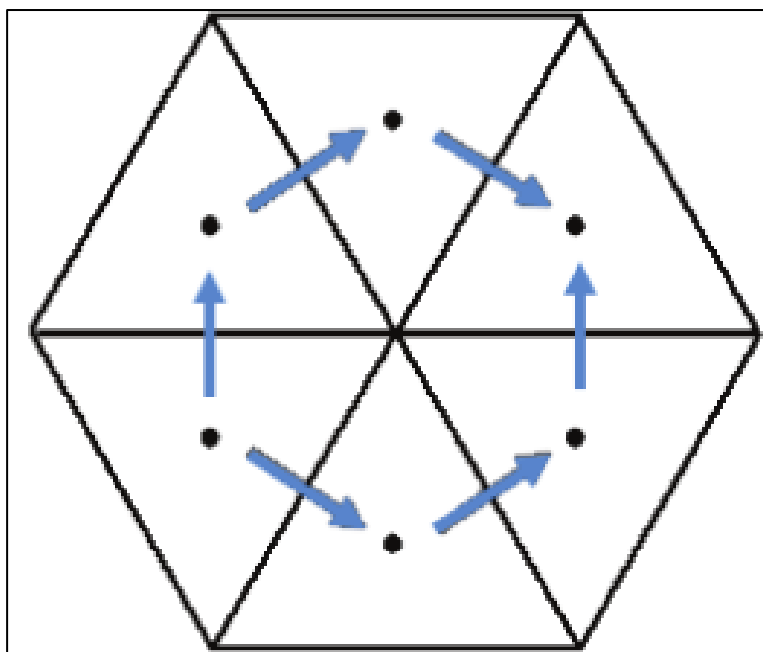
En los centros geométricos de los elementos (3 o 4 lados) se almacenan los valores medios de cada variable para el elemento correspondiente, y es donde IBER realiza el cálculo. Las variables de cálculo en estos centros geométricos son la velocidad y calado. Para calcular el caudal entre 2 elementos se debe interpolar los valores medios del calado y velocidad entre los elementos.

El tipo de malla combinada da flexibilidad al usuario, como se mencionó en el párrafo anterior, está constituida por elementos de 3 o 4 lados. La flexibilidad de la malla se aprecia en la generación de la malla de cálculo, lo que permite un análisis más rápido en el proceso de cálculo.

Se recomienda la utilización de estas mallas cuando el cauce es claramente definido, como en el caso de canales de conducción. Para topografía irregular, se recomienda la malla no estructurada, puesto que se adapta de mejor manera a geometrías irregulares.

En la figura 11, se ve una representación de un elemento triangular, en el cual se representa el centro geométrico con un punto de color negro.

Figura 8. Representación de un Elemento.



Fuente: CIMNE – UdC – UPC

La conservación de la masa en toda la malla de cálculo se debe cumplir y garantizar que el caudal que sale por uno de los lados de un elemento es el mismo que ingresa a otro elemento contiguo.

En el caso del balance de masa, el cual se calcula el caudal que fluye entre los elementos de la malla para poder evaluar el balance que se realiza para cada instante en la modelación.

### **Coefficiente de rugosidad de Manning**

El coeficiente de rugosidad representa la resistencia al flujo de agua en cauces y llanuras de inundación. La selección de un valor adecuado de “n” de Manning representa para el modelo Iber la precisión en los resultados.

Como menciona CHOW (1994), resulta de gran dificultad la determinación del coeficiente de rugosidad “n” pues no hay un método exacto para seleccionar un valor. Para ingenieros veteranos, esto significa el ejercicio de un profundo juicio de ingeniería y experiencia. Para calcular el coeficiente de rugosidad de Manning, existen tablas que muestran valores típicos para un determinado tipo de canal, así como numerosas fórmulas para expresar este coeficiente en función del diámetro de las partículas.

Tabla 8. Coeficiente de rugosidad de Manning

Material	Coeficiente de rugosidad de Manning típico
Concreto	0.012
Fondo de grava con lados de	
- concreto	0.02
- piedra	0.023
- riprap	0.033
Canales naturales	
Limpios y rectos	0.03
Limpios y curvos	0.04
Curvos con hierbas y piscinas	0.05
Con matorrales y árboles	0.1
Planicies de inundación	
Pastos	0.035
Cultivos	0.04
Hierbas y pequeños matorrales	0.05
Matorrales densos	0.07
Árboles densos	0.1

Fuente: CHOW, V. 1959

### Limitaciones IBER

La calidad del tipo de malla que se genera (fina o gruesa), es un parámetro que demanda muchos recursos computacionales y de este, dependerá el tiempo de duración del análisis.

Otra limitación que se puede mencionar es la calidad de la información para generar a malla de proceso, la cual debe ser de calidad, porque de ella dependerán los resultados.

### Ventajas de IBER

Al ser un modelo bidimensional que simula de una manera más precisa el flujo en lámina libre, posee algunas ventajas que son importante de mencionar y que lo diferencia de un modelo unidimensional, entre las que se pueden mencionar se encuentran:

- Posee un esquema de trabajo de alta resolución.
- Presenta una mayor precisión en cambios de régimen.
- Se trabaja con mallas irregulares, que se adaptan mejor a los contornos del terreno a estudiar.
- Permite apreciar con más precisión el riesgo asociado a una inundación de una manera más fiable que en un modelo unidimensional.



- Independencia en la calidad de la visualización y presentación de resultados.
- Toma en cuenta el volumen de la presa.
- Se puede conocer las velocidades en las dos componentes horizontales.
- Capacidad de conocer calado y velocidad en cualquier punto del terreno en las coordenadas horizontales.
- Interfaz agradable y amigable, permitiendo un fácil manejo.

## 2.6. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Cuenca hidrográfica:** Se entiende por “cuenca hidrográfica” la porción de territorio drenada por un único sistema de drenaje natural. Una cuenca hidrográfica se define por la sección del río al cual se hace referencia y es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada «divisor de aguas o parteaguas (GÁMEZ, W. 2010).

**Topografía:** Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los tres elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación

**Hidrología:** Es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos (VILLÓN, M. 2004).

**Intensidad:** Es la cantidad de agua caída por unidad de tiempo. Lo que interesa particularmente de cada tormenta, es la intensidad máxima que se haya presentado, ella es la altura máxima de agua caída por unidad de tiempo (VILLÓN, M. 2004).

**Periodo de retorno:** Es el intervalo de tiempo promedio, dentro del cual un evento de magnitud  $x$ , puede ser igualado o excedido, por lo menos una vez en promedio. Representa el inverso de la frecuencia (VILLÓN, M. 2004).

**Modelo Hidráulico:** Podríamos definir el “modelo hidráulico” como una representación objetiva de algún aspecto de un problema hidráulico por medio de una estructura, facilitando teórico y subjetivo, dirigido a resolver algunas cuestiones del problema (FRANQUET, J. 2003).

**Zona inundable:** La zona inundable es la zona del espacio fluvial que el río llega a ocupar esporádicamente coincidiendo con avenidas extraordinarias.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La investigación se realizó tomando como punto de inicio la progresiva 0+000 del tramo de estudio, este se encuentra entre el lindero, del vivero municipal de la Encañada con los terrenos del señor Segundo Sánchez Roncal, entre el sector Shitapampa y San Francisco del distrito la Encañada, provincia de Cajamarca, Región Cajamarca.

Políticamente la cuenca del río encañada, se encuentra ubicada en el:

- Departamento : Cajamarca
- Provincia : Cajamarca
- Distrito : La Encañada

Geográficamente el distrito se encuentra:

Coordenadas UTM WGS 1984.

- Este : 793107
- Norte : 9215913
- Altitud: 3098 msnm

Hidrográficamente el tramo de estudio se encuentra:

- Cuenca : Crisnejas
- Sistema Hidrográfico : Marañón
- Vertiente : Atlántico

En la figura 9 se muestra la ubicación política de la región Cajamarca y la provincia de Cajamarca.

El tramo en estudio está ubicado en el río encañada, entre el sector Shitapampa y el sector San Francisco, tomando como punto de inicio (emisor de la cuenca) el vivero municipal del distrito la Encañada de la progresiva 0+ 0000 hasta el km 2+000 aguas abajo, siendo un total de 2000 metros lineales del río Encañada para nuestro estudio, tal como lo muestra la figura 10.

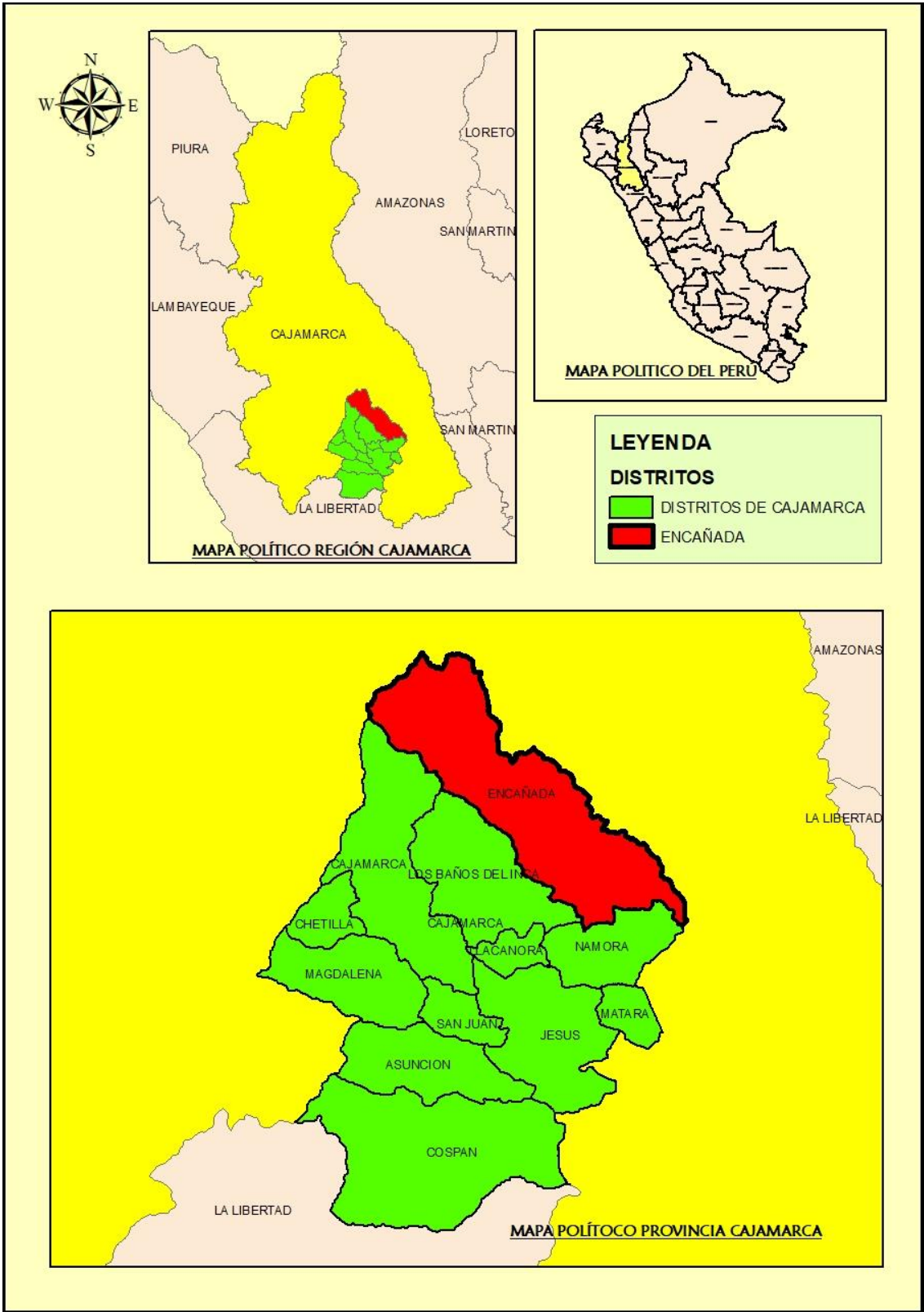


Figura 9: Mapa Político de la Provincia de Cajamarca

Además, el tramo de estudio se encuentra aproximadamente a unos 2 km antes de la ciudad del distrito de la encañada, del punto de inicio.

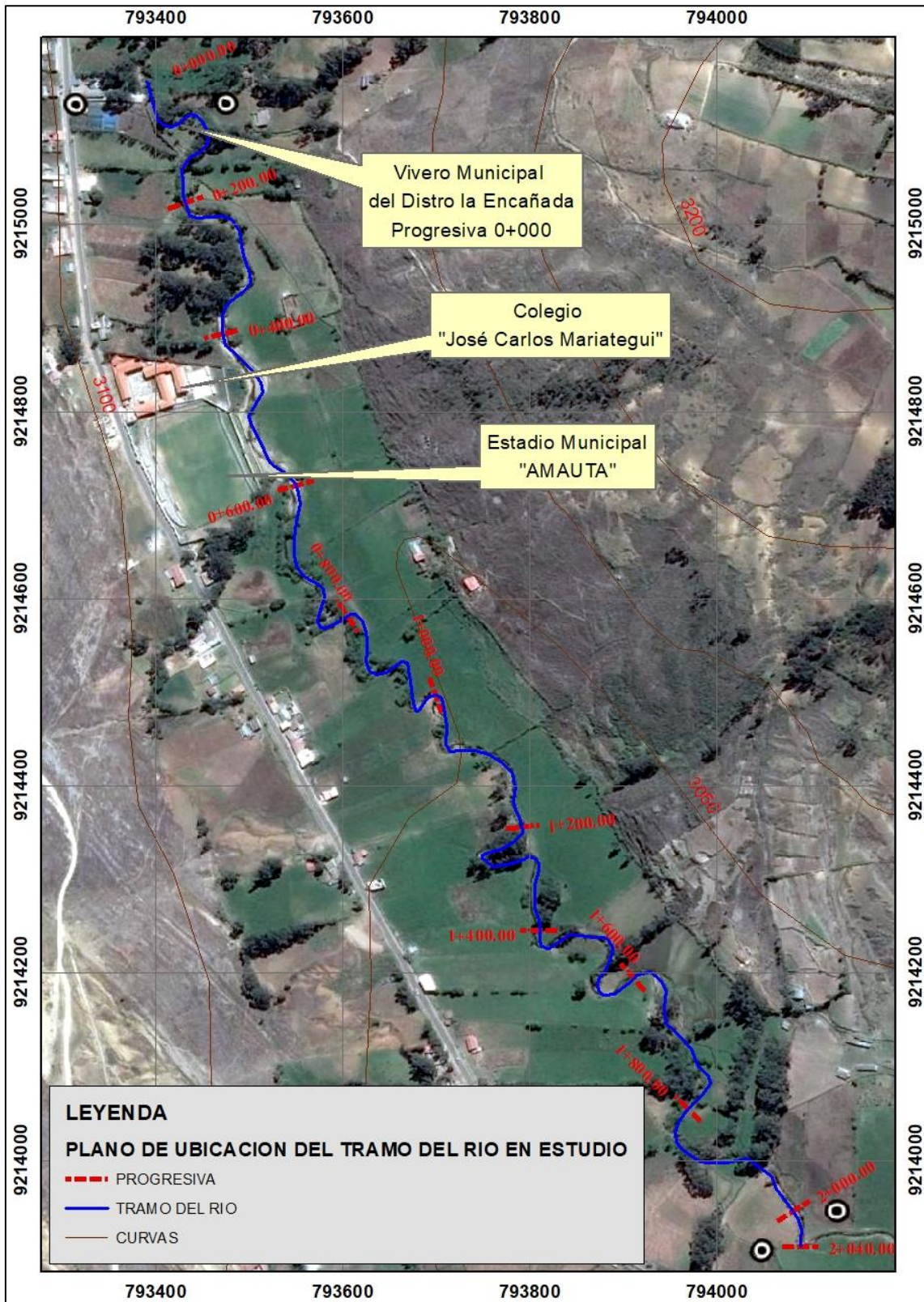


Figura 10: Ubicación del tramo en estudio del Distrito la Encañada

### 3.2. MATERIALES

#### Información cartográfica

Los planos utilizados corresponden a la cuenca del río Encañada, componente del Sistema Hídrico Crisnejas a escala 1: 100000 los mismos que fueron realizados por el IGN(Perú) en formato KML; el archivo en donde se encuentra la cuenca en estudio es la carta 15g, está en el sistema de coordenadas UTM WGS84, proyectadas para la zona 17 sur.

#### Información meteorológica

Al no tener información Hidrometeorológica se ha recopilado información de la Estación Augusto Weberbauer del Servicio Nacional de Meteorología Cajamarca (SENAMHI). Ubicado en la residencia Universitaria de la Universidad Nacional de Cajamarca, los datos utilizados para el presente estudio son intensidades máximas. Su ubicación política y geográfica se presenta en la tabla 7 y 8, se presenta el tipo de estación y el periodo de registro la estación meteorológica.

Tabla 9. Ubicación política y geográfica de la estación meteorológica A. Weberbauer

UBICACIÓN POLITICA			UBICACIÓN GEOGRAFICA		
DPTO	PROVINCIA	DISTRITO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	7°70'33"	78°29'35"	2536

Tabla 10. Periodo de registro de la Estación meteorológica

ESTACION	PERIODO	AÑOS DE OBSERVACION
A. Weberbauer	1973 - 2015	42

Los datos de intensidades máximas se pueden revisar en la tabla de los anexos.

## **Equipos y materiales para el procesamiento**

Los equipos y materiales utilizados en el procesamiento e impresión son:

- Equipos : Estación total Leica Ts06
- Hardware : Computadora, impresora y accesorios.
- Software : Office 2016, Auto CAD v. 18, ArcMap v. 10.3., Iber v.2.4.3.
- Materiales de escritorio.
- Otros.

### **3.3. PROCEDIMIENTO**

El procedimiento en cada uno de los temas en el presente trabajo de investigación es la siguiente:

#### **Delimitación de la cuenca**

Obtenida la carta nacional (15g) de Cajamarca del MINEDU; donde se referencio la cuenca del rio encañada, la cual se delimitará por medio del programa ArcMap v. 10.3.1, el punto emisor se considera en el inicio del tramo de estudio, concluido lo anterior se definirán los “Parámetros Geomorfológicos de la cuenca Hidrográfica “, detallando de esta manera la forma, el relieve y parámetros como índice de compacidad, relación de confluencias, coeficiente orográfico y el tiempo de concentración.

#### **Determinación de la Topografía del Tramo en estudio**

##### **Reconocimiento del terreno**

El tramo de estudio se ubica en el Distrito de la Encañada entre el sector Shitapampa y San Francisco, para identificar el relieve se realizará un diagnóstico a lo largo del rio Encañada, del tramo en estudio, siendo un total de 2 000 mil metros lineales de estudio, donde se observó, secciones angostas, plantaciones de árboles en las riberas, y en ciertos puntos puentes de madera y muros de contención, entre otros.

##### **Levantamiento topográfico**

Una vez realizado el reconocimiento de campo, se realiza el levantamiento topográfico con los instrumentos necesarios como estación total, dos prismas, con los cuales se

obtendrán puntos y coordenadas, de tal manera que fueron anotadas en su respectiva libreta de campo, información suficiente para realizar los trabajos de gabinete.

Utilizaremos los softwares Excel y Auto CAD Civil 3D para procesar la información obtenida en campo.

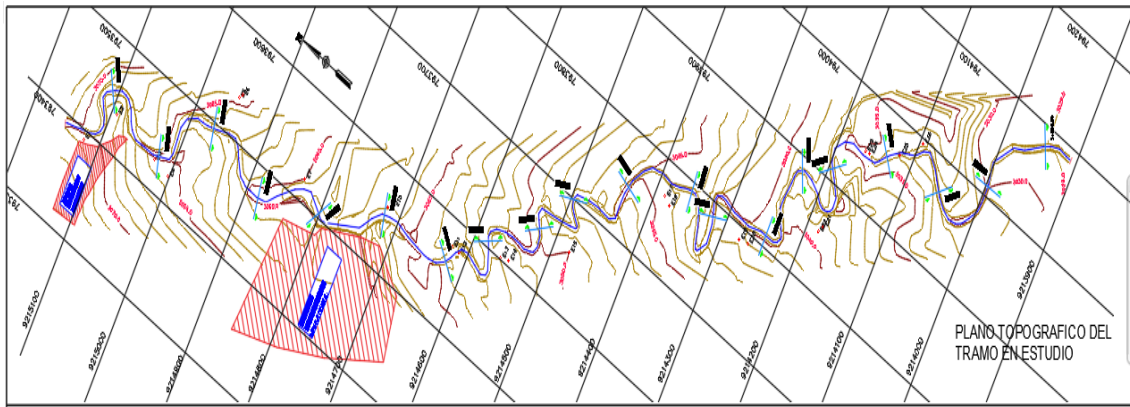


Figura 11. Curvas de nivel del tramo de estudio

## Modelamiento Hidrológico

### Estimación del coeficiente de escorrentía

Para determinar el coeficiente de escorrentía, nos apoyaremos de la tabla (3). Que indica para una cuenca diferentes coeficientes según su cobertura vegetal y la pendiente.

De la página web <https://earthexplorer.usgs.gov/> descargamos la imagen satelital LandSat 8 level 1, estas imágenes nos ayudara a calcular el NDVI( Índice de Vegetación Diferencial Normalizado) el cual se determina mediante la fórmula 7 :  $NDVI = (IRC - R) / (IRC + R)$ , todo este procedimiento se realizará en el programa ArcMap 10.3.1, con el fin de obtendremos un archivo que contenga el NDVI; a este archivo asignaremos la cobertura vegetal para luego mediante el comando MERGE de ArcMap y unirlo con el mapa de pendientes que contiene la reclasificación para pendientes como Despreciable (<1%), Suave (>1%), Media (>5%), Alta (>20%) y Pronunciada (>50%), basados en la tabla 3.

Obtenido este archivo que contenga tanto la cobertura vegetal con su pendiente y área. Y finalmente para calcular el coeficiente de escorrentía aplicaremos la ecuación 6.

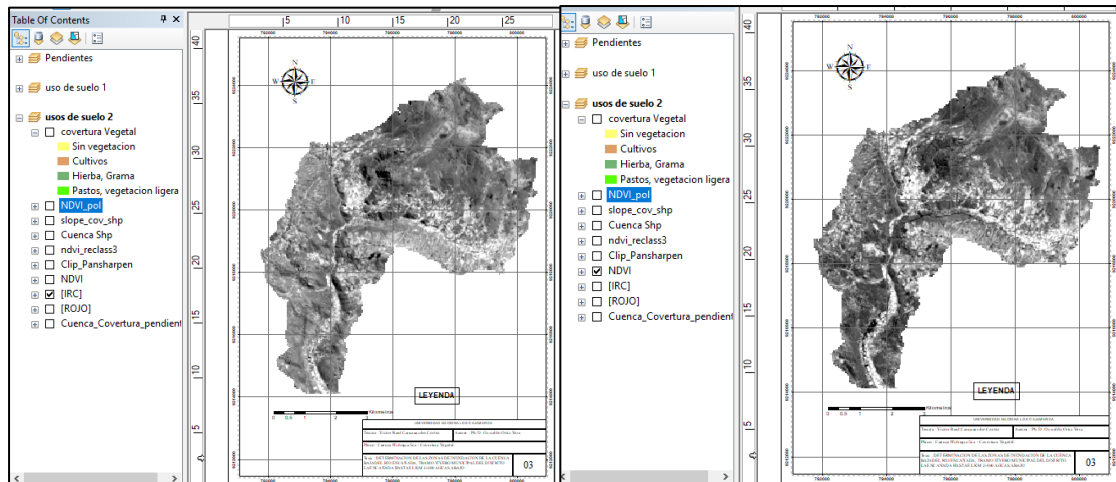


Figura 12. Banda Infrarroja cercana y roja normalizada

### Tiempo de concentración

Una vez obtenido el valor de la pendiente y longitud y demás parámetros, procederemos a calcular el tiempo de concentración mediante la Ecuación 4; el tiempo de concentración servirá para ingresar en el gráfico de curvas IDF para calcular las intensidades para cada tiempo de retorno.

### Intensidades máximas de precipitación

Al no tener datos Hidrometeorológicos de la cuenca en estudio, se realizará la transferencia de las intensidades máximas de la estación Augusto Weberbauer a la cuenca media de la encañada; utilizando la Ecuación (8), propuesta en la tesis de doctorado del Ph. Dr. Oswaldo Ortiz Vera.

Transferida las intensidades máximas a la cuenca media de estudio, se realizará el análisis estadístico de los datos históricos obtenidos (Intensidades Máximas) con las funciones de probabilidad teóricas, Según (Cahuana, A & Yugar, W. 2009) los modelos estadísticos más utilizados para máximas descargas son:

- Distribución Gumbel
- Distribución Pearson Tipo III o Gama de tres Parámetros

realizamos la prueba de bondad de ajuste Smirnov – Kolmogorov del método elegido, para nuestro caso elegiremos la Distribución de Gumbel; dicho análisis servirá para



comprobar la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la de mejor ajuste, luego calcularemos los Periodos de retorno según el riesgo de predicción para la zona en estudio.

Elegida el método estadístico a utilizar procedemos a realizar el análisis y determinar las intensidades para cada tiempo de retorno así mismo la fórmula que define cada curva IDF para cada tiempo de retorno.

Finalmente, ya obtenido el tiempo de concentración hallaremos las intensidades.

### **Generación de caudales máximos**

Una vez obtenida el área de la cuenca el confidente de escorrentía y las intensidades, calculamos los caudales máximos por el método racional para los diferentes tiempos de retorno; mediante la Ecuación (19).

### **Caracterización fluvial del río**

Realizaremos un recorrido de la zona de estudio donde reconoceremos que tipo de río es según edad, su forma y su régimen hidrológico.

### **Modelamiento Hidráulico del Tramo en estudio**

Para construir el modelo del río del tramo en estudio y llevar a cabo una simulación con Iber, se necesita tres datos de entrada: la malla de cálculo, las condiciones hidrodinámicas y la rugosidad.

### **Malla de cálculo**

El IBER facilita la importación de topografía en formato ASCII, TIN, entre otros, previamente creados por un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Una vez realizada la importación, se genera una malla no-estructurada con elementos de 3 o 4 lados, que ayuda a la adaptación de la superficie dentro del modelo como se ve en la figura 7, la cual puede ser modificada para la implementación de alguna estructura u obtener una malla más/menos detallada.

## **Condiciones hidrodinámicas**

Como en todo modelo, se necesitan datos iniciales, en este caso, el IBER ofrece 3 posibles condiciones de ingreso: condiciones de contorno de entrada, condiciones de contorno de salida y condiciones internas.

En la primera, permite elegir el régimen del flujo (subcrítico, crítico o supercrítico) e ingresar datos de niveles de agua o caudales con los que inicia la simulación del flujo. En la segunda, permite ingresar datos, de ser solo un régimen subcrítico, implementando una cota o curva de gasto a la salida del flujo estudiado. Y finalmente, permite implementar condiciones (coeficientes), para alguna estructura como vertederos, compuertas, entre otros.

## **Rugosidad**

La rugosidad es un dato básico y necesario en la modelación hidráulica, ya que permite simular un tipo de superficie determinada, y en este caso, se usa el coeficiente de Manning.

Una de las grandes diferencias entre un modelo unidimensional y otro bidimensional, es seleccionar o delimitar las diferentes superficies o suelos en planta, que existen sobre el cauce del río o quebrada en estudio, mediante áreas de influencia sobre la topografía a trabajar, permitiendo así obtener resultados más reales. En base a ello, es preciso mencionar, que estas áreas delimitadas pueden ser trabajadas desde un SIG y, posteriormente ser importadas a la ventana de modelación del IBER, para calcular la rugosidad para los diferentes tipos de suelo del río utilizaremos la tabla 8.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. ANÁLISIS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

Las características morfométricas de una cuenca que afectan la respuesta de una cuenca son: la forma, relieve y red de drenaje. Se ha comprobado que índice de Gravelius es el parámetro que mejor hace referencia para explicar la geometría del cauce y su influencia en las características de la escorrentía superficial, del mismo modo el coeficiente orográfico hace referencia al relieve de la cuenca que controla su degradación, a la vez para describir la geometría y dinámica de la red de drenaje se utiliza la relación de confluencias. Estas se obtienen a partir de los parámetros geomorfológicos de la cuenca hidrográfica.

Utilizando el software ArcMap 10.3.1, se obtuvo los parámetros geomorfológicos de la cuenca hidrográfica de la Encañada.

Tabla 11. Parámetros Geomorfológicos – Cuenca Encañada

Área A (km <sup>2</sup> )	40.66
Perímetro P (km)	31.93
Altitud Media H(msnm)	3571.36
Numero de Orden O	4
Pendiente media de la cuenca S (%)	17.40
Longitud del Máximo Recorrido L(km)	13.93
Longitud al Centroide Lc(km)	6.27
Pendiente del Máximo Recorrido S (adim.)	0.66

Continuación

<b>Tiempo de Concentración (horas)</b>	<b>1.50</b>
<b>Coefficiente de Gravelius (Kc)</b>	<b>1.40</b>
<b>Relación de Confluencias (Rc)</b>	<b>2</b>
<b>Coefficiente Orográfico CO (%)</b>	<b>31</b>

### **Coefficiente de Gravelius**

Utilizando la Ecuación 1 se obtiene que el índice de Gravelius es (1.40), valor que está dentro del rango geométrico ( $1.25 \leq KC \leq 1.50$ ), y según la tabla 1. Se define que la cuenca tiene la forma **Oval Oblonga**, según teoría a medida que el índice de Gravelius se aproxima a 1.50, el riesgo a inundación es menos probable.

### **Relación de Confluencias**

Utilizando el programa ArcMap y utilizando la carta nacional de Cajamarca se obtiene que la cuenca Encañada es de Orden 4, determinando así por medio de la Ecuación 2 una relación de confluencias de valor 2, lo que nos da a conocer que es una cuenca con menores ramificaciones, por tanto, la cuenca es muy bien drenada.

### **Coefficiente Orográfico**

Este valor es bastante sensible a la ubicación y relieve de la cuenca, correspondiendo los valores más altos a cuencas montañosas, respecto a las ubicadas en zonas más bajas. Hidrológicamente a mayor altitud mayor precipitación, por tanto, si se obtiene un coeficiente orográfico mayor, se infiera que la cuenca es vulnerable a la degradación hídrica.

Para obtener este valor se relaciona el cuadrado de la altitud media sobre el área de la cuenca calculando un coeficiente Orográfico de 31%, concluyendo que la cuenca tiene una degradación hídrica muy considerable.

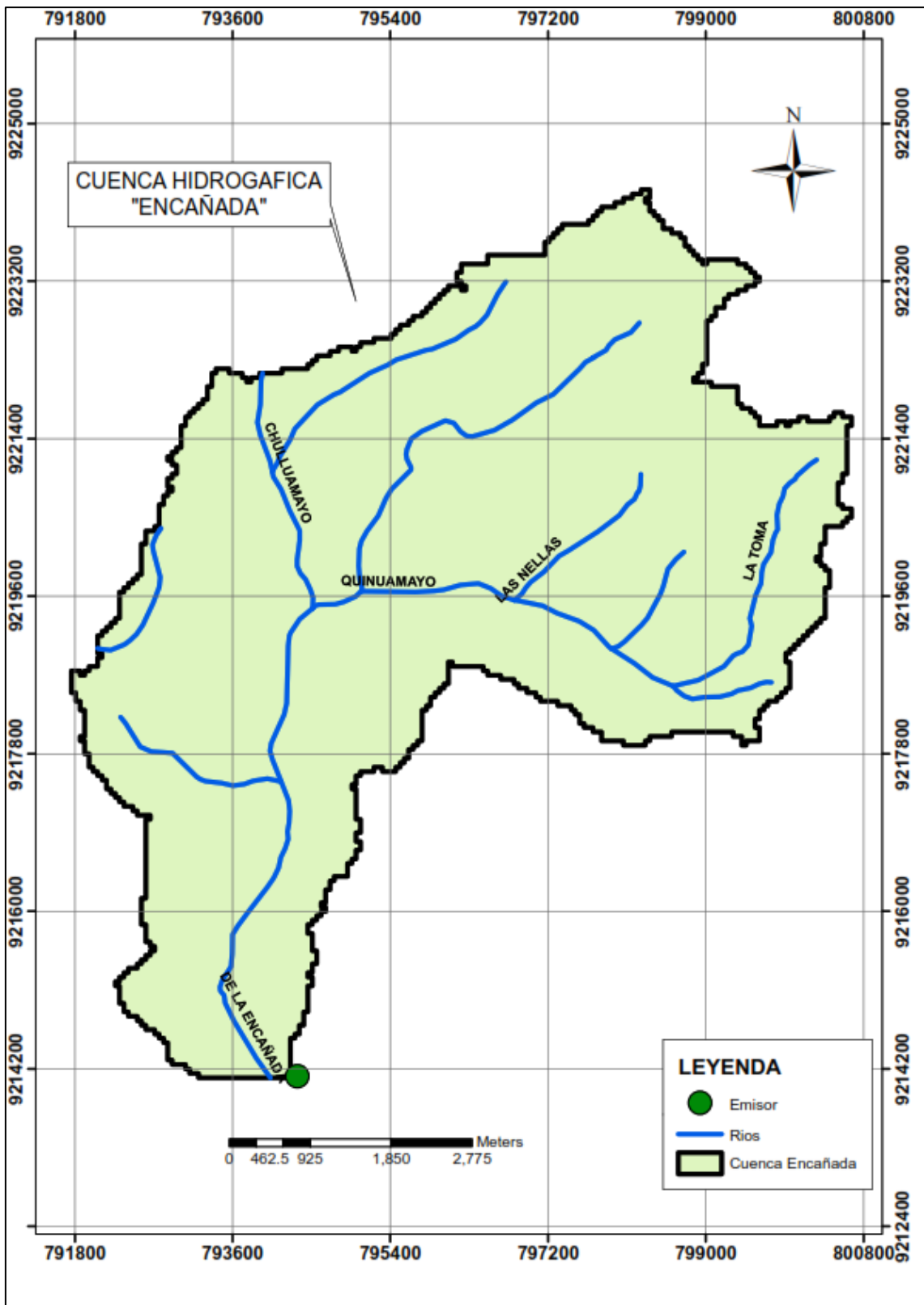


Figura 13. Cuenca Encañada – Elaboración Propia (Carta Nacional – Cajamarca)

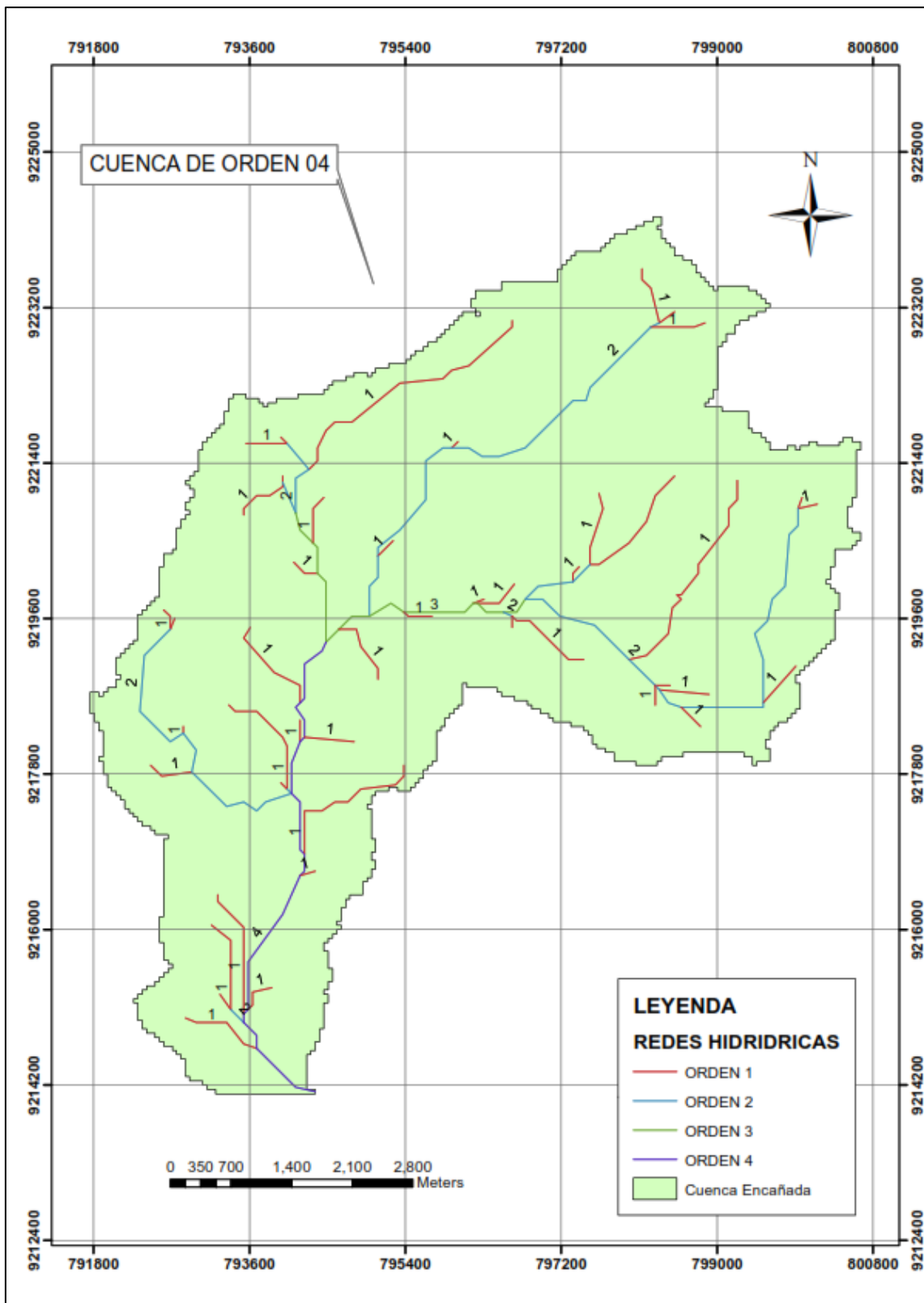


Figura 14. Cuenca Encañada de Orden 4 – Elaboración Propia (Carta Nacional – Cajamarca)

## 4.2. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

### Determinación del Coeficiente de Escorrentía

Utilizando el archivo NDVI obtenido que contiene la cobertura de la cuenca encañada. Se identificó 4 tipos de cobertura en la cuenca encañada y mediante la tabla 3, definimos para estos su tipo de suelo y los valores de escorrentía según la pendiente, estos se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Valores de coeficiente de escorrentía para la cuenca Encañada

Cobertura Vegetal	Tipo De Suelo	Pendiente Del Terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Semipermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
Cultivos	Semipermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
Hierba, Grama	Semipermeable	0.5	0.45	0.4	0.35	.03

Finalmente, Exportando la información procesada en el software ArcMap al Exel, se asignó por ejemplo si el suelo tiene una cobertura (sin vegetación) y una pendiente pronunciada (>50%), entonces le corresponde un coeficiente de 0.7. es así que se asignó a todas las coberturas vegetales según el tipo de suelo y pendiente que tiene el terreno ver los anexo 01, usando la ecuación 6 se determinó el coeficiente de escorrentía ponderado.

El confidente de escorrentía ponderado se calculado mediante la Ecuación 6:

$$\text{Coeficiente De Escorrentía Ponderado (C) = 0.23}$$

Las tablas de resultados con todos los valores de cobertura se encuentran en el anexo 01

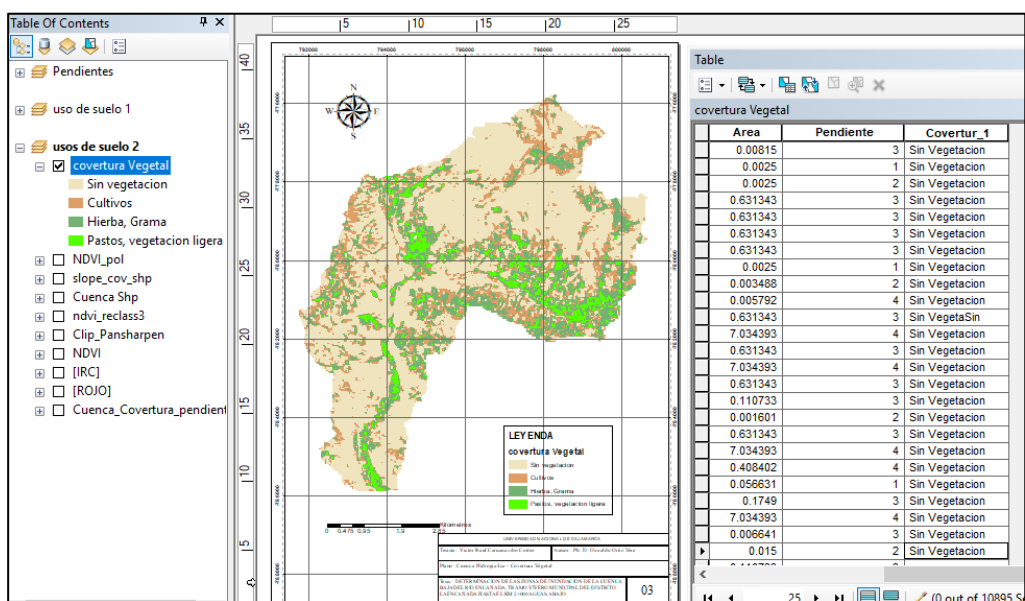


Figura 15. Archivo NDVI, con sus coberturas vegetales

## Determinación de Curvas IDF para la cuenca Encañada

### Datos de la Estación Base o referencial

Los datos obtenidos del SENAMHI de la estación Augusto Weberbauer son de intensidades máximas. Tal como se muestra en los anexos tabla 22:

Dicha Información se registra del año 1973 hasta el año 2015; con una observación de que en el año 2012 solo se registró información desde el mes de enero a mayo, así mismo para el año 2013 no se registró dato alguno, con esta información se calcula el factor de transposición de los datos de intensidades hacia nuestra cuenca media.

### Calculo del Factor de Transposición de Datos de Intensidades Máximas

Se usó el método de transposición de datos hidrológicos (en este caso intensidades máximas), para obtener las intensidades transpuestas para la cuenca en estudio; la ecuación usada para calcular las intensidades para la cuenca sin información fue la ecuación 8, en donde la escala de tiempos de duración te es igual a 1, puesto que se cuenta con información para distintos tiempos de duración, no fue necesaria la transferencia de datos y generación de los mismos de un tiempo de duración a otro.



En primer lugar, se obtuvo la escala de altitudes:

Altitud de la estación Augusto Weberbauer: 2536.00 msnm

Altitud de la Cuenca media Encañada: 3539.60 msnm

$$H_e = 1.40$$

### **Calculo de los Datos de Intensidades Máximas Transferidas a la Cuenca media de la Encañada.**

Multiplicando el valor de la escala de altitudes por cada uno de los valores de intensidades del anexo 04, se obtiene las intensidades para nuestra cuenca media en estudio tal como se muestra en el anexo 05:

Obtenido esta información se realizó la prueba de bondad de ajuste.

### **Prueba de Bondad de Ajuste Smirnov - Kolmogorov para los datos de Intensidades Máximas Transferidas (Aplicación del Modelo Probabilístico de Valores Extremos Gumbel)**

Para utilizar el modelo probabilístico de valores extremos Gumbel, se debe primero comprobar si los datos son confiables, para ello se usó la prueba de bondad de ajuste Smirnov - Kolmogorov. Como primer paso se ordenó de manera descendente cada uno de los datos transferidos, sin importar el año de observación, pero correspondientemente a las duraciones en las que se ubican.

Como se calcularon intensidades de precipitación máximas, se empleó el modelo Gumbel, por lo que, fue necesario, calcular sus parámetros, mediante el método de momentos ordinarios, para ello se usaron las ecuaciones 9 y 10 indicadas en el marco teórico, además de hallar el promedio y la desviación estándar de cada grupo de datos tal como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Parámetros Calculados del modelo Gumbel para la cuenca Encañada a partir de las intensidades.

<b>AÑO</b>	<b>5 Min</b>	<b>10 Min</b>	<b>30 Min</b>	<b>60 Min</b>	<b>120 Min</b>
<b>Promedio (X)</b>	101.77	75.10	39.49	23.72	13.60
<b>Desv. Est</b>	29.41	20.78	10.15	6.25	4.22
<b>N° datos</b>	42.0	42.0	42.00	42.00	42
<b><math>\mu_Y</math></b>	0.5448	0.5448	0.5448	0.5448	0.5448
<b><math>\sigma_Y</math></b>	1.1458	1.1458	1.1458	1.1458	1.1458
<b><math>\alpha =</math></b>	0.0390	0.0551	0.1129	0.1834	0.2718
<b><math>\beta =</math></b>	87.79	65.22	34.67	20.74	11.60

Luego se calculó la probabilidad de Weibull (probabilidad empírica según el número de datos), mediante la ecuación 14 y la probabilidad de Gumbel (probabilidad teórica) mediante la ecuación 9 para cada dato transferido, de tal forma que esta probabilidad indique que el fenómeno se presente en magnitud igual o mayor a la registrada los datos calculados se muestran en el anexo 06.

A partir de ello se calcula los diferentes estadísticos de prueba mediante la ecuación 15, se los cuales se elegirá el máximo que se comparará con el valor crítico del estadístico, el resultado de este procedimiento se puede ver en el anexo 07:

Comparando el delta máximo con el valor crítico del estadístico se tiene:

$$\Delta_{MAX} = 0.1581$$

$$\Delta_0 = 0.2099$$

Cumple que:

$$\Delta_{MAX} < \Delta_0$$

Entonces podemos concluir que: **Se Puede Usar El Modelo Gumbel**

Comprobado que se puede utilizar el modelo escogido, se procede con el cálculo de los periodos de retorno.

### **Calculo de los periodos de Retorno a partir del Criterio de Riesgo y Predicción.**

Para poder definir qué períodos de retorno intervendrán en el cálculo de las intensidades máximas y posteriores caudales de máxima avenida, es necesario definir con qué riesgo se calcularán estos caudales (el evento serán inundaciones en la zona completamente Rural, donde existen pequeños puentes de madera y muros de contención. De acuerdo a ello, por ser una zona con proyección a la construcción de puentes y otras obras hidráulicas, se asumió un riesgo de predicción admisible de 25%, 10% y 5%, y para un horizonte de predicción de 5, 10 y 20 años respectivamente. El presente trabajo de investigación se basa en inundaciones por lo que el dato más importante es el de riesgo de predicción, este representa la probabilidad de que nuestro tramo de estudio tienda a inundarse. Utilizando la ecuación 18, se calcula los tiempos de retorno para un riesgo de predicción asumido:

### **Calculo de Intensidades Máximas para diferentes Periodos de Retorno**

Una vez verificado el buen ajuste de los datos, y, habiéndose calculado los períodos de retorno a través del concepto del riesgo de predicción, se procede a determinar las intensidades para diferentes períodos de retorno, usando la ecuación 16:

Tabla 14. Intensidades máximas obtenidas para diferentes periodos de duración

		<b>Duración en Minutos</b>				
<b>J (%)</b>	<b>Tr (años)</b>	<b>5 min</b>	<b>10 min</b>	<b>30 min</b>	<b>60 min</b>	<b>120 min</b>
25	Tr = 20 años	164.03	119.10	60.98	36.94	22.53
10	Tr = 100 años	205.87	148.66	75.42	45.82	28.53
5	Tr = 500 años	247.28	177.93	89.72	54.62	34.46

CURVAS IDF - DURACION - PERIO DE RETORNO  
CUENCA ENCAÑADA

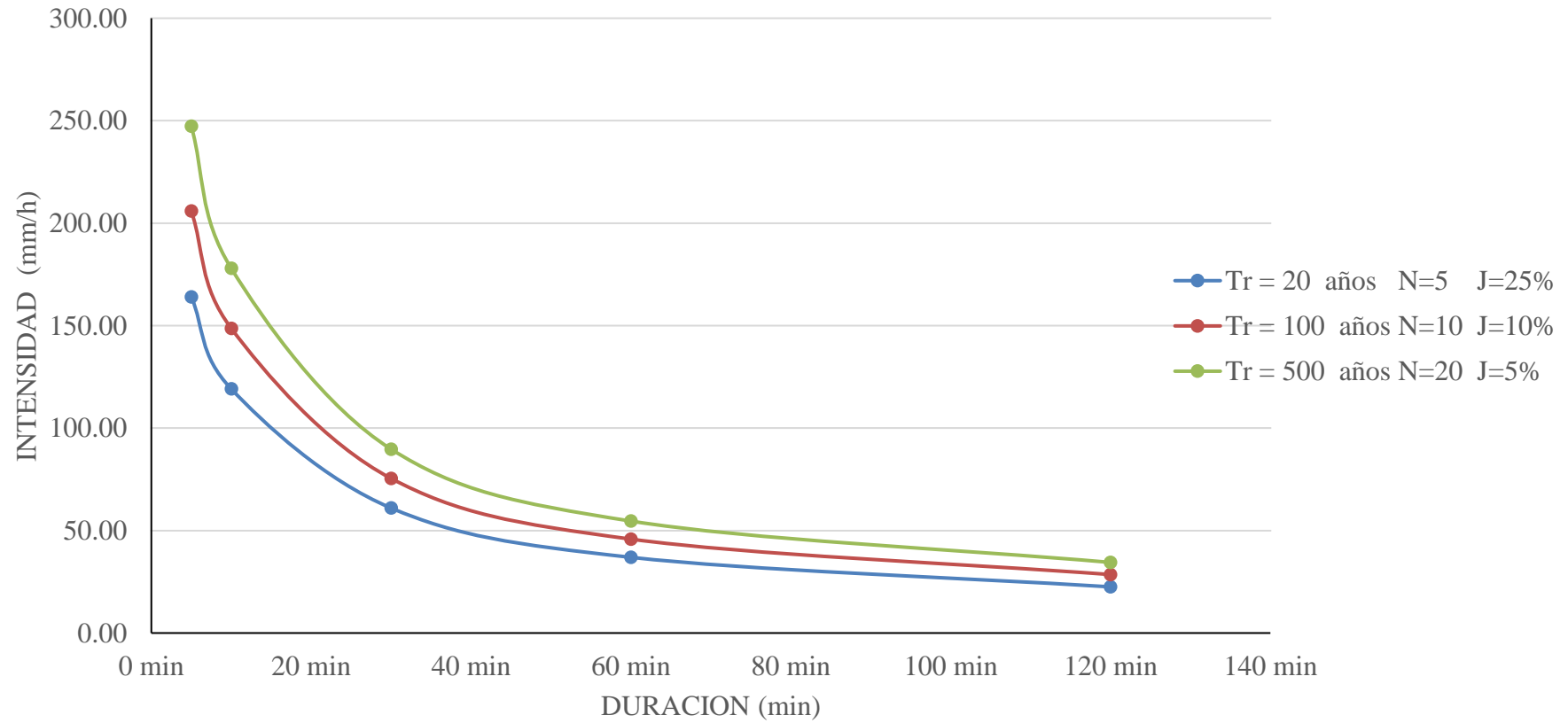


Figura 16. Curvas IDF obtenidas para tiempos de retorno de 20, 100 y 500 años

Aplicando la línea de tendencia potencial para cada curva y, extrayendo la ecuación de las mismas, se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 15. Ecuaciones potenciales obtenidas para las Curvas IDF

<b>Tr (años)</b>	<b>Ecuación para calcular <math>I_{max}</math></b>		
20	$I_{max} = 483.84 tc^{-0.629}$	.....	( 23 )
100	$I_{max} = 602.59 tc^{-0.628}$	.....	( 24 )
500	$I_{max} = 720.17 tc^{-0.628}$	.....	( 25 )

De las ecuaciones obtenidas a partir de las líneas de tendencias potenciales en el cálculo de las curvas IDF (ecuaciones 23 a 25), reemplazando el tiempo de concentración ya calculado, tenemos:

Tabla 16. Intensidades máximas para diferentes períodos de retorno

<b>Tr (años)</b>	<b><math>I_{max}</math></b>
20	28.68
100	36.01
500	43.03

### **Cálculo de los Caudales Máximos para diferentes Períodos de Retorno por el Método Racional**

Una vez hallados todas las variables que definen el método de racional, tal como el área de la cuenca, el coeficiente de escorrentía, el tiempo de concentración con el cual hallamos la intensidad máxima para los diferentes tiempos de retorno. Reemplazando en la ecuación (26) el área de la cuenca, el coeficiente de escorrentía y la intensidad máxima para distintos períodos de retorno, se obtuvo finalmente, los caudales máximos a usar en el modelamiento hidráulico:

Tabla 17. Caudales obtenidos para los diferentes periodos de retorno

Tiempo de Retorno (años)	Coefficiente de Escorrentía ( C )	Intensidad máxima (mm/h)	Área (km <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
20	0.23298632	28.68	40.66	75.47
100	0.23298632	36.01	40.66	94.75
500	0.23298632	43.03	40.66	113.24

Hallados los diferentes caudales para los diferentes tiempos de retorno, los mismos que serán utilizados para realizar el modelamiento hidráulico con el Software Iber.

### 4.3. CARACTERIZACION FLUVIAL DEL RIO

#### Geometría del tamo en estudio

La sección del tramo del rio en estudio es de sección angosta llegando a alcanzar su ancho de base entre  $2.5 \text{ m} < B < 5 \text{ m}$ , y su altura esta entre  $1 \text{ m} < H < 2 \text{ m}$

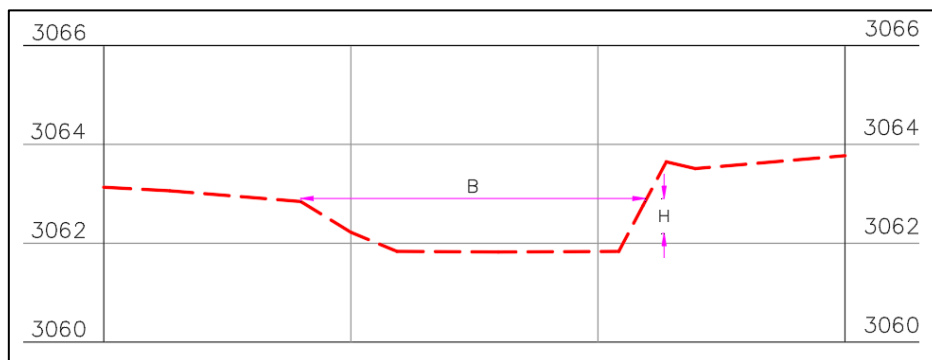


Figura 17. Geometría del tramo del río en estudio

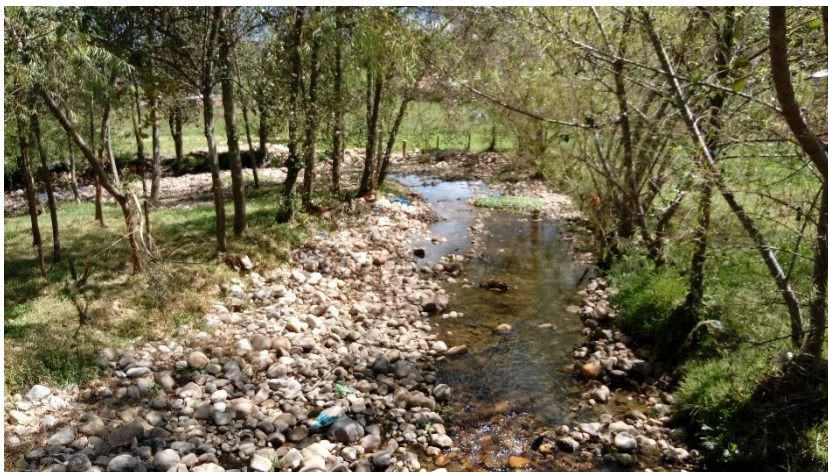


Figura 18. Sección del río en épocas de estiaje



Figura 19. Tramo del río encañada en épocas de lluvias

Por lo que podemos concluir que el río en estudio mantiene su flujo en cualquier época, en conclusión, es Perenne. De acuerdo a su forma nuestro río presenta una sucesión de curvas por tanto lo definimos como un río meandrónico, además podemos decir que nuestro río por sus características, pendiente y ubicación en la que se encuentra es un río joven.



Figura 20. Tramo del río en estudio de forma meándrico

#### 4.4. SIMULACIÓN HIDRÁULICA

##### Condiciones Iniciales

Para comenzar la simulación se necesita la topografía del terreno, la cual fue obtenida por medio de un levantamiento topográfico con estación total la misma que fue procesado en el Software Civil 3D.

Obtenido el archivo CAD, se exporta al Software ArcMap donde se a creado un TIN, superficie creada con triángulos irregular.



Figura 21. Archivo TIN del tramo en estudio (Rio Encañada), obtenida en ArcMap.



Después de realizar el TIN en ArcMap se convierte el TIN al formato RASTER (consta de una matriz de píxeles organizados en filas y columnas, en la que cada celda contiene un valor que contiene información) y posteriormente el RASTER se convierte al formato ASCII (formato de texto que contiene la información del RASTER), con el archivo ASCII se puede representar el terreno en Gid-Iber y realizar la simulación.

Generamos con Iber una red de triángulos rectángulos equiláteros o RTIN a partir del archivo de elevación ASCII.

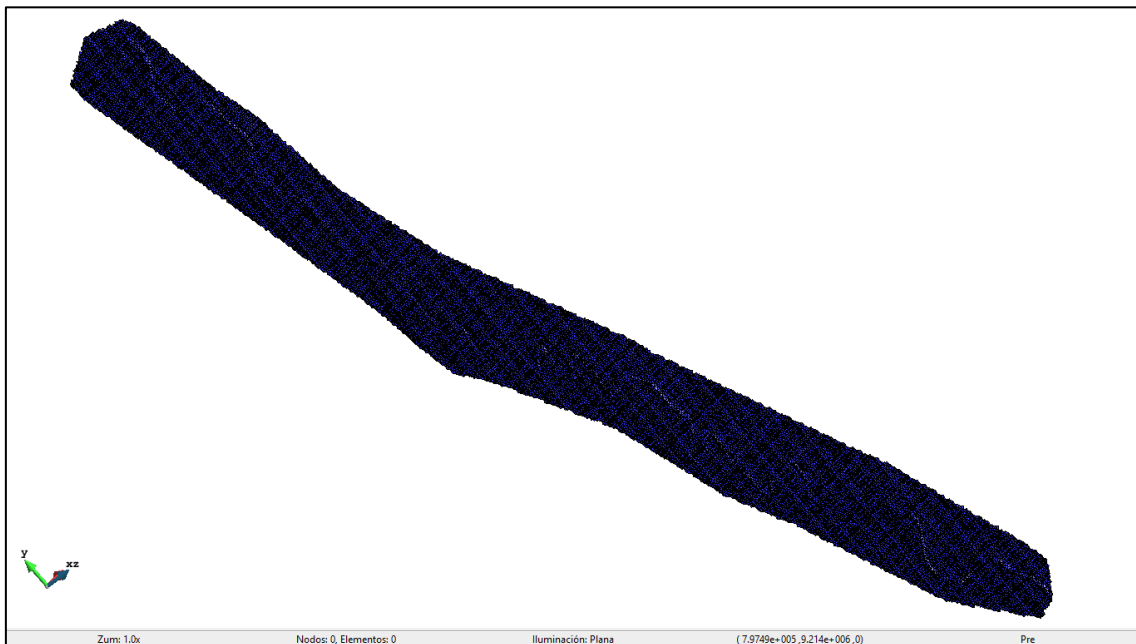


Figura 22. RTIN generado en Gid-Iber a partir del ASCII

Se ha definido cuanto tiempo va a durar la simulación, el valor dado es de 1800 segundos.

Definimos las condiciones de contorno:

- Entrada 2D: el valor de entrada de agua será los caudales calculados para los diferentes periodos de retorno. Según los datos siguientes:

<b>Tiempo de Retorno (años)</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>
20	75.47
100	94.75
500	113.24

Se asignó como flujo de entrada de régimen Crítico/Subcrítico; La duración de la simulación para cada caudal será de 1800 segundos, tiempo en el que la onda de agua llegará al final del tramo.

- Salida 2D: la salida será el punto final del tramo de estudio ubicado en sector de San Francisco donde se designó como dato de salida un flujo Supercrítico /Crítico

Luego se da el valor de rugosidad a cada zona del área de estudio; en campo se determinó que el área levantada topográficamente está dada por zonas en su mayoría de pastizales y en las riberas del río ciertas áreas de bosques.

Con lo que determinamos los coeficientes de Manning mostrados en la tabla siguiente:

Tabla 18. Rugosidades de Manning para el tramo del río.

Descripción	Manning (n)
Río	0.040
Pastos	0.035
Bosques	0.10

## Interpretación de resultados

### Mapa de Inundación Para $Tr = 20$ años, $J = 25\%$ .

Para simular este escenario se utilizó el caudal de  $75.47 \text{ m}^3/\text{s}$ , para un tiempo de simulación de 1800 segundos, la condición de dicha simulación es de que el caudal de entrada es igual al caudal de salida; obteniendo los siguientes mapas de calado y velocidades para un tiempo de retorno de 20 años.

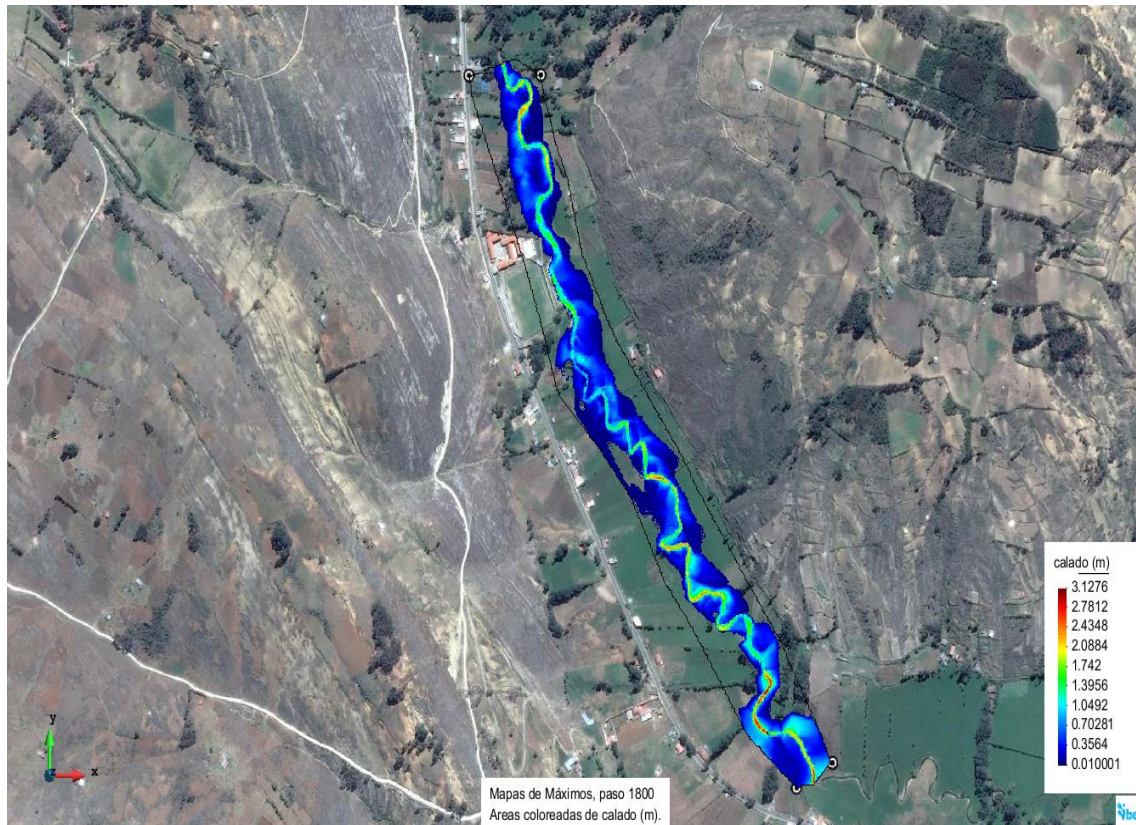


Figura 23. Calados máximos para un  $Tr=20$  años,  $J = 25\%$

Generada en Iber

De la figura 24 se aprecia los diferentes calados (Tirantes), generados por el caudal de  $75.47 \text{ m}^3/\text{s}$ , este caudal basto para inundar todas las zonas cercanas al río; llegando a tener un tirante máximo de  $3.13 \text{ m}$  en el tiempo de 1800 segundos en el río y la zona cercana llegan a tener una altura de inundación de aproximadamente  $0.40 \text{ m}$ .

Para ver a mas a detalla dicha imagen ver plano N° 7.

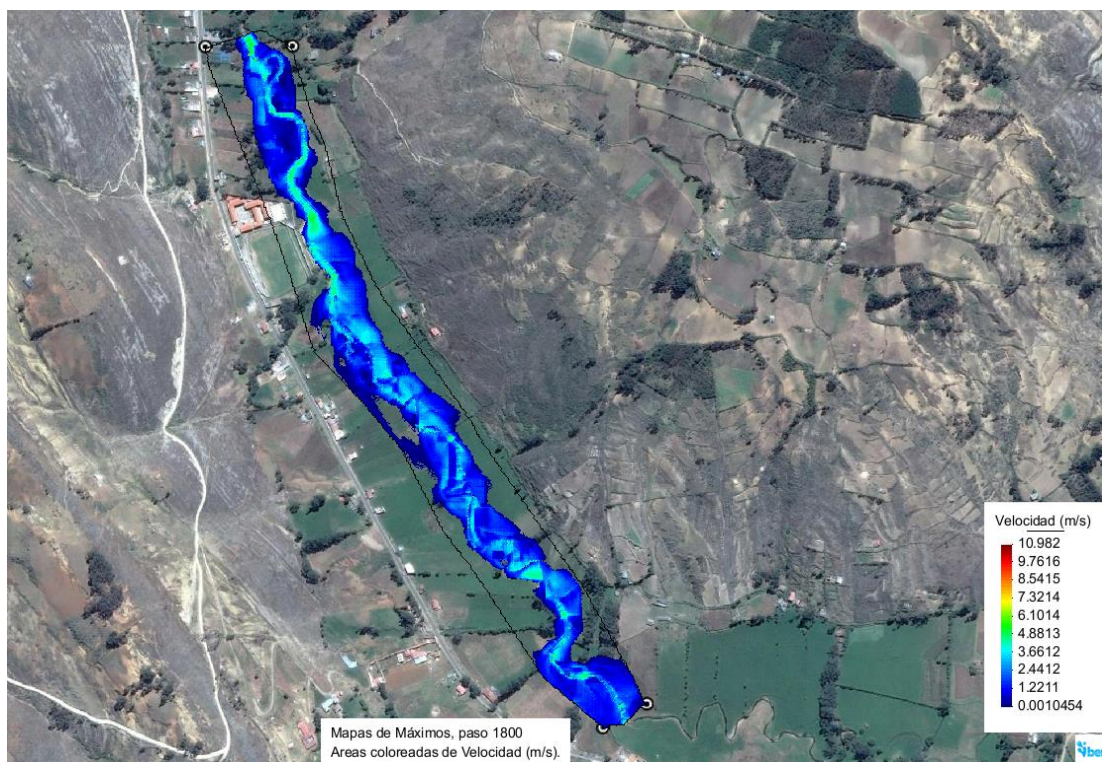


Figura 24. Velocidades para un  $Tr=20$  años,  $J = 25\%$

Generada en Iber

De la figura 25 muestra las velocidades alcanzadas según el caudal simulado llegando a alcanzar velocidades máximas de  $10.98 \text{ m/s}^2$  en el río y Velocidades de  $2.44 \text{ m/s}^2$  en las zonas cercanas a ella.

### Conclusiones de la simulación

Para esta avenida máxima se tiene un total de área inundada de 9.49 hectáreas, en todo el tramo del río en estudio.

Según INDECI, quien clasifica el nivel de intensidad de las inundaciones según la tabla 7, para esta simulación tenemos alturas de agua de 0.40 m en las riberas, por tanto, podemos decir que el nivel de intensidad de la inundación es medio ya que está en el rango de  $0.25 < H < 0.5 \text{ m}$

Además de que por la duración de la inundación se define como estáticas.

### Mapa de Inundación Para $Tr = 100$ años, $J = 10\%$ y $N = 10$ años

Para simular este escenario se utilizó el caudal de  $94.75 \text{ m}^3/\text{s}$ , para un tiempo de simulación de 1800 segundos, la condición de dicha simulación es de que el caudal de entrada es igual al caudal de salida; obteniendo los siguientes mapas de calado, velocidades y mapas de peligrosidad para un tiempo de retorno de 100 años.

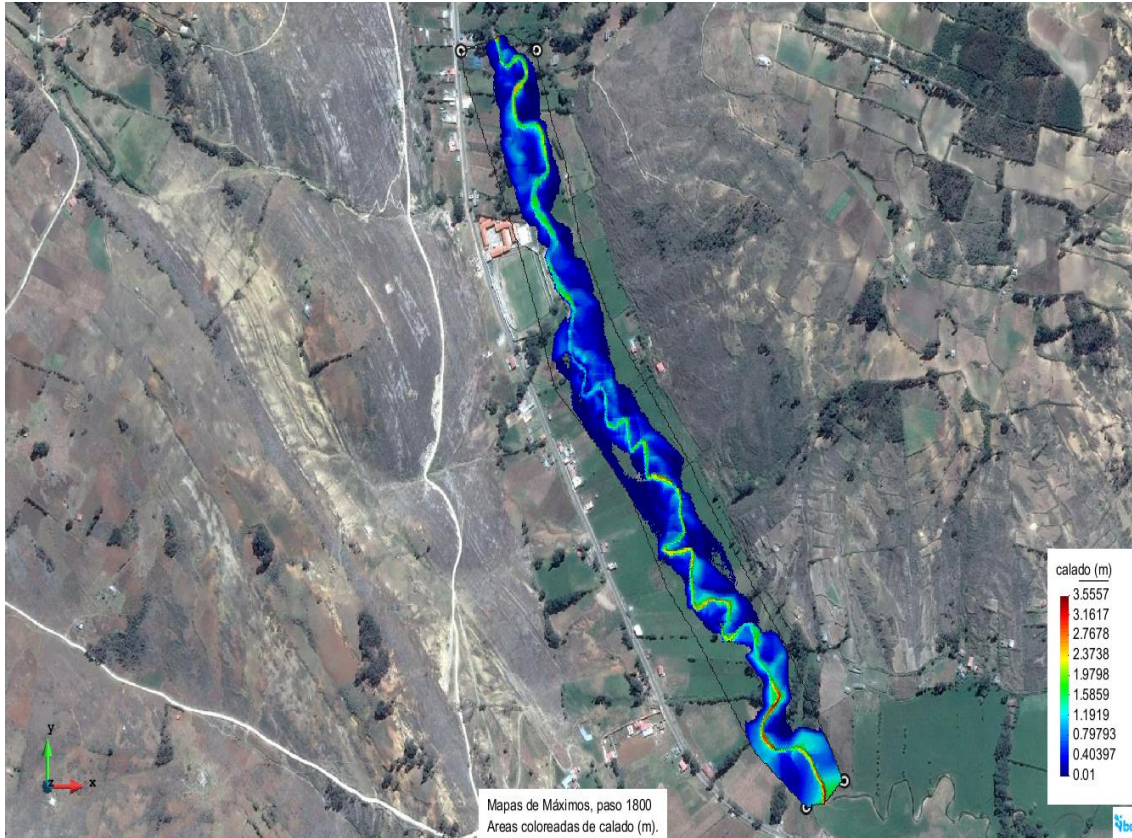


Figura 25. Calados máximos para un  $Tr=100$  años,  $J = 10\%$ .

Generada en Iber

De la figura 26 se aprecia los diferentes calados, generados por el caudal de  $97.71 \text{ m}^3/\text{s}$ ; llegando a tener un tirante máximo de 3.55 m en el tiempo de 1800 segundos en el río y la zona cercana llegan a tener una altura de inundación de aproximadamente 0.79 m.

Para ver a más a detalle dicha imagen ver plano N° 8.

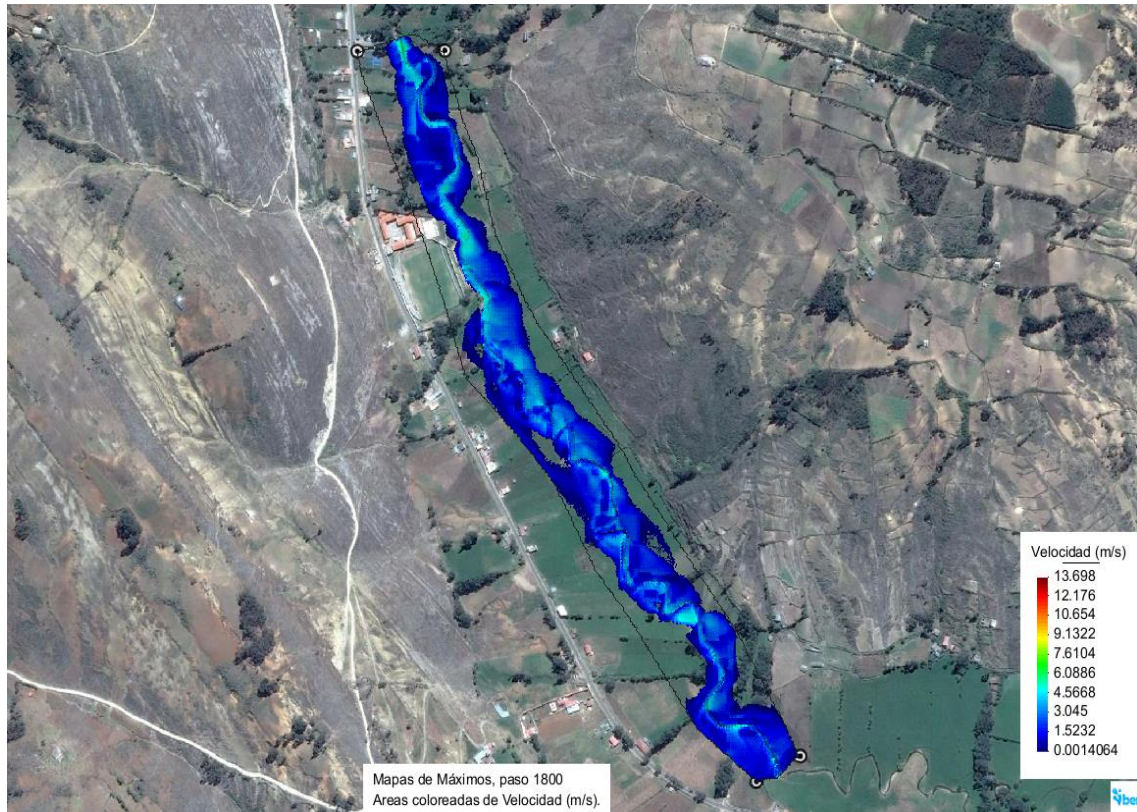


Figura 26. Velocidades para un  $Tr=100$  años,  $J =10\%$ .

Generada en Iber

De la figura 27 muestra las velocidades alcanzadas según el caudal simulado llegando a alcanzar velocidades máximas de  $13.69 \text{ m/s}^2$  en el río y las zonas cercanas al río una velocidad de  $3.045 \text{ m/s}^2$ .

### Conclusiones de la simulación

Para esta avenida máxima se tiene un total de área inundada de 11.61 hectáreas, en todo el tramo del río en estudio.

Según INDECI, quien clasifica el nivel de intensidad de las inundaciones según la tabla 7, para esta simulación tenemos alturas de agua de 0.79 m en las riberas, por tanto, podemos decir que el nivel de intensidad de la inundación es alto ya que está en el rango de  $0.50 < H < 1.5 \text{ m}$

Además de que por la duración de la inundación se define como estáticas.

## Mapa de Inundación Para $Tr = 500$ años, $J = 5\%$ y $N = 20$ años

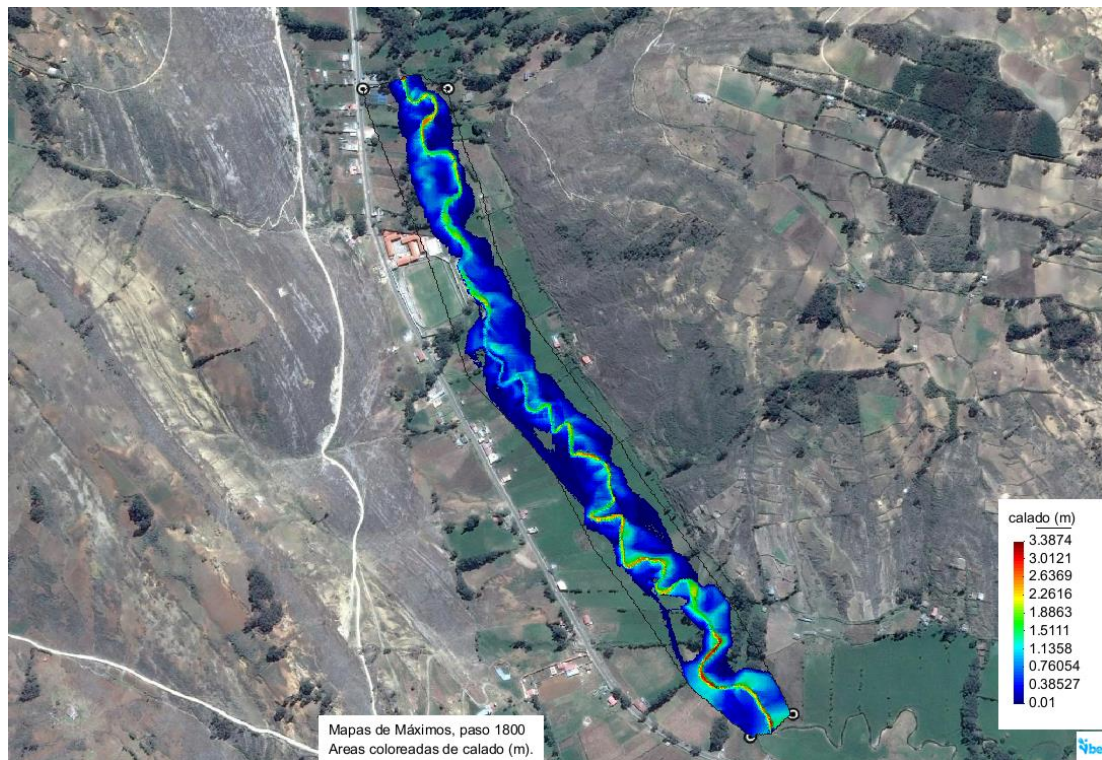


Figura 27. Calados máximos para un  $Tr=500$  años,  $J = 5\%$  y  $N= 20$  años

Generada en Iber

De la figura 28 se muestra el calado para un periodo de retorno de 500 años con un caudal de  $113.24 \text{ m}^3/\text{s}$ , donde alcanza un calado máximo de 3.38 m en el río y en las zonas Inundadas alcanza un tirante de 0.76 m, rango inferior en comparación para un periodo de 100 años. Para más detalle ver plano n° 09

Según esto podemos analizar que el tramo del río Encañada en estudio, es muy propensa a inundaciones tal y como lo afirmamos inicialmente, y que esto se debe a las máximas avenidas ya que para caudales superiores a  $75.47 \text{ m}^3/\text{s}$  el tramo siempre quedara inundado.

### Conclusiones de la simulación

Para esta avenida máxima se tiene un total de área inundada de 12.24 hectáreas, en todo el tramo del río en estudio. Según INDECI, quien clasifica el nivel de intensidad de las inundaciones según la tabla 7, para esta simulación tenemos alturas de agua de 0.76 m en las riberas, por tanto, podemos decir que el nivel de intensidad de la inundación es alto ya que está en el rango de  $0.50 < H < 1.5$  m

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- Se recopiló información topográfica con la Estación total Leica TS06, logrando identificar que el tramo escogido del río Encañada es sinuoso con presencia de muchos arbustos en la ribera del río, además de que casi toda el área de estudio está compuesta por sembrío de pastos.
- Por medio de la carta 15 g obtenida del MINEDU se define el emisor de la cuenca (inicio del tramo en estudio), logramos obtener los datos más representativos para nuestro estudio los cuales fueron el Área =40.66 km<sup>2</sup>, Altitud media = 3571.36, Numero de orden de la cuenca de 4 y Pendiente media de la cuenca =17.40 %, dichos resultados sirvieron para el análisis y obtención del tiempo de retorno y caudales.
- Se recopiló información hidrológica de intensidades máximas a través de SENAMHI, de la estación Augusto Weberbauer específicamente, para tiempos de duración de 5, 10, 30, 60 y 120 min con 42 años de observaciones, los cuales, fueron transferidos para la microcuenca en estudio, por sus características altoandinos (en función de la altitud media).
- Se realizó el modelamiento hidrológico de la información de intensidades máximas transferidas, la cual se ajustó a la simulación o prueba de bondad de ajuste de Smirnov - Kolgomorov mediante el modelo probabilístico de valores extremos Gumbel.
- El tramo en estudio es una zona donde actualmente solo existe pastizales, no existe infraestructura alguna, tan solo un puente de madera artesanal, y debido a que el tramo es muy sinuoso y estrecho, a simple vista este es muy propenso a inundaciones por lo que se asumió un riesgo de predicción del 25%, 10% y 5%,



con los cuales se obtuvo períodos de retorno de 20, 100 y 500 años, con los que se calcularon los caudales máximos mediante el método racional.

- Se realizó la simulación para los diferentes caudales, ingresando a cada escenario la rugosidad de Manning dato importante en la simulación:

Para un caudal de  $75.47 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $Tr = 20$  años, obtuvimos un tirante máximo en el río de 3.13 m y en las zonas cercanas una altura de inundación aproximada de 0.40m, con velocidades que alcanzan los  $10.98 \text{ m/s}^2$  por lo que podemos decir que existe socavación. Concluyendo así que el tramo en estudio queda inundado para dicho caudal.

Para un caudal de  $94.75 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $Tr = 100$  años, obtuvimos un tirante máximo en el río de 3.55 m y en las zonas cercanas una altura de inundación aproximada de 0.79m, con velocidades que alcanzan los  $13.69 \text{ m/s}^2$  por lo que podemos decir que existe socavación. Concluyendo así que el tramo en estudio queda inundado para dicho caudal.

Para un caudal de  $113.24 \text{ m}^3/\text{s}$ , donde alcanza un calado máximo de 3.38 m en el río y en las zonas Inundadas alcanza un tirante de 0.76 m.

- Un caudal de  $75.47 \text{ m}^3/\text{s}$  inunda un área de 9.49 hectáreas y con una intensidad de inundación según el INDECI, media.
- Un caudal de  $94.75 \text{ m}^3/\text{s}$  inunda un área de 11.61 hectáreas y con una intensidad de inundación según el INDECI, alta.
- Un caudal de  $113.24 \text{ m}^3/\text{s}$  inunda un área de 9.49 hectáreas y con una intensidad de inundación según el INDECI, alta.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- En el momento de realizar el estudio topográfico, se recomienda realizar el levantamiento topográfico a través de secciones cada 10 m, para obtener una topografía que defina bien el terreno natural.
- Es necesario implementar a la estación encañada para obtener datos de intensidades máximas, debido a que esta es la más cercana a la cuenca de estudio en comparación con la estación A. Weberbauer.
- Es necesario y vital que los estudiantes de Ingeniería Hidráulica, realicen estudios de investigación en poder hallar coeficientes de escorrentía por lo menos para las cuencas de la región Cajamarca. Debido a que este valor es de suma importancia para muchos trabajos de diseños como por ejemplo puentes, alcantarillas, tomas de agua, presas, etc.; así como para el aprovechamiento hídrico de una cuenca.
- Debido a que es una zona aun rural y no existe proyección o catastro para delimitar estas áreas de inundación, se recomienda que cuando se proyecte la construcción urbana por estas zonas se tenga en cuenta los resultados de esta investigación; además de que se tiene que ampliar el tramo de estudio.

## **BIBLIOGRAFIA**

- APARICIO, Francisco. (1987). Fundamentos de Hidrología de superficie. Cuernavaca, México: Editorial Grupo Noriega Editores. Primera edición, 1989, 303pp.
- ADPC. (2005). Integrated flood risk management in Asia. Bangkok: Asian Disaster Preparedness Center and United Nations Development. Asia, 314 pp.
- BREÑA, A., & JACOBO, M. (2006). Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial. México. Editado Gerencia de vinculación y desarrollo institucional, 287pp
- BLADÉ CASTELLET, E., & GOMEZ, M. (2006). Modelación del Flujo en Lámina Libre sobre Cauces Naturales. Análisis Integrado en una y dos Dimensiones. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, FLUMEN. E.T.S. Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, UPC, Barcelona.
- BLADÉ CASTELLET, E., CEA GÓMEZ, L., CORESTEIN, G., ESCOLANO TERCERO, E., PUERTAS AGUDO, J., VÁZQUEZ CENDON, M. E., . . . COLL SANS, A. (2014). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. Revista Internacional de Métodos Numéricos, 10pp
- CAHUANA ANDIA, A., & YUGAR MORALES, W. (2009). Material De Apoyo Didáctico Para La Enseñanza Y Aprendizaje De La Asignatura De Hidrología Civ-233. Cochabamba – Bolivia, 380 pp.
- FRANQUET BERNIS, J. M. (2003). Cinco temas de hidrología en la hidráulica. Tortosa. Gámez, W. (2010). Texto Básico de Hidrología. Maragua, Nicaragua: Editronic, S.A. 594 pp.
- GERMÁN, M. (1999). Hidrología en la Ingeniería. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. Segunda edición, 359pp.
- GÁMEZ, W. (2010). Texto Básico de Hidrología. Maragua, Nicaragua: Editronic, S.A. Primera edición, 150 pp.
- INDECI. (2011). Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales (Cuaderno técnico N°2). Impreso en Lima Perú, marzo del 2011, 81pp
- MONTES DE OCA, M. (1996). Topografía. México: Impreso en México por la Editorial Alfaomega SA, 367pp.
- MTC. (2012). Proyecto de Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC. LIMA. 222 pp.

- ORTIZ VERA, Santos Ortiz. (1994). Hidrología de superficie
- ORTIZ VERA, Santos Ortiz. (2016). Similitud Hidráulica de Sistemas Hidrológicos Altoandinos y Transferencia de Información Hidrometeorológica. "Tesis de Doctorado en Recursos Hídricos". Universidad Agraria la Molina, Lima. 99 pp.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A. and DEERING, D. W. 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I
- TUCKER, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combination for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment
- VEN TE CHOW. (1994). Hidrología Aplicada. Santafé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana, S.A. 584 pp.
- VILLÓN BEJAR, M. (2002). HIDROESTA.
- VILLÓN BEJAR, M. (2004). Hidrología, 4ta Ed. Cartago, Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.

## **APUNTES**

- Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE).
- Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente (Universidad de Coruña, UdC).
- Instituto Flumen (Universitat Politècnica de Catalunya, UPC).
- IBER. Manual básico de usuario, 2012, España.

## ANEXOS

### Anexo 01. Cálculos para obtener el Coeficiente de Escorrentía de la Cuenca Encañada

Pendiente	Cobertura Vegetal	Tipo de suelo	Tipo de pendiente	Coeficiente de escorrentía (1)	Área (2)	(1) * (2)
1%	Cultivos	Semipermeable	Despreciable	0.4	2.5384	1.01536
	Sin vegetación	Semipermeable	Despreciable	0.5	0.0584	0.0292
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Despreciable	0.35	2.8162	0.9856
	Hierva, Grama	Semipermeable	Despreciable	0.3	1.6115	0.4835
2%	Cultivos	Semipermeable	Suave	0.45	0.5702	0.25659
	Sin vegetación	Semipermeable	Suave	0.55	0.0388	0.0213
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Suave	0.4	0.6710	0.2684
	Hierva, Grama	Semipermeable	Suave	0.35	0.7713	0.2699
3%	Cultivos	Semipermeable	Suave	0.45	3.5170	1.5826
	Sin vegetación	Semipermeable	Suave	0.55	0.0782	0.0430
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Suave	0.4	3.7923	1.51692
	Hierva, Grama	Semipermeable	Suave	0.35	4.8193	1.6868

Continuación

4%	Cultivos	Semipermeable	Suave	0.45	4.2826	0.8565
	Sin vegetación	Semipermeable	Suave	0.55	0.1929	0.1061
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Suave	0.4	5.5204	0.5520
	Hierva, Grama	Semipermeable	Suave	0.35	5.8730	2.0555
26%	Cultivos	Semipermeable	Alta	0.55	0.0144	0.0051
	Sin vegetación	Semipermeable	Alta	0.65	0.0008	0.0005
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.5	0.0795	0.0159
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.0627	0.0282
27%	Cultivos	Semipermeable	Alta	0.35	0.0162	0.0057
	Sin vegetación	Semipermeable	Alta	0.65	0.0001	0.0000
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.1769	0.0354
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.1123	0.0506
28%	Cultivos	Semipermeable	Alta	0.35	0.0242	0.0085
	Sin vegetación	Semipermeable	Alta	0.65	0.0032	0.0021
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.0929	0.0186
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.9854	0.4434

Continuación

29%	Cultivos	Semipermeable	Alta	0.35	0.0147	0.0052
	Sin vegetación	Semipermeable	Alta	0.65	0.0009	0.0006
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.1604	0.0321
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.1120	0.0504
30%	Cultivos	Semipermeable	Alta	0.35	0.0317	0.0111
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.1458	0.0292
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.1000	0.0450
31%	Cultivos	Semipermeable	Alta	0.35	0.0265	0.0093
	Sin vegetación	Semipermeable	Alta	0.65	0.0000	0.0000
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.0200	0.0040
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.0651	0.0293
32%	Cultivos	Semipermeable	Alta	0.35	0.0424	0.0148
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.1397	0.0279
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.0529	0.0238

Continuación

33%	Cultivos	Permeable	Alta	0.35	0.0165	0.0058
	Sin vegetación	Semipermeable	Alta	0.65	0.0001	0.0001
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.0809	0.0162
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.0450	0.0203
34%	Cultivos	Semipermeable	Alta	0.35	0.0157	0.0055
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.0522	0.0104
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.0522	0.0235
35%	Cultivos	Semipermeable	Alta	0.35	0.0115	0.0040
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.0774	0.0155
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.0436	0.0196
36%	Cultivos	Semipermeable	Alta	0.35	0.0219	0.0077
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.0653	0.0131
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.0178	0.0080



Continuación

37%	Cultivos	Semipermeable	Alta	0.35	0.0084	0.0030
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.0492	0.0098
	Hierva, Grama	Permeable	Alta	0.45	0.0499	0.0224
38%	Cultivos	Permeable	Alta	0.35	0.0170	0.0059
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.0424	0.0085
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.0331	0.0149
39%	Cultivos	Semipermeable	Alta	0.35	0.0100	0.0035
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.0175	0.0035
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.0225	0.0101
40%	Cultivos	Semipermeable	Alta	0.35	0.0050	0.0018
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.0300	0.0060
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.0125	0.0056

Continuación

41%	Cultivos	Semipermeable	Alta	0.35	0.0025	0.0009
	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.0200	0.0040
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.0050	0.0023
42%	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.0325	0.0065
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.0075	0.0034
43%	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.0175	0.0035
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.0150	0.0068
44%	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.0210	0.0042
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.0100	0.0045
45%	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.0275	0.0055
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.0050	0.0023
46%	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.2	0.0275	0.0055
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.0075	0.0034

Continuación

47%	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.5	0.0075	0.0015
	Hierva, Grama	Semipermeable	Alta	0.45	0.0050	0.0023
48%	Pastos, vegetación ligera	Semipermeable	Alta	0.5	0.0075	0.0015
49%	Sin vegetación	Semipermeable	Alta	0.65	0.0050	0.000325
50%	Sin vegetación	Semipermeable	Alta	0.65	0.0025	0.000163
51%	Sin vegetación	Semipermeable	Pronunciada	0.7	0.0021	0.000147
53%	Sin vegetación	Semipermeable	Pronunciada	0.7	0.0022	0.000154
					<b>40.66</b>	<b>9.4732</b>

## Anexo 02. Tabla de valores de Gumbel

Media reducida  $U_Y$

<b>n</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>10</b>	0.495	0.499	0.503	0.507	0.510	0.512	0.515	0.518	0.520	0.522
<b>20</b>	0.523	0.522	0.526	0.528	0.529	0.530	0.532	0.533	0.534	0.535
<b>30</b>	0.536	0.537	0.538	0.538	0.539	0.542	0.541	0.541	0.542	0.543
<b>40</b>	0.543	0.544	0.544	0.545	0.545	0.546	0.546	0.547	0.547	0.548
<b>50</b>	0.548	0.548	0.549	0.549	0.550	0.550	0.550	0.551	0.551	0.551
<b>60</b>	0.552	0.552	0.552	0.553	0.553	0.553	0.553	0.554	0.554	0.554
<b>70</b>	0.554	0.555	0.555	0.555	0.555	0.555	0.556	0.556	0.556	0.556
<b>80</b>	0.556	0.557	0.557	0.557	0.557	0.557	0.558	0.558	0.558	0.558
<b>90</b>	0.558	0.558	0.558	0.559	0.559	0.559	0.559	0.559	0.559	0.559
<b>100</b>	0.560									

Desviación típica reducida,  $\sigma_Y$

<b>n</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>10</b>	0.949	0.967	0.983	0.997	1.009	1.020	1.031	1.041	1.049	1.056
<b>20</b>	1.062	1.069	1.075	1.081	1.086	1.091	1.096	1.100	1.104	1.108
<b>30</b>	1.112	1.115	1.119	1.226	1.125	1.128	1.131	1.133	1.136	1.388
<b>40</b>	1.141	1.143	1.145	1.148	1.149	1.151	1.153	1.155	1.157	1.159
<b>50</b>	1.160	1.162	1.163	1.165	1.166	1.168	1.169	1.170	1.172	1.173
<b>60</b>	1.174	1.175	1.177	1.178	1.179	1.180	1.181	1.182	1.183	1.184
<b>70</b>	1.185	1.186	1.187	1.188	1.189	1.189	1.190	1.191	1.192	1.193
<b>80</b>	1.193	1.194	1.195	1.195	1.196	1.197	1.198	1.198	1.199	1.200
<b>90</b>	1.200	1.201	1.202	1.202	1.203	1.203	1.204	1.204	1.205	1.206
<b>100</b>	1.206									

**Anexo 03. Intensidades máximas – Estación Augusto Weberbauer (1973 – 2015)**

<b>Año</b>	<b>5 Min</b>	<b>10 Min</b>	<b>30 Min</b>	<b>60 Min</b>	<b>120 Min</b>
<b>1973</b>	101.00	71.00	24.00	14.00	11.00
<b>1974</b>	73.00	58.00	34.00	18.00	19.00
<b>1975</b>	90.00	50.00	24.00	16.00	10.00
<b>1976</b>	68.00	63.00	37.00	19.00	9.00
<b>1977</b>	65.00	53.00	37.00	21.00	11.00
<b>1978</b>	26.00	24.00	21.00	12.00	6.00
<b>1979</b>	60.00	60.00	38.00	23.00	14.00
<b>1980</b>	73.02	60.10	33.80	21.08	9.24
<b>1981</b>	67.20	54.80	29.13	15.54	13.02
<b>1982</b>	88.29	75.15	37.20	23.10	13.27
<b>1983</b>	75.30	50.40	31.40	23.71	13.99
<b>1984</b>	112.80	71.80	27.60	15.63	9.80
<b>1985</b>	59.31	54.40	25.56	14.70	8.05
<b>1986</b>	84.60	65.40	30.11	15.60	8.23
<b>1987</b>	76.00	49.20	21.60	13.20	7.95
<b>1988</b>	70.40	52.80	23.00	13.79	7.85
<b>1989</b>	73.60	47.80	28.00	16.00	9.60
<b>1990</b>	111.60	75.00	37.94	23.00	12.00
<b>1991</b>	83.00	73.00	41.00	26.00	14.00
<b>1992</b>	56.00	39.00	19.00	10.00	5.00
<b>1993</b>	58.00	51.00	28.00	18.00	10.00
<b>1994</b>	91.49	64.18	36.22	19.04	12.91
<b>1995</b>	71.11	56.25	28.66	16.72	9.32
<b>1996</b>	81.30	60.21	32.44	17.88	11.12
<b>1997</b>	82.20	68.10	35.04	17.86	8.94
<b>1998</b>	92.00	66.34	40.60	27.10	13.50
<b>1999</b>	70.80	38.30	13.80	9.90	6.40
<b>2000</b>	46.80	32.40	23.00	15.81	7.95
<b>2001</b>	67.20	49.90	25.40	17.28	9.70

Continuación

<b>2002</b>	28.20	20.60	13.80	8.70	4.40
<b>2003</b>	70.80	42.60	15.90	9.80	6.10
<b>2004</b>	84.60	84.60	33.00	18.70	9.40
<b>2005</b>	45.60	43.80	20.50	11.10	6.50
<b>2006</b>	30.00	30.00	15.00	10.30	6.90
<b>2007</b>	72.00	64.00	32.70	19.40	12.30
<b>2008</b>	47.00	33.24	22.80	13.66	9.83
<b>2009</b>	68.00	49.20	32.04	22.00	4.05
<b>2010</b>	86.40	38.50	30.67	20.28	10.89
<b>2011</b>	62.40	36.60	26.80	16.60	10.00
<b>2012</b>	64.00	42.20	23.60	15.20	6.80
<b>2014</b>	119.10	69.30	27.24	15.87	9.23
<b>2015</b>	100.00	63.89	27.28	15.90	9.89
<b>Promedio</b>	<b>72.69</b>	<b>53.64</b>	<b>28.21</b>	<b>16.94</b>	<b>9.72</b>
<b>Desv. Estándar</b>	<b>21.01</b>	<b>14.85</b>	<b>7.25</b>	<b>4.64</b>	<b>3.01</b>
<b>Años de Obs.</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>42</b>

**Anexo 04. Intensidades Máximas Transferidas para la cuenca media de la Encañada**

<b>Año</b>	<b>5 Min</b>	<b>10 Min</b>	<b>30 Min</b>	<b>60 Min</b>	<b>120 Min</b>
1973	141.40	99.40	33.60	19.60	15.40
1974	102.20	81.20	47.60	25.20	26.60
1975	126.00	70.00	33.60	22.40	14.00
1976	95.20	88.20	51.80	26.60	12.60
1977	91.00	74.20	51.80	29.40	15.40
1978	36.40	33.60	29.40	16.80	8.40
1979	84.00	84.00	53.20	32.20	19.60
1980	102.23	84.14	47.32	29.51	12.94
1981	94.08	76.72	40.78	21.76	18.23
1982	123.61	105.21	52.08	32.34	18.58
1983	105.42	70.56	43.96	33.19	19.59
1984	157.92	100.52	38.64	21.88	13.72
1985	83.03	76.16	35.78	20.58	11.27
1986	118.44	91.56	42.15	21.84	11.52
1987	106.40	68.88	30.24	18.48	11.13
1988	98.56	73.92	32.20	19.31	10.99
1989	103.04	66.92	39.20	22.40	13.44
1990	156.24	105.00	53.12	32.20	16.80
1991	116.20	102.20	57.40	36.40	19.60
1992	78.40	54.60	26.60	14.00	7.00
1993	81.20	71.40	39.20	25.20	14.00
1994	128.09	89.85	50.71	26.66	18.07
1995	99.55	78.75	40.12	23.41	13.05
1996	113.82	84.29	45.42	25.03	15.57
1997	115.08	95.34	49.06	25.00	12.52

Continuación

1998	128.80	92.88	56.84	37.94	18.90
1999	99.12	53.62	19.32	13.86	8.96
2000	65.52	45.36	32.20	22.14	11.13
2001	94.08	69.86	35.56	24.19	13.58
2002	39.48	28.84	19.32	12.18	6.16
2003	99.12	59.64	22.26	13.72	8.54
2004	118.44	118.44	46.20	26.18	13.16
2005	63.84	61.32	28.70	15.54	9.10
2006	42.00	42.00	21.00	14.42	9.66
2007	100.80	89.60	45.78	27.16	17.22
2008	65.80	46.54	31.92	19.12	13.77
2009	95.20	68.88	44.86	30.80	5.67
2010	120.96	53.90	42.93	28.39	15.25
2011	87.36	51.24	37.52	23.24	14.00
2012*	89.60	59.08	33.04	21.28	9.52
2014	166.74	97.02	38.14	22.21	12.93
2015	140.00	89.45	38.19	22.26	13.85



**Anexo 05. Intensidades Máximas Transferidas de forma descendente y parámetros del modelo Gumbel para la cuenca Encañada.**

<b>AÑO</b>	<b>5 Min</b>	<b>10 Min</b>	<b>30 Min</b>	<b>60 Min</b>	<b>120 Min</b>
<b>1</b>	166.74	118.44	57.40	36.40	19.60
<b>2</b>	157.92	105.21	56.84	37.94	18.90
<b>3</b>	156.24	105.00	53.20	32.20	19.60
<b>4</b>	141.40	102.20	53.12	32.20	16.80
<b>5</b>	140.00	100.52	52.08	32.34	18.58
<b>6</b>	128.80	99.40	51.80	26.60	12.60
<b>7</b>	128.09	97.02	51.80	29.40	15.40
<b>8</b>	126.00	95.34	50.71	26.66	18.07
<b>9</b>	123.61	92.88	49.06	25.00	12.52
<b>10</b>	120.96	91.56	47.60	25.20	26.60
<b>11</b>	118.44	89.85	47.32	29.51	12.94
<b>12</b>	118.44	89.60	46.20	26.18	13.16
<b>13</b>	116.20	89.45	45.78	27.16	17.22
<b>14</b>	115.08	88.20	45.42	25.03	15.57
<b>15</b>	113.82	84.29	44.86	30.80	5.67
<b>16</b>	106.40	84.14	43.96	33.19	19.59
<b>17</b>	105.42	84.00	42.93	28.39	15.25
<b>18</b>	103.04	81.20	42.15	21.84	11.52
<b>19</b>	102.23	78.75	40.78	21.76	18.23
<b>20</b>	102.20	76.72	40.12	23.41	13.05
<b>21</b>	100.80	76.16	39.20	22.40	13.44
<b>22</b>	99.55	74.20	39.20	25.20	14.00
<b>23</b>	99.12	73.92	38.64	21.88	13.72
<b>24</b>	99.12	71.40	38.19	22.26	13.85
<b>25</b>	98.56	70.56	38.14	22.21	12.93
<b>26</b>	95.20	70.00	37.52	23.24	14.00
<b>27</b>	95.20	69.86	35.78	20.58	11.27
<b>28</b>	94.08	68.88	35.56	24.19	13.58
<b>29</b>	94.08	68.88	33.60	19.60	15.40

Continuación

<b>30</b>	91.00	66.92	33.60	22.40	14.00
<b>31</b>	89.60	61.32	33.04	21.28	9.52
<b>32</b>	87.36	59.64	32.20	19.31	10.99
<b>33</b>	84.00	59.08	32.20	22.14	11.13
<b>34</b>	83.03	54.60	31.92	19.12	13.77
<b>35</b>	81.20	53.90	30.24	18.48	11.13
<b>36</b>	78.40	53.62	29.40	16.80	8.40
<b>37</b>	65.80	51.24	28.70	15.54	9.10
<b>38</b>	65.52	46.54	26.60	14.00	7.00
<b>39</b>	63.84	45.36	22.26	13.72	8.54
<b>40</b>	42.00	42.00	21.00	14.42	9.66
<b>41</b>	39.48	33.60	19.32	13.86	8.96
<b>42</b>	36.40	28.84	19.32	12.18	6.16
<b>Promedio (X)</b>	101.77	75.10	39.49	23.72	13.60
<b>Desv. Est</b>	29.41	20.78	10.15	6.25	4.22
<b>N° datos</b>	42.0	42.0	42.00	42.00	42
<b><math>\mu_Y</math></b>	0.5448	0.5448	0.5448	0.5448	0.5448
<b><math>\sigma_Y</math></b>	1.1458	1.1458	1.1458	1.1458	1.1458
<b><math>\alpha =</math></b>	0.0390	0.0551	0.1129	0.1834	0.2718
<b><math>\beta =</math></b>	87.79	65.22	34.67	20.74	11.60

**Anexo 06. Probabilidades de Weibull (Empírica) y Gumbel (Teórica) Calculadas para un fenómeno de igual o mayor magnitud a la registrada**

N	Probabilidad de Weibull	Probabilidad de Gumbel				
		5 Min	10 Min	30 Min	60 Min	120 Min
1	0.023	0.04510	0.05179	0.07398	0.05504	0.00485
2	0.047	0.06300	0.10443	0.07861	0.04178	0.00586
3	0.070	0.06712	0.10558	0.11615	0.11513	0.00485
4	0.093	0.11649	0.12208	0.11719	0.11513	0.01035
5	0.116	0.12260	0.13310	0.13074	0.11238	0.00640
6	0.140	0.18318	0.14095	0.13464	0.28940	0.03205
7	0.163	0.18783	0.15906	0.13464	0.18488	0.01511
8	0.186	0.20201	0.17308	0.15090	0.28692	0.00733
9	0.209	0.21942	0.19563	0.17890	0.36735	0.03278
10	0.233	0.24014	0.20870	0.20730	0.35704	0.00073
11	0.256	0.26136	0.22677	0.21319	0.18149	0.02930
12	0.279	0.26136	0.22955	0.23821	0.30858	0.02759
13	0.302	0.28149	0.23126	0.24820	0.26530	0.00924
14	0.326	0.29200	0.24551	0.25714	0.36587	0.01444
15	0.349	0.30420	0.29489	0.27141	0.14626	0.19282
16	0.372	0.38384	0.29698	0.29556	0.09691	0.00487
17	0.395	0.39535	0.29890	0.32523	0.21803	0.01573
18	0.419	0.42419	0.33925	0.34920	0.55869	0.04273
19	0.442	0.43431	0.37768	0.39438	0.56426	0.00703
20	0.465	0.43467	0.41167	0.41735	0.45858	0.02843
21	0.488	0.45245	0.42137	0.45094	0.52201	0.02560
22	0.512	0.46861	0.45639	0.45094	0.35704	0.02202
23	0.535	0.47431	0.46152	0.47200	0.55591	0.02374
24	0.558	0.47431	0.50898	0.48921	0.53110	0.02295
25	0.581	0.48172	0.52525	0.49126	0.53414	0.02937
26	0.605	0.52723	0.53622	0.51554	0.46887	0.02202
27	0.628	0.52723	0.53897	0.58588	0.64324	0.04569
28	0.651	0.54276	0.55837	0.59512	0.41220	0.02465

Continuación

29	0.674	0.54276	0.55837	0.67633	0.70878	0.01511
30	0.698	0.58618	0.59769	0.67633	0.52201	0.02202
31	0.721	0.60615	0.71057	0.69930	0.59607	0.07248
32	0.744	0.63823	0.74338	0.73317	0.72802	0.04921
33	0.767	0.68618	0.75410	0.73317	0.53894	0.04742
34	0.791	0.69982	0.83401	0.74425	0.73978	0.02345
35	0.814	0.72542	0.84533	0.80761	0.78020	0.04742
36	0.837	0.76342	0.84976	0.83670	0.87277	0.09698
37	0.860	0.90510	0.88482	0.85930	0.92557	0.08088
38	0.884	0.90752	0.93926	0.91673	0.96812	0.13863
39	0.907	0.92128	0.94965	0.98270	0.97342	0.09353
40	0.930	0.99740	0.97259	0.99069	0.95884	0.06987
41	0.953	0.99859	0.99671	0.99649	0.97085	0.08388
42	0.977	0.99939	0.99941	0.99649	0.99186	0.17097

**Anexo 07. Estadísticos para la prueba de Bondad de Ajuste Smirnov –  
Kolmogorov, para la cuenca Encañada.**

N	ESTADISTICO DE PRUEBA $\Delta$				
	5 Min	10 Min	30 Min	60 Min	120 Min
1	0.02185	0.02854	0.05072	0.03178	-0.01841
2	0.01649	0.05791	0.03210	-0.00473	-0.04065
3	-0.00265	0.03581	0.04639	0.04536	-0.06492
4	0.02347	0.02905	0.02417	0.02211	-0.08267
5	0.00632	0.01682	0.01446	-0.00390	-0.10988
6	0.04365	0.00142	-0.00489	0.14987	-0.10748
7	0.02504	-0.00373	-0.02815	0.02209	-0.14768
8	0.01597	-0.01297	-0.03515	0.10087	-0.17871
9	0.01012	-0.01368	-0.03041	0.15805	-0.17652
10	0.00758	-0.02386	-0.02526	0.12448	-0.23183
11	0.00555	-0.02904	-0.04262	-0.07433	-0.22651
12	-0.01771	-0.04952	-0.04086	0.02951	-0.25148
13	-0.02084	-0.07106	-0.05412	-0.03702	-0.29309
14	-0.03358	-0.08008	-0.06844	0.04029	-0.31114
15	-0.04464	-0.05395	-0.07742	-0.20258	-0.15602
16	0.01175	-0.07511	-0.07654	-0.27519	-0.36722
17	0.00000	-0.09645	-0.07012	-0.17732	-0.37962
18	0.00558	-0.07936	-0.06940	0.14009	-0.37588
19	-0.00755	-0.06418	-0.04748	0.12240	-0.43483
20	-0.03045	-0.05345	-0.04777	-0.00654	-0.43668
21	-0.03592	-0.06700	-0.03743	0.03364	-0.46277
22	-0.04301	-0.05524	-0.06069	-0.15459	-0.48960
23	-0.06057	-0.07336	-0.06288	0.02103	-0.51114
24	-0.08383	-0.04916	-0.06893	-0.02704	-0.53519
25	-0.09968	-0.05614	-0.09013	-0.04725	-0.55202
26	-0.07742	-0.06844	-0.08911	-0.13578	-0.58263
27	-0.10068	-0.08894	-0.04203	0.01534	-0.58222

Continuación

28	-0.10840	-0.09280	-0.05604	-0.23896	-0.62651
29	-0.13165	-0.11605	0.00191	0.03436	-0.65931
30	-0.11150	-0.09999	-0.02134	-0.17567	-0.67565
31	-0.11478	-0.01036	-0.02163	-0.12486	-0.64845
32	-0.10596	-0.00080	-0.01102	-0.01617	-0.69498
33	-0.08126	-0.01334	-0.03427	-0.22851	-0.72003
34	-0.09088	0.04331	-0.04645	-0.05092	-0.76725
35	-0.08853	0.03138	-0.00634	-0.03376	-0.76654
36	-0.07379	0.01255	-0.00051	0.03557	-0.74023
37	0.04464	0.02436	-0.00116	0.06510	-0.77959
38	0.02380	0.05554	0.03301	0.08440	-0.74509
39	0.01430	0.04267	0.07572	0.06644	-0.81344
40	0.06717	0.04236	0.06046	0.02861	-0.86036
41	0.04510	0.04322	0.04301	0.01737	-0.86961
42	0.02265	0.02266	0.01975	0.01512	-0.80577
Max =	0.06717	0.05791	0.07572	0.15805	-0.01841

**Anexo 08. Puntos topográficos del tramo en estudio**

<b>Punto</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Cota</b>	<b>Descripción</b>
1	9215122.2	793391.27	3070.99	E1
2	9215146.762	793389.152	3070.82	R
3	9215152.63	793395.617	3069.8	R
4	9215147.144	793390.158	3069.75	R
5	9215153.007	793396.866	3071.4	R
6	9215142.939	793391.351	3070.76	R
7	9215143.811	793392.612	3069.62	R
8	9215141.241	793386.81	3070.96	R
9	9215146.247	793397.757	3069.62	R
10	9215146.963	793398.552	3071.2	R
11	9215132.301	793394.708	3070.64	R
12	9215133.186	793396.009	3069.3	R
13	9215132.813	793401.854	3070.1	R
14	9215130.931	793390.546	3070.79	R
15	9215126.653	793386.531	3070.93	VIVERO
16	9215132.542	793400.737	3069.3	R
17	9215127.201	793316.252	3073.01	VIVERO
18	9215148.878	793405.623	3071.3	R
19	9215135.53	793412.934	3070.204	R
20	9215097.71	793320.247	3072.99	VIVERO
21	9215127.505	793420.306	3069.82	R
22	9215124.823	793402.432	3069.86	R
23	9215124.467	793396.43	3070.92	R
24	9215124.995	793401.186	3069.02	R
25	9215124.414	793397.127	3069.01	R
26	9215121.118	793403.048	3069.58	R
28	9215120.778	793396.896	3070.85	R
29	9215121.148	793402.203	3068.9	R
30	9215120.904	793397.529	3068.9	R
31	9215115.692	793393.631	3070.59	R

32	9215115.749	793404.244	3069.22	R
33	9215115.559	793398.633	3070.38	R
34	9215116.138	793402.672	3068.5	R
35	9215115.784	793398.978	3068.5	R
36	9215108.733	793396.695	3070.16	R
37	9215112.734	793405.392	3069.05	R
38	9215110.891	793400.792	3069.95	R
39	9215112.895	793404.147	3068.43	R
40	9215111.108	793401.027	3068.43	R
41	9215121.343	793413.618	3069.6	R
42	9215108.65	793408.571	3068.97	R
43	9215108.161	793407.904	3068.41	R
44	9215102.975	793408.804	3068.32	R
45	9215107.635	793409.235	3068.8	R
46	9215100.33	793402.84	3069.91	R
47	9215106.955	793408.833	3068.35	R
48	9215089.111	793413.909	3069.12	R
50	9215076.072	793417.339	3068.47	R
51	9215110.148	793411.572	3069.28	R
52	9215106.927	793410.268	3068.71	R
53	9215102.147	793407.924	3069.7	R
55	9215106.328	793409.6	3068.35	R
56	9215135.862	793429.904	3070.52	R
57	9215136.117	793446.929	3071.1	R
58	9215137.776	793462.972	3071.84	R
59	9215128.935	793463.283	3071.02	R
60	9215122.633	793427.732	3069.25	R
61	9215119.423	793427.29	3069.07	R
62	9215110.979	793417.157	3069.57	R
63	9215107.68	793413.653	3068.92	R
64	9215105.289	793411.899	3068.31	R
65	9215104.92	793414.312	3068.08	R
66	9215104.99	793416.823	3068.04	R



67	9215093.161	793434.362	3069.5	E2
68	9215044.143	793451.844	3067.5	R
70	9215105.606	793421.792	3067.89	R
71	9215100.626	793411.742	3069.64	R
72	9215101.358	793412.03	3068.08	R
73	9215111.471	793427.959	3067.57	R
74	9215100.743	793418.842	3069.62	R
75	9215114.206	793426.119	3068.59	R
76	9215101.294	793418.983	3068.04	R
77	9215114.389	793430.628	3067.53	R
78	9215103.799	793425.812	3069.53	R
79	9215120.229	793430.992	3068.29	R
80	9215103.926	793425.418	3067.89	R
81	9215119.227	793436.037	3067.48	R
82	9215107.455	793430.272	3069.35	R
83	9215107.835	793430.114	3067.57	R
84	9215120.347	793440.953	3067.48	R
85	9215117.147	793433.589	3067.51	R
86	9215111.031	793433.585	3067.53	R
88	9215113.435	793437.343	3068.29	R
89	9215113.708	793436.953	3067.501	R
90	9215114.272	793438.667	3068.63	R
91	9215115.108	793438.447	3067.482	R
92	9215123.891	793437.327	3069.39	R
93	9215114.103	793440.654	3068.68	R
94	9215115.706	793441.752	3067.48	R
96	9215117.745	793447.616	3067.468	R
97	9215112.289	793441.215	3068.85	PUENTE
98	9215118.94	793448.709	3068.75	PUENTE
99	9215110.998	793442.791	3068.97	R
100	9215114.198	793452.918	3067.53	R
101	9215115.626	793455.082	3068.9	R
102	9215111.848	793444.023	3068.52	R

103	9215112.687	793444.826	3067.47	R
104	9215106.179	793455.458	3067.04	R
105	9215104.809	793447.515	3068.06	R
106	9215107.19	793458.232	3068.6	R
108	9215104.706	793449.846	3067.04	R
109	9215100.111	793457.796	3066.73	R
110	9215098.326	793451.536	3068.02	R
111	9215099.74	793461.311	3068.89	R
112	9215098.681	793452.254	3066.7	R
113	9215094.895	793461.267	3068.65	R
114	9215094.99	793452.724	3068.76	R
115	9215095.183	793453.797	3066.501	R
116	9215088.318	793452.395	3068.73	R
117	9215094.739	793459.644	3066.5	R
118	9215087.945	793453.711	3066.32	R
119	9215088.023	793459.165	3066.33	R
120	9215088.695	793460.367	3068.71	R
121	9215083.433	793447.5	3067.53	R
122	9215082.493	793448.369	3066.1	R
123	9215079.264	793457.322	3068.65	R
124	9215079.62	793456.144	3066.12	R
125	9215079.145	793439.826	3067.44	R
126	9215069.846	793474.929	3068.2	R
127	9215077.164	793441.151	3065.8	R
128	9215086.256	793481.81	3068.974	R
129	9215077.968	793436.401	3067.46	R
130	9215128.14	793476.835	3072.41	R
131	9215075.361	793435.976	3066.75	R
132	9215080.954	793430.924	3068.11	R
133	9215088.416	793424.516	3069.01	R
134	9215094.415	793418.953	3069.2	R
135	9215053.41	793455.377	3067.5	R
137	9215071.689	793429.081	3067.27	R

138	9215069.791	793431.131	3065.67	R
139	9215065.204	793429.805	3065.57	R
140	9215067.4	793444.804	3066	R
141	9215066.312	793428.473	3067.09	R
142	9215069.132	793446.868	3065.8	R
143	9215059.632	793427.026	3067.3	R
144	9215069.855	793448.842	3067.51	R
145	9215059.94	793428.159	3065.5	R
146	9215065.04	793441.236	3065.65	R
147	9215061.997	793441.173	3066.99	R
148	9215063.965	793438.265	3065.59	R
149	9215061.021	793433.974	3065.51	R
150	9215054.927	793425.519	3066.75	R
151	9215053.844	793431.741	3065.3	R
152	9215054.902	793427.568	3065.24	R
153	9215050.362	793430.997	3065.01	R
154	9215052.9	793433.553	3066.71	R
156	9215048.386	793439.119	3066.85	R
157	9215040.104	793440.092	3066.89	R
158	9215040.152	793433.612	3066.23	R
159	9215031.121	793435.461	3066.04	R
160	9215032.953	793440.463	3066.72	R
161	9215036.089	793427.406	3065.91	R
162	9215036.158	793428.234	3064.64	R
163	9215026.044	793426.571	3065.56	E3
164	9215002.064	793422.943	3065.56	E4
165	9215014.797	793443.697	3065.56	R
167	9215026.222	793428.914	3065.26	R
168	9215026.024	793429.52	3064.41	R
169	9215018.631	793437.026	3064.38	R
171	9215043.385	793401.159	3067.2	R
172	9215030.758	793432.49	3064.49	R
173	9215026.279	793390.472	3067.34	R

174	9215037.874	793432.031	3064.7	R
175	9215004.31	793388.896	3067.25	R
176	9215023.85	793447.2	3066.4	R
177	9214975.411	793391.624	3066.45	R
178	9215029.431	793465.789	3066.1	R
179	9214981.628	793407.892	3065.38	R
180	9214981.637	793407.882	3065.38	R
181	9215011.35	793445.538	3064.08	R
182	9215012.07	793446.18	3064.73	R
183	9214980.476	793432.427	3064.77	R
185	9215009.975	793452.534	3063.95	R
186	9214973.415	793455.099	3064.62	R
187	9215014.33	793455.671	3064.68	R
188	9214969.154	793473.59	3064.24	R
189	9215009.951	793462.571	3063.7	R
190	9214987.33	793474.856	3064.34	R
191	9215012.382	793464.172	3064.12	R
192	9214993.956	793455.354	3065.01	R
193	9215011.44	793470.485	3063.54	R
194	9214996.734	793444.157	3065.2	R
195	9215002.784	793441.98	3065.44	R
196	9215013.504	793476.992	3064.56	R
197	9215012.457	793476.628	3063.51	R
198	9215017.354	793431.504	3065.04	R
199	9215017.659	793432.414	3064.39	R
200	9215010.868	793434.875	3064.95	R
201	9215011.656	793435.941	3064.32	R
202	9215008.803	793483.235	3063.45	R
203	9215006.671	793437.451	3064.05	R
204	9215006.111	793436.498	3065.03	R
206	9215000.874	793489.136	3062.78	R
207	9215004.212	793439.943	3065.65	R
208	9215001.224	793490.563	3063.87	R

209	9215004.6	793440.899	3064.01	R
210	9215000.921	793494.837	3065.06	R
211	9215002.403	793449.901	3064.853	R
212	9215000.768	793503.079	3065.8	R
213	9215008.74	793499.311	3065.3	R
214	9215002.805	793449.848	3063.99	R
215	9215012.015	793513.002	3066.51	R
216	9215003.192	793459.736	3064.35	R
217	9215004.322	793459.695	3063.7	R
218	9215004.824	793468.963	3064.02	R
219	9215005.865	793468.658	3063.56	R
220	9215004.731	793476.586	3063.57	R
221	9214989.764	793494.863	3062.71	R
222	9215006.257	793477.212	3063.51	R
223	9214989.585	793495.347	3063.92	R
224	9215000.442	793482.26	3063.66	R
225	9215000.79	793483.759	3062.87	R
227	9214989.679	793487.932	3063.57	R
228	9214989.741	793489.161	3062.65	R
230	9214980.904	793487.336	3063.28	R
231	9214980.588	793490.008	3062.21	R
232	9214987.61	793445.973	3064.82	R
233	9214978.241	793495.377	3062.1	R
234	9214968.206	793431.33	3064.12	R
235	9214934.692	793439.752	3063.05	R
236	9214977.734	793496.561	3064.03	R
237	9214932.137	793458.422	3062.59	R
238	9214972.804	793509.621	3064.51	R
239	9214959.285	793444.811	3063.47	R
240	9214954.346	793460.282	3063.89	R
241	9214963.131	793520.72	3064.32	R
242	9214968.679	793453.783	3064.54	R
243	9214961.118	793463.147	3064.33	R

244	9214951.763	793535.869	3065.49	E5
245	9214948.343	793540.194	3065.8	E6
246	9214946.493	793534.933	3065.48	R
247	9214951.8	793535.827	3065.49	R
248	9214947.734	793521.59	3063.43	R
249	9214950.113	793496.547	3062.61	R
250	9214949.788	793498.314	3061.602	R
251	9214951.447	793503.289	3063.31	R
252	9214944.341	793496.027	3063.05	R
253	9214944.501	793497.911	3062.47	R
254	9214950.763	793502.546	3061.61	R
255	9214944.498	793500.598	3061.48	R
256	9214947.034	793504.657	3061.5	R
257	9214947.211	793505.316	3063.39	R
258	9214939.279	793497.582	3062.41	R
259	9214938.417	793506.547	3063.1	R
260	9214938.618	793506.141	3061.36	R
261	9214939.473	793500.82	3061.36	R
262	9214934.829	793496.477	3062.31	R
263	9214934.183	793506.284	3063.08	R
264	9214936.346	793500.579	3061.25	R
265	9214934.543	793505.511	3061.27	R
266	9214934.272	793483.785	3062.64	R
267	9214927.041	793503.37	3062.96	R
268	9214928.774	793502.364	3061.24	R
269	9214933.848	793497.417	3061.246	R
270	9214922.674	793495.717	3060.86	R
271	9214924.683	793487.498	3060.81	R
273	9214925.841	793486.284	3061.77	R
275	9214927.694	793474.576	3061.784	R
276	9214919.311	793477.672	3060.7	R
277	9214919.962	793476.166	3061.29	R
278	9214910.136	793482.298	3061.75	R

279	9214920.505	793469.579	3061.49	R
280	9214911.799	793481.368	3060.7	R
281	9214921.99	793496.872	3061.84	R
283	9214904.828	793469.499	3060.5	R
284	9214906.003	793467.585	3061.28	R
285	9214911.269	793456.436	3061.58	R
286	9214906.332	793440.628	3061.72	R
287	9214903.45	793479.673	3061.17	R
288	9214902.302	793477.911	3060.55	R
289	9214894.775	793465.865	3060.88	R
290	9214894.249	793467.382	3059.79	R
291	9214891.873	793478.727	3059.71	R
292	9214883.265	793466.665	3060.706	R
293	9214883.501	793468.067	3059.69	R
294	9214896.516	793484.069	3060.99	R
295	9214903.363	793500.041	3061.99	R
296	9214870.749	793453.77	3061.1	R
297	9214902.017	793534.475	3063.04	R
298	9214862.078	793474.953	3060.53	R
299	9214876.588	793487.745	3060.4	R
300	9214874.779	793483.619	3059.6	R
301	9214863.447	793475.447	3059.4	R
302	9214864.071	793493.147	3059.33	R
303	9214867.538	793495.506	3060.09	R
304	9214851.963	793485.136	3059.977	R
305	9214852.553	793485.908	3059.2	R
306	9214846.063	793477.973	3060.8	MURO
307	9214853.268	793503.163	3059.64	R
309	9214842.715	793497.181	3058.78	R
310	9214850.752	793501.489	3058.81	R
311	9214841.336	793496.127	3060.5	R
313	9214848.272	793507.872	3060.03	R
314	9214847.399	793506.19	3058.73	R

315	9214837.534	793499.036	3060.4	R
316	9214839.524	793500.237	3058.69	R
318	9214834.627	793516.147	3058.68	R
319	9214839.043	793517.475	3060.19	R
320	9214828.08	793503.802	3059.92	R
321	9214829.085	793505.936	3058.67	R
322	9214830.578	793518.261	3058.67	R
323	9214834.311	793520.56	3060.07	E7
325	9214811.922	793502.149	3058.63	R
326	9214821.09	793523.682	3058.87	R
327	9214811.188	793505.081	3057.83	R
328	9214847.439	793541.357	3060.21	R
330	9214854.383	793554.485	3060.35	R
332	9214827.328	793570.235	3060.2	R
333	9214796.105	793495.071	3057.76	R
335	9214827.092	793565.119	3060	R
336	9214790.752	793494.786	3061	R
337	9214791.196	793497.158	3057.6	R
338	9214794.048	793577.458	3058.1	R
339	9214790.504	793506.61	3057.68	R
340	9214791.283	793532.08	3057.94	R
341	9214805.301	793514.024	3058.22	R
342	9214805.619	793512.306	3057.81	R
343	9214791.051	793509.098	3058.21	R
344	9214777.342	793514.479	3058.1	R
345	9214770.82	793507.106	3057.02	R
346	9214776.698	793510.245	3057.11	R
347	9214767.84	793518.371	3056.8	R
348	9214769.272	793521.774	3057.54	R
349	9214758.575	793512.18	3056.63	R
350	9214758.337	793511.005	3060.52	R
351	9214757.193	793527.55	3057.05	R
352	9214755.709	793523.367	3056.51	R



353	9214753.48	793514.041	3056.52	R
354	9214741.493	793518.254	3056.45	R
355	9214745.042	793533.41	3056.38	R
356	9214740.921	793517.036	3060.201	R
357	9214746.422	793539.69	3056.95	R
358	9214725.059	793528.524	3057.8	R
359	9214731.394	793551.743	3056.36	R
360	9214729.902	793548.541	3055.43	R
362	9214729.412	793534.983	3057.38	R
363	9214730.399	793536.294	3055.68	R
364	9214739.985	793567.57	3056.46	R
365	9214748.017	793588.761	3057.32	R
366	9214723.964	793540.795	3058.26	R
367	9214726.827	793541.302	3055.45	R
368	9214719.69	793558.976	3056.8	E9
369	9214712.931	793563.43	3056.27	E10
372	9214713.94	793559.468	3055.12	R
373	9214715.396	793546.32	3056.92	R
374	9214716.947	793549.087	3055.13	R
375	9214718.365	793593.429	3056.35	R
377	9214713.186	793535.727	3057.2	R
378	9214719.235	793615.543	3057.21	R
379	9214709.844	793524.2	3057.87	R
380	9214690.155	793637.183	3056.19	R
381	9214678.78	793506.622	3056.78	R
382	9214668.37	793606.078	3054.85	R
383	9214671.122	793521.099	3055.19	R
384	9214670.749	793604.715	3054.96	R
385	9214701.558	793540.533	3055.63	R
386	9214649.642	793573.421	3054.3	R
387	9214709.58	793547.559	3057.14	R
388	9214701.947	793549.323	3056.62	R
389	9214684.952	793570.857	3055.74	R

390	9214701.213	793550.854	3055.108	R
391	9214695.167	793558.134	3055.92	R
392	9214695.618	793557.28	3055.01	R
393	9214688.974	793548.361	3054.95	R
394	9214674.892	793546.872	3054.75	R
395	9214680.576	793554.462	3054.95	R
396	9214674.754	793546.2	3055.32	R
397	9214680.67	793553.917	3054.89	R
398	9214669.203	793546.807	3054.52	R
399	9214667.832	793551.888	3054.75	R
400	9214669.415	793545.559	3055.4	R
401	9214668.244	793551.057	3054.43	R
402	9214656.745	793550.646	3054.53	R
403	9214656.141	793545.847	3054.76	R
404	9214656.788	793549.701	3054.21	R
405	9214656.364	793546.573	3054.22	R
407	9214644.512	793546.558	3054.09	R
408	9214644.241	793536.602	3054.51	R
409	9214623.261	793574.205	3054.25	E11
410	9214612.43	793574.719	3053.53	E12
411	9214633.942	793575.797	3053.47	R
413	9214612.798	793574.823	3053	R
414	9214613.204	793570.824	3054.13	R
415	9214614.831	793571.149	3053.13	R
416	9214616.54	793565.182	3053.81	R
417	9214617.241	793566.575	3053.4	R
418	9214620.708	793559.68	3054.5	R
419	9214621.364	793560.165	3053.51	R
420	9214623.854	793556.007	3054.16	R
421	9214623.987	793556.739	3053.71	R
422	9214628.436	793552.781	3053.81	R
423	9214628.336	793552.553	3054.8	R
424	9214637.744	793546.962	3055.8	R

425	9214637.976	793547.688	3053.99	R
426	9214644.401	793545.704	3054.58	R
428	9214653.608	793532.995	3054.65	R
429	9214629.176	793525.71	3055.71	R
430	9214620.642	793502.269	3055.79	R
431	9214584.209	793514.74	3055.25	R
432	9214580.641	793516.018	3055.04	R
433	9214583.866	793530.835	3054.45	R
434	9214608.048	793533.635	3054.54	R
435	9214589.017	793559.84	3053.54	R
436	9214603.339	793556.905	3053.55	R
437	9214596.683	793574.061	3053.41	R
438	9214600.788	793574.128	3053.65	R
439	9214600.787	793577.253	3054.25	PUENTE
440	9214600.785	793577.728	3052.31	PUENTE
441	9214597.602	793578.435	3052.29	PUENTE
442	9214601.781	793583.381	3052.31	PUENTE
443	9214601.78	793583.886	3054.24	PUENTE
444	9214597.747	793577.673	3054.4	PUENTE
445	9214598.514	793583.363	3052.29	PUENTE
446	9214598.498	793583.736	3054.4	PUENTE
447	9214673.966	793563.079	3054.94	R
448	9214671.983	793553.717	3055.64	R
449	9214672.364	793552.316	3054.71	R
453	9214610.283	793577.78	3052.98	R
455	9214643.665	793552.925	3054.53	R
456	9214643.071	793551.494	3054.08	R
459	9214605.542	793579.05	3052.54	R
460	9214634.215	793556.91	3054.89	R
461	9214633.227	793555.436	3053.85	R
462	9214625.968	793563.555	3053.52	R
463	9214627.476	793566.134	3054.67	R
464	9214629.561	793570.195	3053.91	R

465	9214635.486	793582.815	3053.66	R
466	9214646.867	793595.315	3053.89	R
467	9214641.809	793608.419	3053.79	R
468	9214632.563	793615.527	3053.27	R
469	9214604.555	793585.168	3054.44	R
470	9214624.881	793582.982	3053.63	R
471	9214619.56	793581.749	3053.86	R
472	9214618.593	793580.474	3054.3	R
473	9214604.613	793584.853	3052.41	R
474	9214615.636	793578.901	3053.05	R
475	9214610.663	793584.35	3054.55	R
476	9214610.519	793584.16	3052.86	R
477	9214619.587	793572.24	3053.3	R
478	9214620.907	793573.391	3053.67	R
479	9214614.953	793583.367	3054	R
480	9214614.655	793582.561	3053.98	R
481	9214612.984	793581.337	3052.89	R
482	9214611.109	793585.13	3053.71	R
483	9214609.729	793586.993	3053.19	R
484	9214606.493	793585.761	3053.62	R
485	9214605.334	793587.919	3053.16	R
487	9214599.961	793586.399	3053.3	R
488	9214601.804	793596.182	3052.76	R
489	9214593.564	793575.036	3053.08	R
490	9214593.522	793582.58	3053.09	R
491	9214593.797	793581.506	3052.23	R
492	9214593.227	793575.941	3052.21	R
493	9214580.369	793572.631	3052.1	R
494	9214580.579	793571.915	3052.95	R
495	9214581.2	793578.357	3053.05	R
496	9214581.81	793577.259	3052.12	R
497	9214566.207	793571.71	3053.14	R
499	9214575.382	793579.906	3052.375	R

500	9214574.771	793579.298	3051.83	R
501	9214575.781	793584.73	3051.95	R
502	9214575.129	793585.007	3051.79	R
503	9214579.189	793591.675	3051.96	R
504	9214558.894	793600.655	3051.98	E13
505	9214547.871	793604.792	3051.58	E14
506	9214541.305	793614.616	3051.98	R
508	9214578.331	793592.076	3051.3	R
510	9214583.683	793598.641	3051.64	R
511	9214567.501	793572.84	3051.83	R
512	9214582.213	793598.546	3051.26	R
513	9214573.159	793571.138	3051.945	R
514	9214587.439	793608.96	3051.1	R
515	9214574.479	793567.088	3053.48	R
516	9214586.028	793609.262	3051.75	R
517	9214588.208	793615.453	3051.8	R
518	9214573.62	793573.445	3051.83	R
519	9214586.515	793618.74	3051.63	R
520	9214577.18	793570.935	3052.05	R
521	9214577.912	793569.96	3052.98	R
522	9214568.475	793556.038	3053.08	R
523	9214584.744	793618.095	3050.79	R
524	9214544.063	793558.977	3052.63	R
525	9214585.739	793614.74	3050.81	R
526	9214524.618	793598.435	3051.55	R
527	9214590.502	793618.004	3051.69	R
528	9214597.533	793620.288	3051.63	R
529	9214564.801	793581.765	3052.47	R
530	9214606.428	793622.981	3051.9	R
531	9214565.464	793581.778	3051.8	R
532	9214567.882	793591.892	3052.09	R
533	9214590.129	793636.337	3051.22	R
534	9214568.85	793591.542	3051.73	R

535	9214571.823	793600.322	3051.88	R
536	9214572.742	793599.153	3051.82	R
537	9214574.158	793625.951	3051.31	R
538	9214573.503	793624.644	3050.25	R
539	9214575.702	793598.059	3051.27	R
540	9214580.134	793610.261	3051.902	R
541	9214562.964	793628.826	3051.01	R
542	9214562.717	793628.172	3050	R
543	9214581.529	793609.721	3051.1	R
544	9214584.835	793609.875	3051.05	R
545	9214554.848	793630.009	3050.69	R
546	9214581.03	793612.873	3051.31	R
547	9214554.251	793628.808	3049.8	R
548	9214582.74	793613.206	3050.85	R
549	9214577.975	793615.692	3051.11	R
550	9214540.673	793628.476	3050.68	R
551	9214540.643	793627.927	3049.55	R
552	9214578.851	793617.003	3050.69	R
553	9214573.877	793620.102	3050.423	R
554	9214530.484	793628.68	3049.23	R
555	9214535.394	793628.579	3050.46	R
556	9214573.226	793617.977	3052.49	R
557	9214561.646	793621.462	3050.71	R
558	9214528.273	793629.624	3049.18	R
559	9214530.955	793629.587	3050.22	R
560	9214562.905	793623.236	3050.12	R
561	9214557.558	793616.461	3051.18	R
562	9214535.056	793636.297	3050.05	R
563	9214549.547	793618.127	3051.14	R
564	9214537.852	793640.478	3050.12	R
565	9214552.932	793623.83	3050.48	R
566	9214553.114	793625.25	3049.78	R
567	9214542.32	793621.932	3050.5	R

568	9214526.099	793631.895	3049.15	R
569	9214541.69	793624.062	3049.67	R
570	9214533.673	793622.43	3050.13	R
571	9214533.994	793623.55	3049.44	R
572	9214531.862	793617.437	3050.64	R
573	9214525.911	793624.78	3050.26	R
574	9214525.781	793625.762	3049.16	R
575	9214520.15	793625.954	3050.64	R
576	9214477.96	793654.788	3049.98	E15
577	9214453.304	793670.858	3049.07	R16
578	9214507.467	793656.076	3049.07	R
579	9214566.75	793645.589	3050.93	R
580	9214557.256	793655.542	3051.04	R
581	9214545.52	793647.469	3050.05	R
583	9214534.121	793648.585	3049.8	R
584	9214522.531	793627.558	3049.12	R
585	9214526.798	793632.804	3049.82	R
586	9214526.397	793632.274	3049.73	R
587	9214516.061	793634.635	3050.38	R
588	9214518.641	793636.669	3049.07	R
589	9214522.473	793639.222	3049.58	R
590	9214522.093	793639.099	3049.02	R
591	9214516.929	793646.97	3049.8	R
592	9214523.208	793646.558	3049.58	R
593	9214521.502	793647.113	3048.66	R
594	9214517.748	793646.748	3048.85	R
595	9214528.357	793654.341	3048.59	R
596	9214526.969	793654.701	3048.37	R
597	9214524.12	793657.621	3049.42	R
598	9214533.174	793661.846	3048.68	R
599	9214525	793656.887	3048.37	R
600	9214532.685	793661.871	3048.208	R
601	9214528.283	793662.707	3048.83	R

602	9214535.779	793667.986	3049.16	R
603	9214529.051	793662.372	3048.214	R
604	9214527.92	793665.34	3048.81	R
605	9214534.847	793667.852	3048.09	R
606	9214530.314	793665.309	3048.11	R
607	9214530.02	793674.569	3049.5	R
608	9214523.821	793666.054	3049.08	R
609	9214529.771	793673.689	3048.01	R
610	9214529.437	793667.768	3048.05	R
611	9214511.934	793675.314	3048.59	R
612	9214509.519	793669.983	3048.46	R
613	9214511.579	793673.545	3047.8	R
614	9214510.014	793670.449	3047.87	R
615	9214523.075	793686.6	3048.68	R
616	9214497.142	793671.59	3048.35	R
617	9214530.418	793691.709	3048.57	R
618	9214497.558	793672.493	3047.53	R
619	9214504.098	793676.607	3048.41	R
620	9214504.046	793675.598	3047.79	R
621	9214486.753	793673.366	3048.09	R
622	9214488.127	793678.14	3047.84	R
623	9214487.825	793677.841	3047.4	R
624	9214487.005	793674.511	3047.46	R
625	9214484.545	793668.15	3048.5	R
626	9214483.564	793666.206	3049.2	R
627	9214493.287	793688.047	3047.69	R
628	9214478.921	793668.292	3049.22	R
629	9214483.838	793679.851	3047.92	R
630	9214480.167	793670.018	3048.54	R
631	9214483.427	793679.569	3047.27	R
632	9214482.306	793674.827	3047.28	R
633	9214481.963	793674.24	3048	R
634	9214483.049	793681.02	3047.1	R



635	9214484.051	793680.728	3047.99	R
636	9214478.515	793674.677	3048.37	R
637	9214478.941	793675.449	3048.15	R
638	9214479.37	793675.98	3047.07	R
639	9214476.23	793677.909	3048.57	R
640	9214477.595	793678.633	3047.06	R
641	9214484.521	793681.406	3047.9	R
642	9214483.396	793681.948	3046.95	R
643	9214477.403	793683.94	3048.53	R
644	9214478.433	793683.766	3046.95	R
645	9214490.012	793686.557	3047.27	R
646	9214486.286	793690.253	3047.76	R
647	9214489.615	793686.896	3046.62	R
648	9214486.947	793689.534	3046.7	R
649	9214491.968	793695.26	3047.57	R
650	9214494.804	793691.049	3047.599	R
651	9214492.868	793694.534	3046.43	R
652	9214494.369	793691.268	3046.56	R
653	9214494.96	793701.071	3046.41	R
654	9214497.773	793700.929	3046.42	R
655	9214499.695	793707.129	3047.61	R
656	9214492.17	793702.424	3047.33	R
657	9214492.014	793703.748	3046.25	R
658	9214499.039	793706.887	3046.64	R
659	9214497.454	793710.989	3047.78	R
660	9214495.887	793710.609	3046.2	R
661	9214478.71	793704.157	3047.39	R
662	9214479.094	793706.19	3046.25	R
663	9214481.359	793714.898	3046.25	R
664	9214481.826	793716.784	3047.127	R
665	9214470.442	793707.577	3046.24	R
666	9214471.996	793713.612	3045.94	R
667	9214470.944	793708.845	3045.91	R

668	9214472.374	793715.741	3046.75	R
669	9214483.052	793726.619	3047.43	R
670	9214496.248	793711.646	3047.83	R
671	9214458.963	793707.727	3046.66	R
672	9214505.508	793727.576	3047.54	R
673	9214458.683	793709.209	3046	R
674	9214452.672	793707.926	3046.49	R
675	9214469.266	793736.826	3046.75	R
676	9214452.036	793709.275	3045.46	R
677	9214458.216	793722.508	3047.16	R
678	9214460.044	793715.549	3046.1	R
680	9214443.24	793706.415	3047.45	R
681	9214448.759	793713.91	3046.32	R
682	9214448.942	793712.825	3045.41	R
683	9214443.029	793708.937	3045.3	R
684	9214436.306	793710.057	3047.51	R
685	9214437.39	793711.114	3045.22	R
686	9214442.982	793714.304	3046.1	R
687	9214442.431	793713.33	3045.2	R
688	9214441.084	793717.122	3046	R
689	9214433.421	793713.502	3047.23	R
690	9214416.173	793697.343	3047.34	R
691	9214402.999	793677.703	3047.71	R
692	9214386.49	793767.452	3044.53	E17
693	9214376.956	793763.252	3044.23	E18
694	9214387.3	793762.101	3044.54	R
696	9214440.559	793716.733	3046	R
697	9214440.047	793716.309	3045.15	R
699	9214434.013	793713.662	3045.18	R
700	9214444.111	793724.76	3046.06	R
701	9214443.21	793725.115	3044.71	R
702	9214441.956	793735.853	3045.37	R
703	9214441.285	793735.991	3044.37	R

704	9214434.547	793722.105	3046.27	R
705	9214436.59	793721.227	3044.91	R
706	9214440.71	793743.663	3045.85	R
708	9214439.271	793744.137	3044.19	R
710	9214439.006	793750.532	3045.71	R
711	9214433.929	793733.09	3045.9	R
712	9214438.172	793750.361	3044.01	R
713	9214434.901	793733.652	3044.39	R
714	9214433.008	793743.918	3045.5	R
715	9214432.103	793762.647	3045.69	R
716	9214434.558	793743.842	3044.12	R
717	9214431.732	793761.8	3043.84	R
718	9214429.615	793756.757	3045	R
719	9214430.398	793758.623	3043.98	R
720	9214425.633	793773.232	3045.68	R
721	9214425.078	793773.053	3043.8	R
722	9214420.381	793770.91	3044.759	R
723	9214420.944	793771.985	3043.78	R
724	9214416.282	793781.843	3045.12	R
725	9214415.902	793781.71	3043.5	R
726	9214412.85	793778.429	3044.47	R
727	9214413.281	793778.849	3043.42	R
728	9214400.345	793786.449	3044.59	R
729	9214400.013	793785.513	3043.12	R
730	9214399.354	793781.49	3044.16	R
731	9214399.453	793782.455	3043.09	R
733	9214384.289	793784.061	3044.25	R
734	9214384.199	793783.506	3042.61	R
735	9214384.312	793779.759	3044.06	R
736	9214384.128	793780.825	3042.61	R
737	9214374.455	793786.283	3042.75	R
738	9214374.316	793785.477	3042.51	R
739	9214373.19	793782.369	3043.77	R

740	9214373.471	793782.94	3042.54	R
741	9214409.952	793800.422	3045.41	R
742	9214384.767	793733.416	3045.01	R
743	9214433.101	793819.349	3047.48	R
744	9214386.245	793703.474	3046.45	R
745	9214460.809	793805.434	3047.79	R
746	9214356.493	793714.184	3045.25	R
747	9214276.289	793787.776	3041.83	E19
748	9214264.265	793790.531	3041.03	E20
749	9214353.636	793795.963	3044.797	R
750	9214353.447	793795.23	3042.34	R
751	9214344.142	793791.237	3043.77	R
752	9214344.481	793790.698	3042.19	R
755	9214336.367	793782.228	3042.95	R
756	9214336.981	793781.861	3042.09	R
757	9214320.88	793744.013	3042.72	R
758	9214331.82	793770.805	3042.57	R
759	9214332.351	793770.673	3041.81	R
760	9214321.234	793745.041	3041.42	R
761	9214328.303	793757.669	3042.15	R
762	9214329.168	793757.707	3041.67	R
763	9214327.032	793746.06	3042.67	R
764	9214324.523	793752.983	3041.94	R
765	9214324.823	793751.378	3041.51	R
766	9214327.226	793747.379	3041.51	R
767	9214330.866	793752.994	3042.39	R
768	9214321.609	793755.33	3042.26	R
769	9214330.322	793753.795	3041.58	R
770	9214320.682	793755.407	3041.01	R
771	9214320.9	793763.351	3042.11	R
772	9214335.323	793763.863	3042.74	R
773	9214320.271	793763.106	3040.75	R
774	9214334.022	793763.896	3041.7	R

775	9214337.333	793771.078	3042.79	R
776	9214336.488	793771.46	3041.95	R
777	9214342.013	793779.456	3043.08	R
778	9214340.995	793779.809	3042.11	R
779	9214347.516	793786.17	3043.29	R
780	9214346.667	793786.361	3042.18	R
781	9214352.34	793789.846	3043.39	R
782	9214352.131	793791.029	3042.31	R
783	9214360.853	793788.044	3042.41	R
784	9214360.948	793790.812	3042.43	R
785	9214320.547	793769.556	3041.76	R
786	9214319.922	793769.36	3040.71	R
787	9214260.398	793751.187	3043.25	R
788	9214323.145	793781.006	3042.59	R
789	9214290.516	793736.631	3043.81	R
790	9214322.111	793781.12	3040.4	R
791	9214315.464	793749.734	3043.34	R
792	9214325.254	793791.282	3042.43	R
793	9214316.808	793750.571	3041	R
794	9214324.246	793791.063	3039.95	R
795	9214310.042	793761.347	3042.94	R
796	9214311.687	793761.684	3040.78	R
797	9214325.883	793807.173	3042.62	R
798	9214325.329	793806.495	3039.74	R
799	9214312.111	793772.237	3042.1	R
800	9214313.324	793772.234	3040.7	R
801	9214354.013	793830.75	3044.69	R
802	9214312.562	793780.646	3041.81	R
803	9214313.644	793780.212	3040.45	R
804	9214317.64	793812.95	3041.09	R
805	9214317.014	793812.313	3039.51	R
806	9214315.776	793790.536	3041.55	R
807	9214311.26	793812.036	3039.5	R

808	9214317.04	793790.125	3040	R
809	9214304.003	793827.49	3040.98	R
810	9214320.248	793800.25	3041.06	R
811	9214321.645	793800.543	3039.8	R
812	9214295.357	793808.958	3040.23	R
813	9214320.246	793805.662	3040.83	R
814	9214320.827	793806.573	3039.68	R
815	9214295.152	793807.713	3039.11	R
816	9214311.854	793806.898	3040.45	R
817	9214311.783	793808.146	3039.45	R
818	9214282.033	793807.527	3040.07	R
819	9214294.67	793801.851	3041.17	R
820	9214294.671	793802.843	3039.1	R
822	9214281.837	793806.619	3039.14	R
823	9214280.565	793800.885	3041.35	R
824	9214262.434	793810.904	3039.75	R
826	9214262.387	793810.105	3038.81	R
827	9214280.599	793803.128	3039.11	R
828	9214252.646	793832.026	3039.36	R
829	9214269.914	793801.805	3041.18	R
830	9214249.229	793812.867	3039.71	R
831	9214269.618	793803.142	3038.9	R
832	9214249.188	793811.992	3038.4	R
833	9214249.086	793806.455	3039.89	R
834	9214235.093	793813.078	3039.26	R
835	9214248.986	793808.134	3038.4	R
836	9214234.825	793812.128	3038.31	R
837	9214226.884	793818.911	3038.99	R
838	9214225.753	793819.353	3038.2	R
839	9214234.672	793807.105	3039.89	R
840	9214232.962	793827.629	3038.87	R
841	9214232.586	793828.408	3037.92	R
842	9214240.799	793838.949	3038.91	R

843	9214240.469	793839.374	3037.62	R
844	9214235.234	793808.94	3038.31	R
845	9214243.588	793849.477	3038.77	R
846	9214243.073	793849.574	3037.51	R
847	9214224.859	793810.363	3040.9	R
848	9214226.014	793811.925	3038.28	R
851	9214222.423	793821.155	3040.37	R
852	9214241.071	793858.018	3038.82	R
853	9214223.023	793821.132	3038.12	R
854	9214228.495	793832.509	3039.42	MURO
855	9214229.51	793831.927	3037.92	MURO
856	9214232.058	793837.77	3039.35	MURO
857	9214233.057	793836.946	3037.83	MURO
858	9214236.945	793844.223	3039.16	MURO
859	9214237.639	793843.957	3037.58	MURO
860	9214238.306	793853.048	3039.13	MURO
861	9214239.156	793853.112	3037.46	MURO
862	9214235.386	793862.87	3038.81	MURO
863	9214236.229	793863.217	3037.38	MURO
864	9214179.89	793858.645	3039.35	E21
865	9214183.652	793851.117	3039.51	E22
866	9214179.419	793850.107	3039.48	R
868	9214179.428	793814.074	3040.88	R
869	9214240.707	793857.984	3037.41	R
870	9214207.821	793851.634	3039.5	R
871	9214260.627	793840.448	3040.36	R
872	9214234.89	793868.747	3038.54	R
873	9214240.447	793870.605	3038.35	R
874	9214236.152	793869.428	3037.3	R
875	9214239.799	793870.651	3037.28	R
876	9214236.165	793876.335	3038.31	R
877	9214240.052	793878.674	3038.32	R
878	9214236.697	793876.207	3037.25	R

879	9214239.059	793878.384	3037.21	R
880	9214235.121	793887.53	3037.95	R
881	9214233.688	793882.347	3038.36	R
882	9214234.898	793887.073	3037.16	R
883	9214234.275	793883.288	3037.18	R
884	9214228.754	793890.6	3038.3	R
885	9214228.523	793890.316	3037.12	R
886	9214226.306	793885.812	3038.25	R
887	9214227.048	793887.775	3037.09	R
888	9214219.003	793890.656	3038.53	R
889	9214219.159	793889.893	3037.31	R
890	9214218.213	793883.534	3037.88	R
891	9214202.572	793885.615	3037.21	R
892	9214204.001	793882.268	3037.21	R
893	9214217.09	793885.64	3037.25	R
894	9214198.547	793872.66	3039.95	R
896	9214197.932	793873.313	3036.85	R
897	9214222.555	793910.172	3038.85	R
899	9214197.284	793860.328	3038.4	R
900	9214256.519	793907.612	3039.97	R
901	9214193.14	793869.116	3037.47	R
902	9214192.901	793870.537	3036.61	R
903	9214193.635	793875.604	3036.69	R
905	9214187.198	793874.764	3037.59	R
907	9214186.949	793873.396	3036.46	R
908	9214182.195	793879.103	3036.95	R
909	9214181.779	793878.497	3036.26	R
910	9214185.317	793868.092	3038.98	R
911	9214178.923	793888.159	3036.7	R
912	9214186.138	793870.459	3036.39	R
913	9214178.253	793888.468	3036.11	R
914	9214187.825	793897.819	3036.74	R
915	9214180.896	793873.271	3036.26	R



916	9214186.861	793898.78	3035.69	R
917	9214180.275	793869.084	3039.21	R
918	9214195.052	793904.874	3037.32	R
919	9214194.098	793905.771	3035.52	R
920	9214170.657	793874.775	3038.66	R
921	9214174.549	793877.604	3036.76	R
922	9214174.713	793877.934	3036.18	R
923	9214202.37	793915.182	3037.8	R
924	9214171.131	793884.881	3041.09	R
925	9214172.537	793885.217	3036.63	R
926	9214200.968	793915.699	3035.47	R
927	9214173.932	793891.554	3037.06	R
928	9214174.536	793891.02	3036.1	R
929	9214206.293	793928.293	3037.88	R
930	9214205.074	793928.314	3035.34	R
931	9214182.345	793902.642	3036.53	R
932	9214182.948	793900.985	3035.65	R
933	9214204.693	793940.083	3037.81	R
934	9214209.467	793953.847	3038.26	R
935	9214191.83	793913.302	3036.22	R
936	9214193.274	793912.196	3035.51	R
937	9214195.617	793954.898	3037.53	R
938	9214188.631	793954.786	3036.77	R
939	9214188.544	793950.881	3035.36	R
940	9214197.714	793917.072	3035.477	R
941	9214196.075	793919.114	3036.08	R
942	9214162.965	793947.349	3035.09	E23
943	9214156.902	793948.635	3034.09	E24
944	9214157.926	793951.188	3034.85	R
945	9214161.822	793939.921	3034.18	R
946	9214161.668	793937.486	3035.03	R
947	9214203.543	793932.977	3035.28	R
948	9214160.161	793928.892	3036.35	R

949	9214195.053	793946.868	3035.22	R
950	9214168.489	793912.446	3037.07	R
951	9214171.876	793912.975	3036.29	R
952	9214185.737	793953.349	3035.6	R
953	9214185.643	793951.271	3034.9	R
954	9214143.038	793892.17	3037.64	R
955	9214191.807	793972.415	3035.94	R
956	9214188.44	793982.661	3035.46	R
957	9214191.671	793988.586	3037.52	R
958	9214197.548	793928.633	3035.85	R
959	9214199.263	793930.325	3035.28	R
960	9214157.798	794014.709	3036.21	R
961	9214157.84	794003.658	3034.74	R
962	9214183	793936.742	3035.28	R
963	9214183.259	793937.566	3034.89	R
964	9214143.466	793968.514	3034.94	R
965	9214134.59	793961.319	3033.76	R
966	9214134.043	793961.097	3033.63	R
967	9214171.062	793939.17	3034.93	R
968	9214171.174	793940.876	3034.52	R
969	9214144.532	793949.79	3034.25	R
970	9214143.774	793949.132	3033.79	R
971	9214151.212	793943.798	3034.09	R
972	9214152.274	793937.907	3033.99	R
973	9214150.669	793941.072	3034.55	R
974	9214151.3	793949.787	3034.57	R
975	9214159.981	793957.207	3034.94	R
976	9214143.054	793944.261	3033.81	R
977	9214170.169	793955.696	3035.32	R
978	9214142.429	793943.513	3034.37	R
979	9214166.662	793945.35	3034.74	R
980	9214166.618	793944.451	3034.27	R
981	9214137.14	793951.422	3033.75	R

982	9214136.048	793951.149	3034.17	R
983	9214132.72	793956.199	3033.72	R
984	9214130.908	793956.379	3034.19	R
985	9214130.613	793967.398	3033.84	R
986	9214129.8	793966.965	3033.41	R
987	9214125.374	793964.514	3033.32	R
988	9214124.123	793963.702	3034.06	R
989	9214118.481	793968.843	3033.95	R
990	9214122.466	793969.963	3033.01	R
991	9214122.887	793971.125	3033.45	R
993	9214118.906	793969.669	3032.89	E25
994	9214118.982	793974.105	3033.45	R
995	9214118.999	793973.502	3032.81	R
996	9214115.349	793970.264	3033.72	R
997	9214113.758	793975.802	3033.22	R
998	9214113.665	793975.458	3032.65	R
999	9214115.33	793971.82	3032.78	R
1000	9214106.101	793978.615	3032.25	R
1001	9214106.644	793980.08	3032.86	R
1002	9214116.664	793951.643	3035.14	R
1003	9214096.058	793987.482	3032.11	R
1004	9214095.429	793986.882	3031.68	R
1005	9214087.516	793934.77	3035.98	R
1006	9214102.554	793997.707	3033.61	R
1007	9214108.54	794011.034	3034.34	R
1008	9214106.551	793973.079	3033.61	R
1009	9214106.874	793974.009	3032.45	R
1013	9214089.343	793993.529	3031.33	R
1014	9214095.929	793995.063	3033.42	E26
1015	9214089.895	793993.69	3032.17	R
1016	9214095.479	793980.468	3032.65	R
1017	9214095.935	793980.997	3031.79	R
1019	9214088.786	793987.293	3032.92	R

1020	9214089.601	793988.448	3031.42	R
1021	9214082.681	793995.57	3032.51	R
1022	9214083.264	793990.265	3032.01	R
1023	9214082.737	793995.083	3031.15	R
1024	9214083.208	793991.582	3031.2	R
1025	9214079.771	793988.67	3032.5	R
1026	9214069.943	793987.278	3032.81	R
1027	9214079.383	793989.269	3031.01	R
1028	9214070.236	793986.685	3030.92	R
1029	9215013.155	793470.343	3064.4	R
1030	9215003.479	793442.753	3064	R
1031	9215019.872	793439.387	3065.8	R
1032	9215014.034	793442.678	3064.32	R
1033	9215050.106	793433.4	3066.65	R
1034	9215122.159	793442.786	3069.1	R
1035	9215108.083	793470.722	3068.95	R
1036	9215020.637	793478.526	3065.1	R
1037	9215017.498	793486.525	3065.2	R
1038	9215010.294	793484.995	3064.97	R
1039	9215110.708	793434.197	3068.57	R
1040	9215066.548	793445.614	3067.291	R
1041	9215046.891	793482.928	3067	R
1042	9214892.901	793480.369	3060.5	R
1043	9214821.214	793520.963	3058.21	R
1044	9214808.524	793548.386	3058.98	R
1045	9214770.294	793504.955	3060.52	R
1046	9214823.388	793485.437	3060.5	R
1047	9214758.895	793459.151	3060.52	R
1048	9214825.343	793431.909	3062.195	R
1049	9214697.564	793478.278	3060.52	R
1050	9214767.554	793483.652	3060.52	R
1051	9214796.857	793492.439	3061.12	R
1052	9214689.611	793546.451	3056.312	R

1053	9214609.612	793576.835	3054.2	R
1054	9214605.417	793577.661	3053.8	R
1055	9214535.254	793627.919	3049.51	R
1056	9214529.243	793631.059	3050.18	R
1057	9214493.333	793700.474	3047.32	R
1058	9214499.486	793700.311	3047.32	R
1059	9214459.76	793716.696	3047.27	R
1060	9214496.901	793709.965	3046.25	R
1061	9214360.768	793787.204	3043.71	R
1062	9214361.161	793791.929	3043	R
1063	9214350.237	793794.984	3043.85	R
1064	9214350.413	793794.641	3042.21	R
1065	9214311.047	793813.648	3040.65	R
1066	9214228.519	793815.898	3038.4	R
1067	9214228.035	793814.982	3038.29	R
1068	9214205.307	793880.218	3037.97	R
1069	9214201.537	793887.032	3037.69	R
1070	9214193.73	793876.702	3037.25	R
1071	9215149.85	793386.827	3070.98	R
1072	9215150.331	793388.328	3069.95	R
1073	9214072.752	793983.056	3032.54	R
1074	9214072.143	793983.603	3030.87	R
1075	9214063.982	793974.662	3030.71	R
1076	9214061.553	793977.398	3030.68	R
1077	9214064.703	793973.869	3032.83	R
1078	9214060.775	793977.962	3032.58	R
1079	9214053.444	793964.46	3030.62	R
1080	9214054.051	793963.392	3032.54	R
1081	9214051.047	793967.264	3030.55	R
1082	9214050.348	793968.212	3032.12	R
1083	9214042.308	793957.133	3030.41	R
1084	9214042.982	793956.212	3032	R
1085	9214041.039	793960.272	3030.38	R

1086	9214040.448	793961.287	3032.05	R
1087	9214030.309	793953.159	3030.1	R
1088	9214030.445	793951.514	3031.9	R
1089	9214030.103	793957.819	3030.16	R
1090	9214029.966	793960.149	3031.85	R
1091	9214018.561	793954.995	3029.89	R
1092	9214018.124	793953.892	3031.87	R
1093	9214019.789	793960.249	3029.79	R
1094	9214020.236	793963.156	3030.86	R
1095	9214011.079	793961.926	3029.68	R
1096	9214012.978	793965.951	3029.56	R
1097	9214013.982	793967.852	3030.8	R
1098	9214008.958	793959.467	3031.68	R
1099	9214003.272	793969.779	3029.42	R
1100	9214002.352	793968.504	3031.41	R
1101	9214006.25	793973.783	3029.6	R
1102	9214007.171	793974.899	3031.231	R
1104	9213996.689	793982.053	3029.15	R
1105	9213999.187	793984.15	3029.19	R
1106	9213999.793	793984.523	3031.103	R
1107	9213996.111	793981.463	3031.27	R
1108	9213995.249	793996.021	3028.97	R
1109	9213997.713	793995.866	3028.93	R
1110	9213998.527	793995.802	3030	R
1111	9213993.777	793996.142	3031.13	R
1112	9213998.201	794010.291	3028.75	R
1113	9213999.044	794010.169	3029.87	R
1114	9213995.611	794010.246	3028.69	R
1115	9213994.669	794010.482	3029.91	R
1116	9214000.888	794020.892	3028.46	R
1117	9214002.075	794020.843	3029.5	R
1118	9213998.12	794021.536	3028.62	R
1119	9213996.785	794022.426	3029.7	R

1120	9214002.677	794030.947	3028.32	R
1121	9213999.514	794031.264	3028.41	R
1122	9214003.705	794030.947	3029.23	R
1123	9213998.012	794031.264	3029.68	R
1124	9213998.605	794041.549	3028.11	R
1125	9213993.934	794038.467	3028.12	R
1126	9213999.454	794042.453	3029.1	R
1127	9213993.13	794037.253	3029.7	R
1128	9213984.82	794051.034	3028.09	R
1129	9213989.425	794055.644	3028.09	R
1130	9213982.058	794055.776	3028	R
1131	9213986.136	794059.332	3028	R
1132	9213990.503	794056.337	3029.8	R
1133	9213984.384	794050.714	3029.8	R
1134	9213981.237	794055.163	3029.8	R
1135	9213986.967	794060.17	3029.8	R
1136	9213968.288	794062.673	3027.87	R
1137	9213970.435	794066.371	3027.85	R
1138	9213971.965	794067.562	3029.6	R
1139	9213967.121	794061.011	3029.51	R
1140	9213955.334	794071.25	3027.56	R
1141	9213958.03	794074.284	3027.61	R
1142	9213958.96	794075.672	3029.43	R
1143	9213954.246	794069.705	3029.45	R
1144	9213941.854	794082.247	3027.12	R
1145	9213943.323	794084.966	3027.09	R
1146	9213944.187	794086.241	3029	R
1147	9213940.961	794080.004	3029.2	R
1148	9213926.393	794087.908	3026.7	R
1149	9213928.363	794091.226	3026.79	R
1150	9213929.169	794093.109	3028.96	R
1151	9213925.587	794085.936	3028.89	R
1152	9213916.57	794086.99	3026.52	R

1153	9213916.477	794086.097	3028.7	R
1154	9213916.944	794091.134	3026.58	R
1155	9213916.946	794091.656	3028.5	R
1156	9213907.964	794086.589	3026.5	R
1157	9213907.848	794085.952	3028.2	R
1158	9213910.243	794091.683	3026.45	R
1159	9213910.497	794092.018	3028.2	R
1180	9214035.787	793924.394	3032.45	R
1181	9213993.152	793939.103	3031.9	R
1182	9213976.577	793981.152	3031.56	R
1183	9213975.678	794028.878	3029.8	R
1184	9213944.412	794049.923	3029.78	R
1185	9213902.974	794048.44	3029.56	R
1186	9213945.292	794128.335	3028.96	R
1187	9213984.369	794112.427	3029.99	R
1188	9214019.144	794085.713	3029.56	R
1189	9214026.606	794042.403	3029.5	R
1190	9214038.681	793999.327	3032.9	R
1191	9214076.901	794039.407	3036.25	R
1192	9215011.619	793454.148	3064.35	R
1193	9214796.204	793461.113	3061.213	R
1194	9214216.72	793785.11	3041.972	R
1195	9214222.943	793816.239	3040.64	R
1196	9214223.938	793816.923	3038.23	R
1197	9215159.514	793425.403	3072.25	R
1198	9215148.718	793383.36	3071.5	R
1199	9215154.416	793403.158	3071.606	R
1200	9214722.818	793470.757	3060.52	R
1201	9214753.215	793512.49	3060.45	R
1202	9214718.647	793499.91	3058.15	R
1203	9214718.883	793555.975	3055.13	R
1204	9214711.336	793550.01	3055.12	R
1205	9214701.281	793557.611	3055.108	R



1206	9214696.303	793549.952	3055.01	R
1207	9214687.981	793554.946	3054.95	R
1208	9214580.477	793620.724	3050.69	R
1209	9214502.048	793618.676	3050.84	R
1210	9214298.221	793778.126	3041.81	R
1211	9214270.163	793808.313	3038.9	R
1212	9214270.52	793810.115	3040.07	R
1213	9214261.608	793804.056	3039.91	R
1214	9214261.884	793805.636	3038.81	R
1215	9214204.755	793828.207	3040.5	R
1216	9214197.55	793878.825	3036.85	R
1217	9214196.713	793880.762	3037.5	R

## Anexo 10. Panel fotográfico

### Fotografías de la cuenca Encañada



*Figura 28. Parte alta de la cuenca Encañada, donde se muestra poca cobertura vegetal.*



*Figura 29. Parte alta de la cuenca Encañada, donde se muestra cultivos.*



*Figura 30. Vista del tramo de estudio con áreas de Pastos, vegetación ligera y a la parte del fondo sin vegetación.*



*Figura 31. Vista del tramo de estudio con áreas de Pastos, vegetación ligera y a la parte del fondo sin vegetación.*

Fotografías del levantamiento topográfico



*Figura 32. BM1.*



*Figura 33. BM2*



*Figura 34. BM3*



*Figura 35. BM4.*



*Figura 36. BM5*



*Figura 37. BM6*



*Figura 38. BM7.*



*Figura 39. BM8*

Fotografías del tramo del río Encañada



*Figura 40. Vista del inicio del tramo del río Encañada en estudio*



*Figura 41. Sección típica del río, con presencia de material canto rodado*



*Figura 42. Llanuras del tramo en estudio, con presencia de cantos rodados*



*Figura 43.*  
*Socavación del tramo*  
*del río en estudio*



*Figura 44.* Tamo  
Inundado cerca al  
colegio José Carlos  
Mariátegui, diciembre  
2018



*Figura 45.* Tamo  
Inundado cerca al  
vivero municipal,  
diciembre 2018



## **Anexo 11. Planos**