

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ÁREAS DE INUNDACIÓN DE LA QUEBRADA PINDO, AL
CENTRO POBLADO PERICO, DISTRITO CHIRINOS,
PROVINCIA SAN IGNACIO-CAJAMARCA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

**Autor (es) : Bach. Juan Carlos Peña Villegas
Bach. Dilmer Núñez Guevara**

Asesor : Ing. Jimmy Gabriel Valdivia Guevara

JAÉN – PERÚ, ABRIL, 2020



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 15 de mayo del año 2020, siendo las 16:01 horas, se reunieron de manera virtual los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg Zadtih Nancy Garrido Campaña

Secretario: Mg Billy Alexis Cayatopa Calderón

Vocal: Ing Wilmer Rojas Pintado, para evaluar la Sustentación de:

() Trabajo de Investigación

(**X**) Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

ÁREAS DE INUNDACIÓN DE LA QUEBRADA PINDO, AL CENTRO POBLADO PERICO, DISTRITO CHIRINOS, PROVINCIA SAN IGNACIO- CAJAMARCA,

presentado por los Bachilleres **Juan Carlos Peña Villegas y Dilmer Núñez Guevara,** de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(**X**) Aprobar () Desaprobar (**X**) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (14) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ò menos | () |

Siendo las 17:05 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Presidente

Secretario

Vocal

ÍNDICE

RESUMEN	VII
ABSTRACT.....	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	1
1.3 HIPÓTESIS	2
1.4 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.4.1 Internacionales.	2
1.4.2 Nacionales.....	3
1.5 BASES TEÓRICAS	4
1.5.1 Hidrología.	4
1.5.2 Cuenca hidrográfica.	4
1.5.3 Parámetros geomorfológicos de la cuenca hidrográfica.	5
1.5.4 Precipitación.	5
1.5.5 Curvas Intensidad - Duración – Frecuencia.....	5
1.5.6 Periodo de retorno.....	6
1.5.7 Número de Curva CN.	6
1.5.8 Estadística en hidrología.....	8
1.5.9 Modelos de distribución.....	8
1.5.10 Estimación de caudales.	9
1.5.11 Metodologías para la estimación de caudales.....	9
1.5.12 Coeficiente de rugosidad (n).....	10
1.5.13 Modelamiento hidráulico en el software HEC-RAS.	11
1.5.14 Inundaciones.	12
1.5.15 Medidas de control de las inundaciones ribereña.	12
II. OBJETIVOS	13

2.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1 UBICACIÓN POLÍTICA	14
3.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	14
3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	15
3.4. MATERIALES Y EQUIPOS	16
3.5 DISEÑO METODOLÓGICO.....	16
IV. RESULTADOS	19
4.1 CUENCA HIDROGRÁFICA.....	19
4.1.1 Parámetros geomorfológicos de la cuenca hidrográfica	19
4.2 ANÁLISIS HIDROLÓGICO	27
4.2.1 Datos de precipitación máxima en 24 horas	27
4.2.2 Correlación Precipitación/Altitud de las estaciones en estudio	34
4.2.3 Estación Aerial Cuenca Pindo	36
4.3 ANÁLISIS PROBABILÍSTICO.....	37
4.4 INTENSIDAD DE LLUVIA	38
4.4.1 Número de curva (CN)	40
4.5 ESTIMACIÓN DE CAUDALES	43
4.6 SIMULACIÓN HIDRÁULICA	45
4.6.1 Coeficientes de rugosidad de Manning.....	46
4.6.2 Geometría del cauce en estudio.	48
4.6.3 Caudales máximos.	52
4.6.4 Nivel de agua en secciones críticas para los TR = 25, 50, 100 y 200 años. ..	52
V. DISCUSIÓN	62
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
6.1 CONCLUSIONES	64

6.2 RECOMENDACIONES.....	64
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $I_a = 0.2S$).....	7
Tabla 2. Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante la ecuación [6]11	
Tabla 3. Áreas según la altitud de la cuenca.....	20
Tabla 4. Área entre elevación media de dos contornos	22
Tabla 5. Áreas parciales y longitud acumulada para rectángulo equivalente.	23
Tabla 6. Índice de pendiente.....	24
Tabla 7. Perfil longitudinal del cauce de la quebrada.....	24
Tabla 8. Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación Jaén.....	27
Tabla 9. Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación Chirinos	28
Tabla 10. Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación San Ignacio.....	29
Tabla 11. Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación Jaén con datos completos. 31	
Tabla 12. Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación Chirinos con datos completos	32
Tabla 13. Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación San Ignacio con datos completos	33
Tabla 14. Precipitación total mensual – estación Chirinos.....	34
Tabla 15. Precipitación total mensual – estación Jaén y San Ignacio.....	34
Tabla 16. Resumen de precipitaciones mensuales de las estaciones en estudio.....	35
Tabla 17. Factor de corrección por altitud.....	36
Tabla 18. Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación Arial Cuenca Pindo.....	36
Tabla 19. Análisis probabilístico	37
Tabla 20. Tormenta de diseño en 24 horas	38
Tabla 21. Intensidades máximas (mm/h) – Estación Arial Cuenca Pindo.....	39
Tabla 22. Porcentaje de usos de suelo	40

Tabla 23. Comparativo de características de los suelos.....	41
Tabla 24. Grupos hidrológicos de suelo de la cuenca Pindo	42
Tabla 25. Cálculo del Número de Curva	43
Tabla 26. Precipitación Máxima Corregida Estación Arial Cuenca Pindo.....	44
Tabla 27. Intensidad de Precipitación Estación Arial Cuenca Pindo	44
Tabla 28. Coeficiente de Escorrentía Estación Arial Cuenca Pindo.....	45
Tabla 29. Caudales en diferentes tiempos de retorno Estación Arial Cuenca Pindo.....	45
Tabla 30. Coeficiente de Manning en el cauce de la quebrada Pindo	47
Tabla 31. Coeficiente de Manning para el margen izquierdo y derecho de la quebrada Pindo	47
Tabla 32. Resultados del modelamiento en HEC - RAS de la sección 700.	53
Tabla 33. Resultados del modelamiento en HEC-RAS sección 560.	54
Tabla 34. Resultados del modelamiento en HEC-RAS sección 540.	55
Tabla 35. Resultados del modelamiento en HEC-RAS sección 340.	57
Tabla 36. Resultado del modelamiento en HEC-RAS sección 260.....	58
Tabla 37. Resultado del modelamiento en HEC-RAS sección 60.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación política del proyecto.....	14
Figura 2. Ubicación geográfica del proyecto.....	15
Figura 3. Cuenca quebrada Pindo	19
Figura 4. Curva Hipsométrica.....	21
Figura 5. Histograma de Frecuencia de Altitudes.....	21
Figura 6. Rectángulo Equivalente.....	23
Figura 7. Perfil Longitudinal del Cuse.....	25
Figura 8. Causas de la quebrada Pindo	26
Figura 9. Tramo del cauce más largo de la quebrada Pindo	26
Figura 10. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas de la cuenca en estudio	27
Figura 11. Análisis de Regresión Polinomial de segundo grado	35
Figura 12. Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia. Quebrada Pindo	39

Figura 13. Usos de suelo - cuenca de la quebrada Pindo.....	40
Figura 14. Tipos de suelos	42
Figura 15. Valores de coeficientes de rugosidad de Manning ingresados en HEC - RAS	48
Figura 16. Tramo de la quebrada Pindo en estudio	49
Figura 17. Perfil longitudinal de la quebrada Pindo	50
Figura 18. Geometría del tramo en estudio de la quebrada Pindo	51
Figura 19. Datos de caudales ingresados en HEC-RAS	52
Figura 20. Sección 700 de la quebrada Pindo.....	52
Figura 21. Sección 560 de la quebrada Pindo.....	54
Figura 22. Sección 540 de la quebrada Pindo.....	55
Figura 23. Sección 340 de la quebrada Pindo.....	56
Figura 24. Sección 260 de la quebrada Pindo.....	58
Figura 25. Sección 60 de la quebrada Pindo.....	59
Figura 26. Vista 3D de las secciones transversales de la quebrada Pindo.....	61

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar el área de inundación ante una máxima avenida de la quebrada Pindo en la zona urbana del C.P Perico. Se realizó el estudio hidrológico, para lo cual se solicitó al SENAMHI información de precipitaciones máximas en 24 horas de tres estaciones meteorológicas más cercanas a la zona en estudio; para la estimación de los caudales de máxima avenida se empleó en Método Racional Modificado. También se hizo el levantamiento topográfico del tramo de la quebrada en estudio, la misma que se trabajó en el programa AutoCAD Civil 3D para luego ser exportada al programa HEC-.RAS, en el que se realizó el modelamiento Hidráulico para determinar las zonas o áreas de inundación en periodos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años. Como conclusión se obtuvo que el tramo de la quebrada Pindo, que recorre por la zona urbana del C. P. Perico, ante eventos de máximas avenidas, generarán caudales que sí ocasionarán áreas de inundación.

PALABRAS CLAVES: estudio hidrológico, modelamiento hidráulico, inundación, quebrada Pindo, caudal máximo.

ABSTRACT

The objective of this investigation is to determine the area of flooding before a maximum avenue of the Pindo gorge in the urban area of C.P Perico. The hydrological study was carried out, for which SENAMHI was requested information on maximum rainfall in 24 hours from three meteorological stations closest to the study area; For the maximum speed of the maximum avenue flows, the Modified Rational Method was used. The topographic survey of the section of the stream under study was also carried out, the same that was established in the AutoCAD Civil 3D program and then exported to the HEC-.RAS program, in which Hydraulic modeling was carried out to determine the zones or areas flood in return periods of 25, 50, 100 and 200 years. As a conclusion, the section of the Pindo gorge was obtained, which was registered in the urban area of C. P. Perico, in the event of maximum avenues, will generate flows that will cause flooding areas.

KEY WORDS: Hydrological study, hydraulic modeling, flooding, Pindo gorge, maximum flow.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMA

El centro poblado Perico está influenciado por el valle de la quebrada Pindo, la cual se desarrolla en una cuenca de extensión considerable, se caracteriza por su variabilidad en sus caudales, no llegando a secarse en tiempos de sequías y logrando alcanzar su caudal máximo en tiempos de lluvias que generalmente se da en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo.

A nivel nacional es común el problema de inundaciones debido a que no se toman las medidas preventivas y además a la falta de conciencia por parte de los pobladores que conociendo del peligro al que están expuestos no toman las precauciones del caso ya sea por falta de conocimiento o por falta de economía.

En este caso cuando la quebrada Pindo alcanza su caudal máximo en los meses más lluviosos, se puede observar que existen riesgos de inundación en la zona urbana del centro poblado Perico, hasta la actualidad no se cuenta con estudios realizados para el análisis de inundaciones en toda la zona de influencia, por lo que el problema se ve agravado al no existir ningún tipo de protección riverense, también se ha logrado identificar que actualmente existen viviendas rurales muy cercanas al cauce de la quebrada, por lo que estos habitantes se encuentran expuestos al peligro causado por inundaciones.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Esta investigación resultó muy conveniente puesto que se realizó el estudio hidrológico de la cuenca de la quebrada Pindo, por lo que se logró determinar el caudal de máximas avenidas y las áreas de inundación mediante el modelamiento en el software Hec-Ras, además se identificó los puntos críticos en los cuales ocurre el desborde de las aguas a la zona urbana del C.P Perico.

De especial influencia en la gravedad de las inundaciones en el Perú es la existencia de los fenómenos de El Niño y La Niña, ambos fenómenos de gran complejidad. Las inundaciones destruyen viviendas, hacen colapsar redes de alcantarillado, pozos y

captaciones de agua. Además el estancamiento de las aguas facilita la reproducción de insectos que transmiten la malaria, el paludismo, el dengue y otras enfermedades. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015).

Con los planos donde se representan las áreas inundables resultante de la investigación, se logró identificar las zonas inhabitables, por consiguiente resulta muy beneficioso para las instituciones que están dedicadas a la gestión de riesgos, por lo que la presente investigación se justifica porque contribuye al bienestar de la sociedad.

1.3 HIPÓTESIS

Ante eventos de máxima avenida, los caudales en distintos tiempos de retorno, llegarán a originar desbordes en la quebrada Pindo, causando áreas de inundación en la zona urbana del C. P. Perico.

1.4 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Internacionales.

Los autores Cruz, Gaspari, Rodríguez, Carrillo y Téllez, 2015, en su estudio realizado para la revista “Investigación y Ciencia” de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, analizaron la morfometría de la cuenca del río Cuale con información topográfica e hidrológica digitalizada, además verificaron la delimitación de la cuenca corrigiendo los detalles hidrológicos y topográficos y determinaron los parámetros morfométricos que explican los efectos dinámicos de su comportamiento hidrológico. Los resultados lo obtuvieron con los programas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) concluyendo que el área estudiada ante eventos pluviales se puede presentar avenidas hidrológicas de moderadas a lentas y que los riesgos de inundaciones asociados a esta cuenca son de mediana a baja intensidad.

(Aguilera, Sánchez, & Morassutti, 2015), Con la finalidad de realizar la canalización del cause del río Cúpira y la quebrada El Chivo, realizaron el estudio hidrológico empleando el método racional para calcular el caudal de diseño, además realizaron la simulación del cause del río y la quebrada mediante el uso del software HEC-RAS. Propusieron cinco alternativas de solución según su sección transversal y método constructivo, de acuerdo a la comparación entre cada una de las alternativas, definieron a la propuesta mediante el uso de muros de gaviones, como la alternativa más factible de acuerdo a la eficiencia hidráulica y desde el punto de vista económico.

(López & Pérez, 2015), del Departamento de Geografía de la universidad de Murcia evaluaron la pasividad negligente adquirida por las corporaciones locales y autonómicas en sus ámbitos de gestión ante los riesgos de inundación al no considerar los criterios e instrumentos legalmente establecidos, en definitiva, determinaron el nivel de riesgo establecido por las distintas administraciones al acrecentar la vulnerabilidad. Para su estimación han cotejado a través de un SIG los preceptos establecidos en los distintos instrumentos de ordenación territorial local junto con la cartografía de áreas inundables (SNCZI). Como resultado obtuvieron, por un lado, la ineludible exposición física ante los riesgos de inundación derivada de las características geográficas y climáticas del territorio y, por otro, el grado de incidencia de la componente humana como catalizador de la severidad de los fenómenos de inundación al no adoptar las medidas de ordenación territorial adecuadas.

(Wurl, Martínez, & Imaz, 2014), realizaron una investigación para el Boletín del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, en la que se realizó un diagnóstico del oasis La Purísima, con respecto a posibles inundaciones como consecuencia de lluvias extremas, lo cual incluye el análisis estadístico de la precipitación para la elaboración de un modelo hidrológico e hidráulico, con el fin de calcular el caudal máximo, el volumen y la frecuencia de crecidas en los cursos del arroyo Cadegomo, bajo diferentes escenarios de lluvias extremas. Finalmente elaboraron un mapa de peligro por inundación según los escenarios elaborados

1.4.2 Nacionales.

(Frisancho, 2015), en su tesis de posgrado mediante el análisis de frecuencias estimó las precipitaciones, intensidades o caudales máximos, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, logrando caracterizar e interpretar hidrológicamente el comportamiento de la cuenca hidrográfica del río Seco. Para la modelación interactuó con Sistemas de Información Geográfica (SIG) que es un sistema de soporte para el proceso simultáneo de datos espaciales, como es el Software ArcGIS 9.3, utilizando para ello el HEC-GeoRAS. La simulación le permitió identificar las zonas urbanas asentadas a lo largo del cauce del río Seco que son altamente vulnerables a los desbordes e inundaciones, así como determinar los límites de la faja marginal en el cauce del río en mención.

(Hernández, et al, 2016), en su investigación para la revista “Rev Perú Med Exp Salud Pública” con el objetivo de determinar la potencial vulnerabilidad de los establecimientos de salud públicos de cuatro regiones del norte del Perú ante los posibles efectos del fenómeno El Niño (ENSO), realizaron un análisis espacial exploratorio con los puntos georreferenciados de las zonas de riesgos por activación de quebradas, reportadas por la Autoridad Nacional del Agua, y los establecimientos de salud públicos del Ministerio de Salud. Para el procesamiento de datos y análisis espacial, se utilizó el software ArcGIS.

(Escarcena, 2014), en su tesis de grado determina las áreas vulnerables mediante la simulación de inundaciones con el software HEC – RAS en el río Camillaqui para la prevención de inundaciones en el Centro Poblado de Ancoamaya. La metodología que realizó inicia con los trabajos de topografía para obtener los puntos de seccionamiento del río, también obtuvo datos de estaciones meteorológicas del SENAMHI y determinó las máximas avenidas con el método estadístico de Gumbel. Con los resultados determinó que debido a que la topografía de la zona es una llanura, existe un desborde en todo el tramo del río en estudio para el tiempo de retorno de 50 años.

(Valdivia, 2014), en su tesis de grado con el objetivo de determinar las áreas inundables de la zona urbana de la ciudad de Jaén, realizó el estudio hidrológico de la cuenca del río Amojú para determinar los caudales a diferentes tiempos de retorno empleando el Método Racional Modificado, luego ejecutó la simulación hidráulica por medio de software HEC-RAS. Como resultado identificó tres puntos críticos del río en la que se produce el desborde de las aguas.

1.5 BASES TEÓRICAS

1.5.1 Hidrología.

La hidrología es la ciencia natural que estudia el 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, 2002)

El correcto conocimiento del comportamiento hidrológico de un río que tiene interacción con zonas urbanas es fundamental para poder establecer las áreas vulnerables a los eventos extremos, como puede ser la avenida de máximos caudales.

1.5.2 Cuenca hidrográfica.

La cuenca es aquella superficie en la cual el agua precipitada se transfiere a las partes topográficas bajas por medio del sistema de drenaje natural, concentrándose

generalmente en un colector que descarga a otras cuencas aledañas, o finalmente al océano. Según Gámes (2009), “es la zona del terreno en la que el agua, los sedimentos y los materiales disueltos drenan hacia un punto común de salida” (p.28). La delimitación sería la línea imaginaria que une los puntos de mayor altura entre dos laderas adyacentes pero opuestas conocida como línea divisoria de aguas o parteaguas.

1.5.3 Parámetros geomorfológicos de la cuenca hidrográfica.

Los parámetros morfológicos intentan reflejar las características de la cuenca en cuanto a su forma y la influencia en la respuesta a las precipitaciones. Se deduce a partir de la cartografía y se incluyen en los proyectos hidrológicos.

Fattorelli & Fernández (2011) considera que, los parámetros geomorfológicos básicos para establecer una afinidad hidrológica entre cuencas comparables son: área, perímetro, altura máxima, mínima y desnivel, índice de compacidad, radio de elongación, curva hipsométrica, curva de frecuencias altimétricas, altitud media, longitud del cauce principal, pendiente media del cauce principal, pendiente ponderada del cauce principal, rectángulo equivalente, índice de pendiente, pendiente, pendiente media total o pendiente neta total, coeficiente de masividad o de Martone, coeficiente orográfico.

1.5.4 Precipitación.

La precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como granizo y nevisca. La formación de precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense (Chow, Maidment, & Mays, 1994).

El conocimiento de las precipitaciones pluviales extremas y en consecuencia el dimensionamiento adecuado de las obras hidráulicas, garantizará su correcto funcionamiento y la seguridad de las poblaciones que se sitúan aguas abajo. El cálculo de las lluvias extremas, es muy importante para dimensionar el drenaje urbano, y así evacuar volúmenes de agua que podrían producir inundaciones.

1.5.5 Curvas Intensidad - Duración – Frecuencia.

“Son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno” (MTC,2011,p.27).

Las curvas de intensidad – duración – frecuencia, se han calculado mediante la siguiente relación:

$$I = \frac{KT^m}{t^n} \quad [1]$$

Donde:

I = Intensidad máxima. (mm/h)

K, m, n = factores característicos de la zona de estudio.

T = periodo de retorno en años.

t = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración. (min)

1.5.6 Periodo de retorno.

Es una representación usada comúnmente para presentar un estimativo de la probabilidad de ocurrencia de un evento determinado en un periodo determinado. El periodo de retorno es uno de los parámetros más significativos a ser tomado en cuenta en el momento de dimensionar una obra hidráulica destinada a soportar avenidas máximas.

Monsalve (1999) determina que, el periodo de retorno “es el tiempo promedio, en años, en que el valor de caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado por lo menos una vez” (p.226).

1.5.7 Número de Curva CN.

Se define un número adimensional de curva CN, tal que $0 \leq CN \leq 100$. Para superficies impermeables y superficies de agua $CN = 100$; para superficies naturales $CN < 100$.

Los números de curvas se aplican para condiciones antecedentes de humedad normales (AMC II). Para condiciones secas (AMC I) o condiciones húmedas (AMC III), los números de curva equivalentes pueden calcularse por (MTC, 2011, p.38):

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10-0.058CN(II)} \quad [2]$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10+0.13CN(II)} \quad [3]$$

Los números de curva han sido tabulados por el Soil Conservation Service con base en el tipo de suelo y el uso de la tierra. Se definen cuatro grupos de suelos:

Grupo A. Los suelos en este grupo tienen un bajo potencial de escurrimiento (tasas de alta infiltración) incluso cuando están completamente mojados. Consisten en arenas o gravas profundas, bien o excesivamente bien drenados. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua.

Grupo B: Los suelos en este grupo tienen tasas de infiltración moderadas cuando están completamente mojados y consisten principalmente en suelos moderadamente profundos a profundos, bien drenados a moderadamente bien drenados, con texturas moderadamente

finas a moderadamente gruesas. Estos suelos tienen una tasa moderada de transmisión de agua.

Grupo C: Los suelos tienen tasas de infiltración lentas cuando se mojan fuertemente y consisten en suelos con una capa que impide el movimiento descendente del agua, o suelos con textura moderadamente fina a fina. Estos suelos tienen una tasa baja de transmisión de agua.

Grupo D: Los suelos tienen un alto potencial de mono fusión (tasas de infiltración muy lentas) cuando está completamente mojado. Estos suelos consisten principalmente en suelos arcillosos con alto potencial de hinchamiento, suelos con una capa freática alta permanente, suelos con una capa de arcilla o capa de arcilla cerca de la superficie, y suelos poco profundos sobre material casi impermeable. Estos suelos tienen una tasa muy baja de transmisión de agua.

Tabla 1. Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, Ia = 0.2S)

Descripción de uso de la tierra	Grupo hidrológico del suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada: Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales: Condiciones pobres	68	79	86	89
Condiciones optimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: Condiciones optimas	30	58	71	78
Bosques: Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas	45	66	77	83
Cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.				
Óptimas condiciones: Cubierta de pasto en el 75% o más.	39	61	74	80
Condiciones aceptables: Cubierta de pasto en el 50% al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85%impermeable)	89	92	94	95
Distritos Industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Parqueadores pavimentados, techos, accesos, etc.	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89
Residencial:				
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable			
1/8 acre o menos	65	77	85	90

¼ acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
½ acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84

Fuente: (Soil Conservation Service, 1969)

1.5.8 Estadística en hidrología.

Según Aparicio (1992), “el diseño y la planeación de obras hidráulicas están siempre relacionadas con eventos hidrológicos futuros, por ejemplo, la avenida de diseño es un evento que tal vez no se ha presentado jamás, o al menos no en el periodo de datos disponible, pero que es necesario para determinar las dimensiones de la obra” (p.239).

El objetivo de la estadística es extraer la información esencial de un conjunto de datos, reduciendo un conjunto grande de números a uno pequeño. Las estadísticas son números calculados de una muestra los cuales resumen sus características más importantes.

1.5.9 Modelos de distribución.

Una distribución de probabilidad es una función que representa la probabilidad de ocurrencia de una variable aleatoria. Mediante el ajuste a una distribución de un conjunto de datos hidrológicos, una gran cantidad de información probabilística en la muestra puede resumirse en forma compacta en la función y en sus parámetros asociados (Chow, Maidment & Mays, 1994).

El análisis de frecuencias 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.

El MTC (2011) afirma que, en la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes funciones:

- Distribución Normal
- Distribución Log Normal 2 parámetros
- Distribución Log Normal 3 parámetros
- Distribución Gamma 2 parámetros
- Distribución Gamma 3 parámetros
- Distribución Log Pearson tipo III
- Distribución Gumbel
- Distribución Log Gumbel

1.5.10 Estimación de caudales.

El conocimiento de los caudales máximos de los ríos es de especial importancia para diseñar proyectos de aprovechamiento y/o control de caudales de crecida o avenidas, que pueden provocar desbordamientos e inundaciones.

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. Cuando no existen datos de aforo, se utilizan los datos de precipitación como datos de entrada a una cuenca y que producen un caudal (MTC, 2011).

1.5.11 Metodologías para la estimación de caudales.

A continuación se presenta algunas metodologías para la estimación de caudales:

1.5.11.1 Método Racional.

Este método requiere de datos pluviográficos para obtener escurrimientos máximos en una cuenca pequeña y se basa en la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Q = 0.278CIA \quad [4]$$

Donde:

Q: Descarga máxima de diseño (m³/s)

C: Coeficiente de escorrentía.

I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A: Área de la cuenca (km²)

1.5.11.2 Método Racional Modificado.

Según el MTC (2011), “permite estimar de forma sencilla caudales punta en cuencas de drenaje naturales con áreas menores de 770 km y con tiempos de concentración (Tc) de entre 0.25 y 24 h” (p.42), la fórmula es la siguiente:

$$Q = 0.278CIAK \quad [5]$$

Donde:

Q: Descarga máxima (m³/s)

C: Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce I.

I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A: Área de la cuenca (km²)

K: Coeficiente de uniformidad

1.5.11.3 Hidrograma unitario.

El método del hidrograma unitario es uno de los métodos utilizados en hidrología, para la determinación del caudal producido por una precipitación en una determinada cuenca hidrográfica.

Para Villón (2002), “el hidrograma unitario de una cuenca, se define como el hidrograma de escurrimiento debido a una precipitación con altura en exceso unitaria repartida uniformemente sobre la cuenca, con una intensidad constante durante un periodo específico de tiempo” (p.210).

1.5.12 Coeficiente de rugosidad (n).

Según Chow (2004), seleccionar un valor de n significa estimar la resistencia al flujo en un canal determinado, además, ya que no existe un método exacto resulta dificultoso para lograr definirlo. También propone cuatro enfoques generales con el fin de lograr una correcta determinación del coeficiente de rugosidad; éstos son:

1. Entender los factores que afectan el valor de n con el fin de adquirir el conocimiento básico del problema y disminuir el rango de incertidumbre.
2. Consultar una tabla de valores comunes de n para canales de diferentes tipos.
3. Examinar y familiarizarse con la apariencia de algunos canales comunes cuyos coeficientes de rugosidad se conocen.
4. Determinar el valor de n mediante un procedimiento analítico basado en la distribución de velocidades teóricas en la sección transversal de un canal y en los datos de medición de velocidad o de rugosidad.

A partir del reconocimiento de varios factores primordiales que afectan el coeficiente de rugosidad, Cowan desarrollo un procedimiento para estimar el valor de n mediante la siguiente ecuación:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m_5 \quad [6]$$

Donde n_0 es un valor básico para un canal recto, uniforme y liso en los materiales naturales involucrados, n_1 es un valor que se usa para corregir el efecto de las rugosidades superficiales, n_2 considera las variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del canal, n_3 considera las obstrucciones, n_4 considera la vegetación y las condiciones de flujo y m_5 es un factor de corrección de los efectos por meandros en el canal.

Tabla 2. Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante la ecuación [6]

Condiciones del canal		Valores
Material involucrado	Tierra	0.020
	Corte en roca	0.025
	Grava fina	0.024
	Grava gruesa	0.028
Grado de irregularidad	Suave	0.000
	Menor	0.005
	Moderado	0.010
	Severo	0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	0.000
	Ocasionalmente alternante	0.005
	Frecuentemente alternante	0.010 – 0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	0.000
	Menor	0.010 – 0.015
	Apreciable	0.020 – 0.030
	Severo	0.040 – 0.060
Vegetación	Baja	0.005 – 0.010
	Media	0.010 – 0.025
	Alta	0.025 – 0.050
	Muy alta	0.050 – 0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	1.000
	Apreciable	1.150
	Severo	1.300

Fuente: Hidráulica de canales abiertos (Chow, 2004)

1.5.13 Modelamiento hidráulico en el software HEC-RAS.

HEC-RAS, en un modelo que permite interactividad con el usuario y con otros programas como ARCGIS y Civil 3D, lo que facilita exportar o importar la geometría que el modelo requiere para la representación del cauce, su mayor aplicabilidad se da para la representación de los niveles de flujo y la variabilidad de estos ante diferentes tipos de caudales, es por eso que su mayor uso radica en la determinación de las manchas de inundación, además de los niveles de agua, muestra resultados de velocidad, esfuerzo cortante y número de Froude que dan una idea al modelador del comportamiento del cauce. (Múnera, 2013)

1.5.14 Inundaciones.

La inundación ocurre cuando las aguas de los ríos salen del lecho del escurrimiento y pasa a ocupar el espacio que la población utiliza para vivienda, transporte, recreación, comercio, industria, entre otros.

Los perjuicios ocurren debido a la falta de planeamiento del espacio y de conocimiento del riesgo de las áreas de inundaciones. Morelli (2007) encontró que, “Las inundaciones representan 50% de los desastres naturales relacionados con el agua, de los cuales 20% ocurren en América” (p.43).

Es importante distinguir entre la probabilidad de la ocurrencia de un evento meteorológico y de un evento de inundación. Las inundaciones son principalmente detonadas por eventos meteorológicos que son difíciles de predecir. Por esto, las predicciones de las inundaciones se dan como probabilidades usando datos históricos.

1.5.15 Medidas de control de las inundaciones ribereña.

Para Morelli (2007), “el control de la inundación es obtenido por una combinación de medidas estructurales y no estructurales que permite a la población ribereña minimizar sus pérdidas y mantener una convivencia armónica con el río” (p.52).

Las medidas estructurales incluyen las represas y reservorios, modificaciones a los canales de los ríos por otros más amplios, defensas ribereñas, depresiones para desbordamiento, cauces de alivio, obras de drenaje y el mantenimiento y limpieza de los mismos, para evitar que se obstruyan.

Las medidas no estructurales consisten en el control del uso de los terrenos aluviales mediante zonificación, los reglamentos para su uso, las ordenanzas sanitarias y de construcción y la reglamentación del uso de la tierra de las cuencas hidrográficas, a fin de no ocupar los cauces y terrenos aluviales de ríos.

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar el área de inundación en la zona urbana del C.P Perico, ante una máxima avenida de la quebrada Pindo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información cartográfica, topográfica e hidráulica de la zona de estudio.
- Determinar caudales de máxima avenida en periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 y 200 años.
- Modelación hidráulica para determinar el comportamiento hidráulico del cauce y las zonas o áreas de inundación que se producen en cada periodo de ocurrencia.
- Identificar las posibles zonas con riesgo de inundación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN POLÍTICA

La investigación se realizó a lo largo de la quebrada Pindo en la zona urbana del centro poblado San Pedro de Perico, distrito Chirinos, Provincia de San Ignacio, Región Cajamarca.

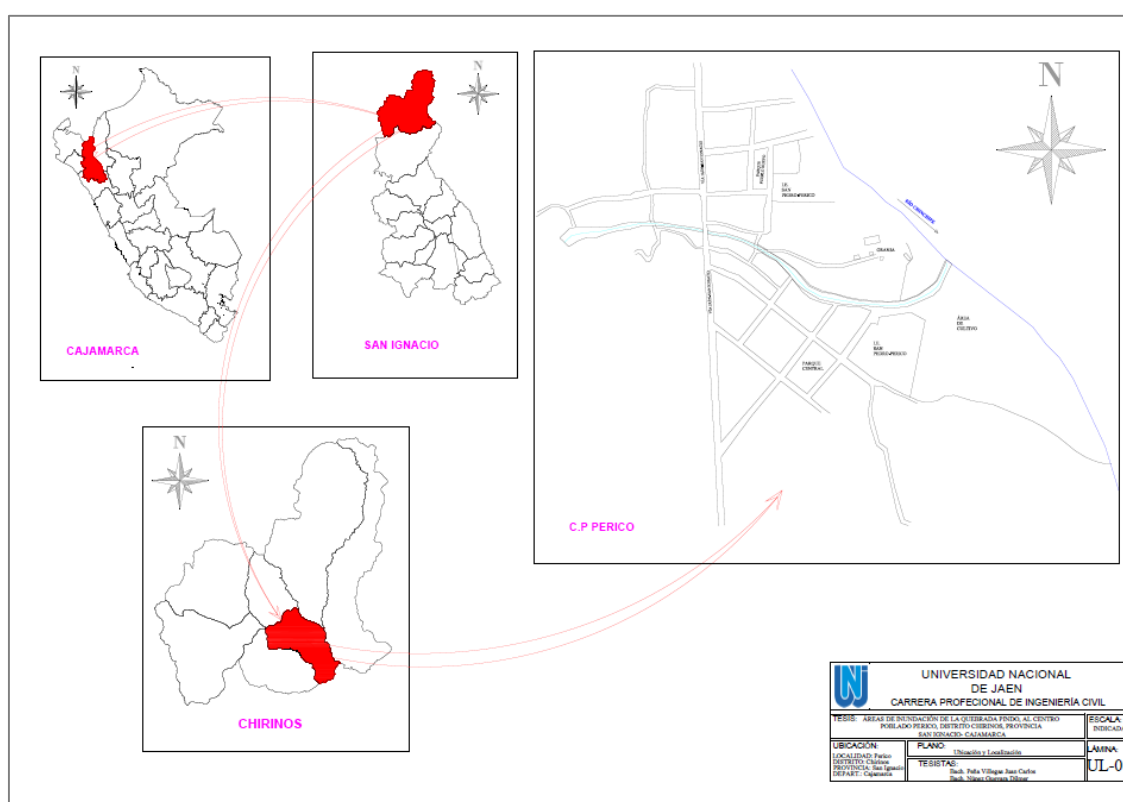


Figura 1. Ubicación política del proyecto

3.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El tramo de la quebrada en estudio está ubicado en las siguientes coordenadas UTM según Datum WGS-84, zona 17 S.

Punto de inicio: 743906.455 E – 9409219.454 N

Punto final: 744622.088 E – 9409151.912 N

para el cálculo de acuerdo al régimen de flujo y los controles existentes en el tramo. (Múnera, 2013)

3.4. MATERIALES Y EQUIPOS

Los materiales y equipos que se emplearon en la investigación son los siguientes:

a. Materiales

- Carta geográfica de la región Cajamarca.
- Registros de precipitaciones máximas en 24 horas.

b. Equipos

- Estación Total, incluido trípode y 02 prismas.
- GPS
- Cámara fotográfica
- Wincha (60m y 5m)

3.5 DISEÑO METODOLÓGICO

Se hizo un diagnóstico a lo largo del tramo urbano de la quebrada Pindo, donde se observó secciones angostas y que además no existe ningún tipo estructural de protección ribereña en toda la longitud de la quebrada, seguidamente se utilizó la carta nacional de Cajamarca, donde se ubicó la cuenca de la quebrada Pindo, la cual se delimitó teniendo en consideración las curvas de nivel y considerando el punto más bajo de la quebrada con la finalidad de incluir el tramo de la quebrada en estudio. Además se determinaron los parámetros geomorfológicos de la cuenca hidrográfica según el libro de “Hidrología Aplicada” de Ven Te Chow.

Luego se obtuvo la información pluviométrica de precipitaciones máximas en 24 horas (mm) de las estaciones meteorológicas que están más cercanas, que además tienen características topográficas y climatológicas semejantes al área de estudio, como son: la estación Jaén de Lat. 5° 40' 35.89", Long. 78° 46' 27.05" y Alt. 618 msnm; estación Chirinos de Lat. 5° 18' 30.59", Long. 78° 53' 51.32" y Alt. 1772 msnm y la estación San Ignacio de Lat. 5° 8' 42.49", Long. 78° 59' 42.44" y Alt. 1243 msnm, para estas tres estaciones se trabajó con datos de los años 1994 – 2018. La información de estas estaciones se obtuvieron a través de la Unidad de Atención al Ciudadano y Gestión Documental - UACGD del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI.

Se ha revisado detalladamente la información brindada con el fin de completar datos faltantes, logrando de esta manera completar datos en las tres estaciones para diferentes años

empleando el método de proporción normal. Luego con los datos completos de las tres estaciones meteorológicas se desarrolla una correlación Precipitación / Altitud, determinando que la estación chirinos es la que más se ajusta a la cuenca, obteniendo un factor de altitud aplicada a cada dato de precipitación máxima en 24 horas y de esta manera se obtiene una Estación Aerial de la Cuenca Pindo (Tabla 18).

Luego se calculó la precipitación máxima de cada año con lo que se realizó el análisis estadístico utilizando cuatro de las funciones de distribución de probabilidad teóricas recomendadas por el Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje: Distribución Normal, Distribución Log Normal 2 parámetros, Distribución Log Normal 3 parámetros y Distribución Gumbel; siendo estas las más utilizadas en los estudios, sin embargo cabe mencionar que también es recomendable utilizar las cuatro funciones siguientes: Distribución Log Normal, Distribución Gamma 2 parámetros, Distribución Gamma 3 parámetros y Distribución Log Pearson tipo III.

Se realizó la prueba de bondad de ajuste por medio de un análisis probabilístico de las distribuciones, de esta manera se elige la función Log Normal 3 parámetros por ser la de mejor ajuste; obteniendo así con esta función mediante un proceso estadístico las precipitaciones máximas para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 y 200 años; estas precipitaciones se utilizaron para construir las curvas IDF mediante el modelo Frederich Bell (1969), para duraciones de 5, 10, 20, 30 ... y 120 minutos y los diferentes periodos de retorno, mediante la ecuación [1] propuesta por Aparicio (1997) , aplicamos logaritmos a dicha ecuación y llegamos a un modelo de regresión lineal múltiple y hallamos los valores de **k**, **m** y **n** respetivamente, con las cuales hallaremos las intensidades para diferentes duraciones y tiempos de retorno (tabla 21) y de esta manera se grafica las curvas IDF (figura 12).

Seguidamente se calcula el Número Adimensional de Curva (CN), para ello primero se determinó los porcentajes de cada área según su uso de suelos, empleando las características de la tabla 1 y usando la vista satelital de Google Earth (ver figura 13), datos que fueron corroborados haciendo un recorrido por la cuenca de la quebrada Pindo; seguidamente se identificó los porcentajes de áreas que pertenecen a cada grupo hidrológico del suelo, trabajados a partir del mapa del tipo de suelos obtenido en base al estudio del Gobierno Regional de Cajamarca (2012) “Estudio de suelos y capacidad de uso mayor de las tierras departamento de Cajamarca” y aprobado por el Ministerio del Ambiente (MINAM), en base a este estudio se evaluaron las características que presenta cada tipo de suelo, y se clasificó

según los grupos hidrológicos del suelo tipo A, B, C y D del Soil Conservation Service, dicha clasificación se realizó mediante el comparativo descrito en la tabla 23.

Para terminar con el estudio hidrológico se determinó los caudales de la quebrada Pindo empleando el Método Racional Modificado, así mismo se determina el Tiempo de Concentración, Coeficiente de Uniformidad, Coeficiente de simultaneidad o Factor reductor, la Precipitación Máxima Corregida, Intensidad de Precipitación, Coeficiente de Escorrentía, una vez desarrollado y encontrado los resultados de las ecuaciones anteriores, aplicamos la Ec. [5], obteniendo resultados de caudales para los diferentes tiempos de retorno (tabla 29).

Luego se ha realizado la simulación hidráulica utilizando información topográfica e hidrológica, utilizando el software HEC – RAS, ingresando la topografía de la quebrada en estudio importada desde el software AutoCAD Civil 3D , para luego ingresar los caudales a tiempos de retorno : TR 25, TR50, TR100 y TR200, respectivamente (figura 19). Una vez ingresada dicha información se ejecuta el modelamiento, obteniendo como resultados los niveles máximos de agua en cada sección, finalmente se trabaja cada sección conjuntamente con el plano en planta del Centro Poblado Perico marcando las áreas de inundación tal como se muestra en los planos mostrados en anexos.

IV. RESULTADOS

4.1 CUENCA HIDROGRÁFICA

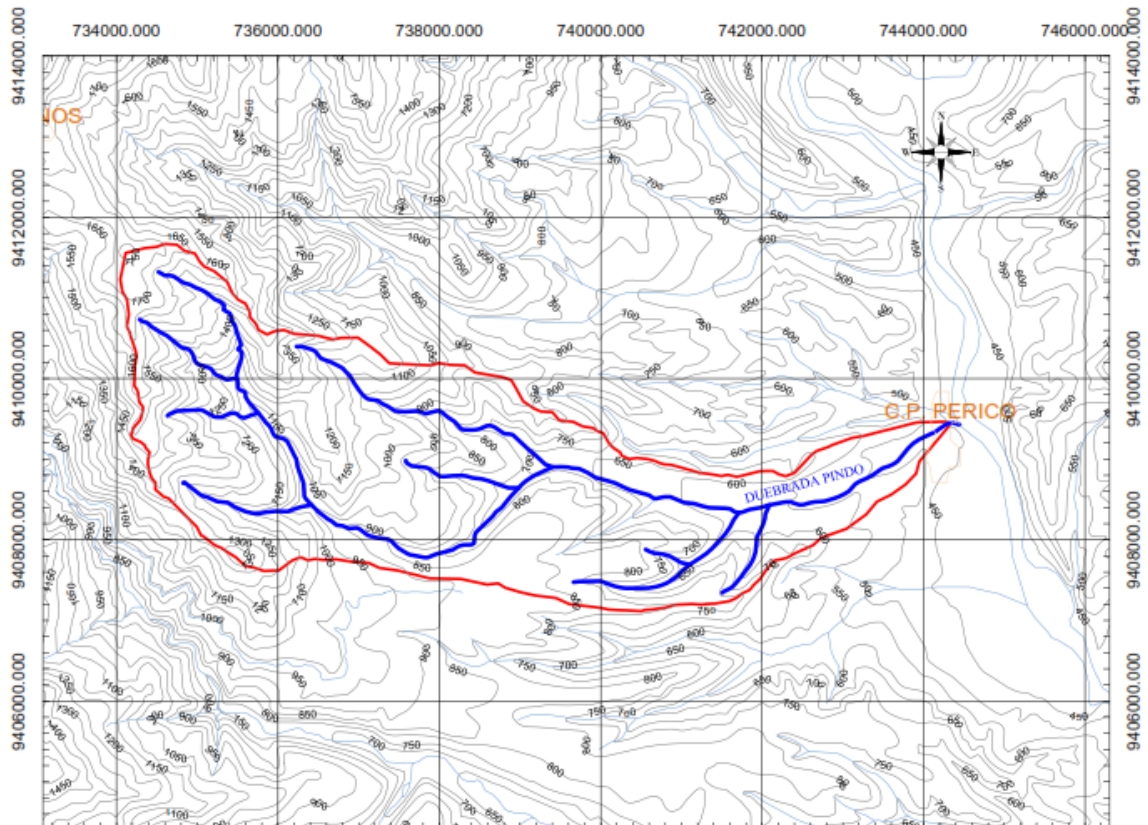


Figura 3. Cuenca quebrada Pindo

4.1.1 Parámetros geomorfológicos de la cuenca hidrográfica

4.1.1.1 Parámetros de forma

Área (A): 21.383 km²

Perímetro (P): 26.106 km

Ancho de la cuenca (B): 1983.98 m

Largo de la cuenca (L): 11795.188 m

Factor de forma (F):

$$F = \frac{B}{L} \quad [7]$$

$$F = 0.17$$

Coeficiente de Gravelius (k):

$$k = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad [8]$$

$$k = 1.58$$

4.1.1.2 Parámetros de relieve

4.1.1.2.1 Curva hipsométrica.

Tabla 3. Áreas según la altitud de la cuenca

Altitud (msnm)	Áreas Parciales (Km ²)	Áreas Acumuladas (Km ²)	Áreas que quedan sobre las altitudes (Km ²)	% del total	% del total que queda sobre la altitud
450	0.0000	0.0000	21.3782	0.0000	100.0000
550	1.1506	1.1506	20.2276	5.3823	94.6177
650	2.3139	3.4646	17.9136	10.8238	83.7939
750	2.0824	5.5470	15.8313	9.7407	74.0532
850	3.3284	8.8754	12.5028	15.5693	58.4839
950	2.7864	11.6619	9.7164	13.0340	45.4499
1050	1.5378	13.1996	8.1786	7.1932	38.2566
1150	1.7632	14.9628	6.4154	8.2476	30.0090
1250	1.9588	16.9216	4.4566	9.1625	20.8465
1350	1.4825	18.4041	2.9741	6.9346	13.9119
1450	1.0846	19.4887	1.8896	5.0732	8.8387
1550	0.8578	20.3465	1.0318	4.0124	4.8263
1650	0.6514	20.9978	0.3804	3.0470	1.7793
1750	0.3804	21.3782	0.0000	1.7793	0.0000
Suma	21.3782				

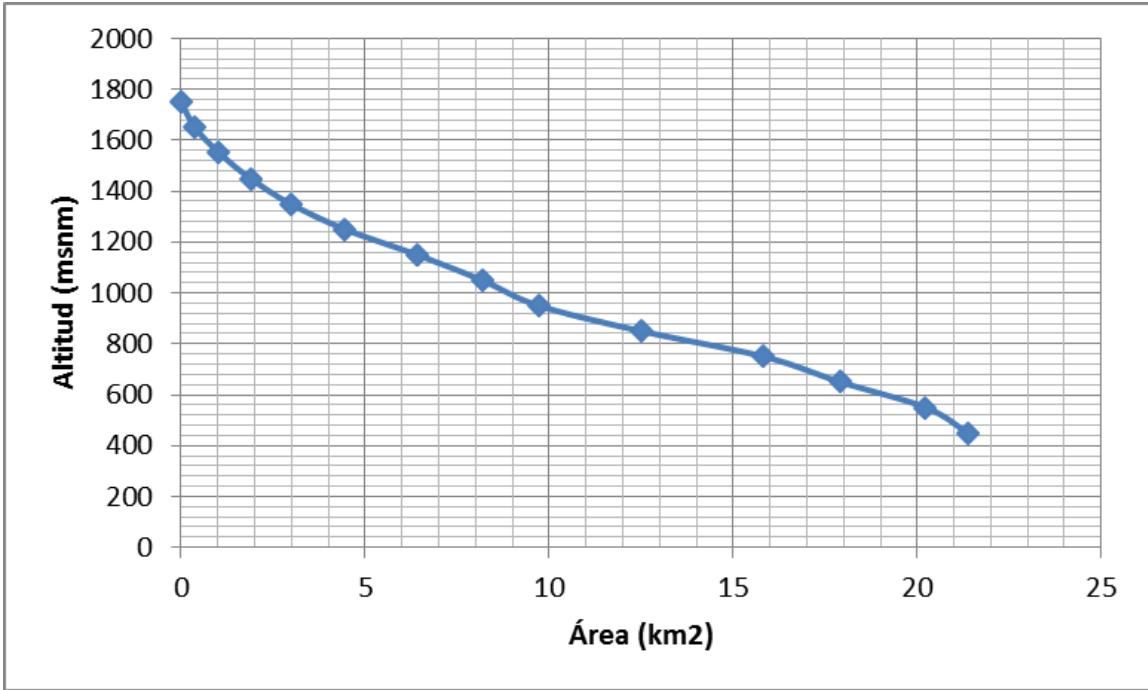


Figura 4. Curva Hipsométrica

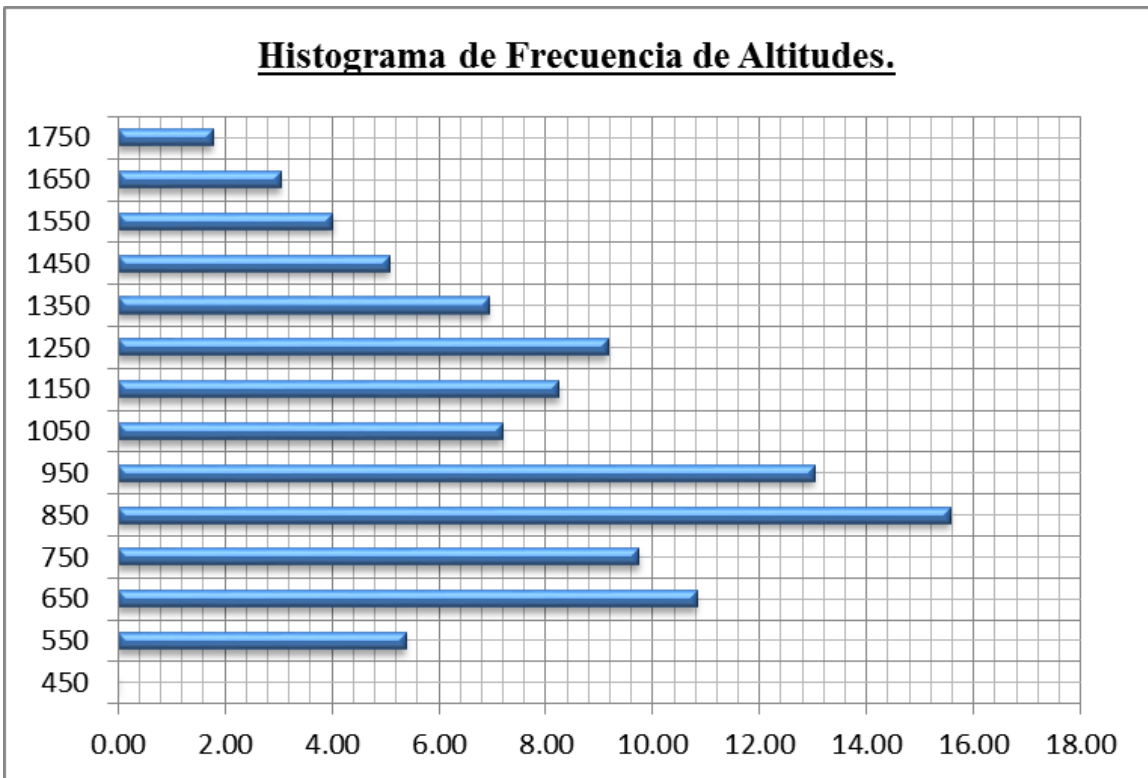


Figura 5. Histograma de Frecuencia de Altitudes

4.1.1.2.2 Elevación media.

Tabla 4. Área entre elevación media de dos contornos

a (km ²)	e (msnm)	a*e
1.15	500.00	575.32
2.31	600.00	1388.37
2.08	700.00	1457.67
3.33	800.00	2662.76
2.79	900.00	2507.80
1.54	1000.00	1537.78
1.76	1100.00	1939.52
1.96	1200.00	2350.53
1.48	1300.00	1927.25
1.08	1400.00	1518.39
0.86	1500.00	1286.66
0.65	1600.00	1042.23
0.38	1700.00	646.66
$\Sigma = 21.38$		$\Sigma = 20840.93$

$$Em = \frac{\Sigma a*e}{\Sigma a} \quad [9]$$

$$Em = 975 \text{ msnm}$$

4.1.1.2.3 Altura media.

$$H = Em - H_0 \quad [10]$$

$$Em = 975 \text{ msnm}$$

$$H_0 = 450 \text{ msnm}$$

$$H = 525 \text{ m}$$

4.1.1.2.4 Rectángulo equivalente.

Coeficiente de Gravelius (k) = 1.58

Área de la cuenca (A) = 21.383 km²

- Lado mayor del rectángulo equivalente:

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right) \quad [11]$$

$$L = 11.134 \text{ Km}$$

- Lado menor del rectángulo equivalente:

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right) \quad [12]$$

$$l = 1.92 \text{ Km}$$

Tabla 5. Áreas parciales y longitud acumulada para rectángulo equivalente.

Nº	Cota (msnm)	Áreas Parciales (km ²)	Li (km)	Longitud Menor (km)	Longitud acumulada (km)
1	550	1.1506	0.5991	1.9205	0.5991
2	650	2.3139	1.2049	1.9205	1.8040
3	750	2.0824	1.0843	1.9205	2.8883
4	850	3.3284	1.7331	1.9205	4.6215
5	950	2.7864	1.4509	1.9205	6.0724
6	1050	1.5378	0.8007	1.9205	6.8731
7	1150	1.7632	0.9181	1.9205	7.7912
8	1250	1.9588	1.0199	1.9205	8.8112
9	1350	1.4825	0.7719	1.9205	9.5831
10	1450	1.0846	0.5647	1.9205	10.1479
11	1550	0.8578	0.4466	1.9205	10.5945
12	1650	0.6514	0.3392	1.9205	10.9337
13	1750	0.3804	0.1981	1.9205	11.1318

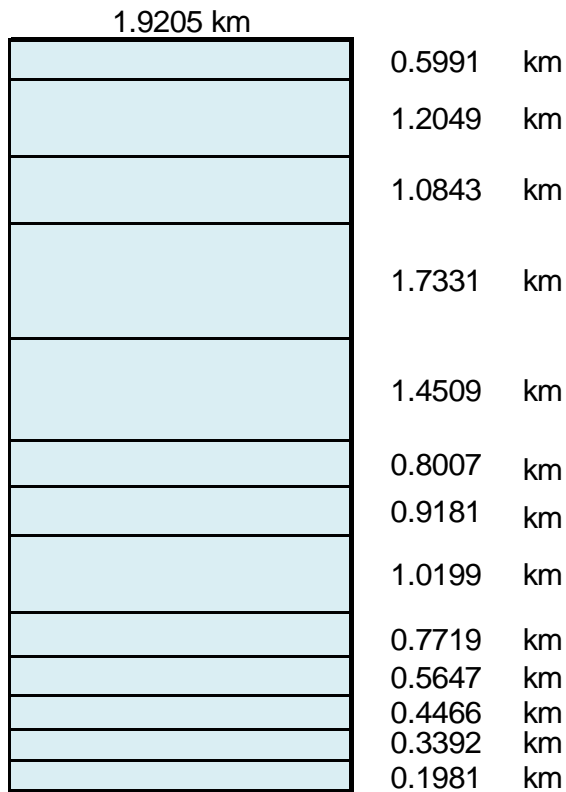


Figura 6. Rectángulo Equivalente

4.1.1.2.5 Índice de pendiente

$$I_p = \sum_{i=2}^n \sqrt{\beta_i(a_i - a_{i-1})} * \frac{1}{\sqrt{L}} \quad [13]$$

Tabla 6. Índice de pendiente.

Cotas (a_i)	Áreas Parciales (km)	Área Total (km ²)	L (km)	$\sqrt{\beta_i(a_i - a_{i-1})}$	$\frac{1}{\sqrt{L}}$	I_p
450	0.0000	21.3826	11.1340		0.2997	0.0000
550	1.1506	21.3826	11.1340	2.3197	0.2997	0.6952
650	2.3139	21.3826	11.1340	3.2896	0.2997	0.9859
750	2.0824	21.3826	11.1340	3.1207	0.2997	0.9352
850	3.3284	21.3826	11.1340	3.9454	0.2997	1.1824
950	2.7864	21.3826	11.1340	3.6099	0.2997	1.0819
1050	1.5378	21.3826	11.1340	2.6817	0.2997	0.8037
1150	1.7632	21.3826	11.1340	2.8716	0.2997	0.8606
1250	1.9588	21.3826	11.1340	3.0266	0.2997	0.9071
1350	1.4825	21.3826	11.1340	2.6331	0.2997	0.7891
1450	1.0846	21.3826	11.1340	2.2522	0.2997	0.6750
1550	0.8578	21.3826	11.1340	2.0029	0.2997	0.6002
1650	0.6514	21.3826	11.1340	1.7454	0.2997	0.5231
1750	0.3804	21.3826	11.1340	1.3338	0.2997	0.3997
$I_p =$						10.4390

4.1.1.2.6 Pendiente de la cuenca

$$S = \frac{H}{L} \quad [14]$$

$$H = 1.30 \text{ Km}$$

$$L = 11.13 \text{ Km}$$

$$S = 0.1168 \text{ equivalente a } 11.68 \%$$

4.1.1.2.7 Perfil longitudinal del cauce de la quebrada

Tabla 7. Perfil longitudinal del cauce de la quebrada.

curva de nivel	Cota menor (msnm)	Cota mayor (msnm)	Diferencia entre cotas (Ah)	Longitud del Tramo (m)	Longitud Acumulada
1	450	550	100	2355.969	2355.969
2	550	650	100	2543.886	4899.855
3	650	750	100	1674.285	6574.140
4	750	850	100	1403.563	7977.703
5	850	950	100	1004.517	8982.220

6	950	1050	100	1121.133	10103.353
7	1050	1150	100	868.541	10971.894
8	1150	1250	100	370.477	11342.371
9	1250	1350	100	297.352	11639.723
10	1350	1450	100	474.962	12114.685
11	1450	1550	100	571.917	12686.602
12	1550	1650	100	307.899	12994.501

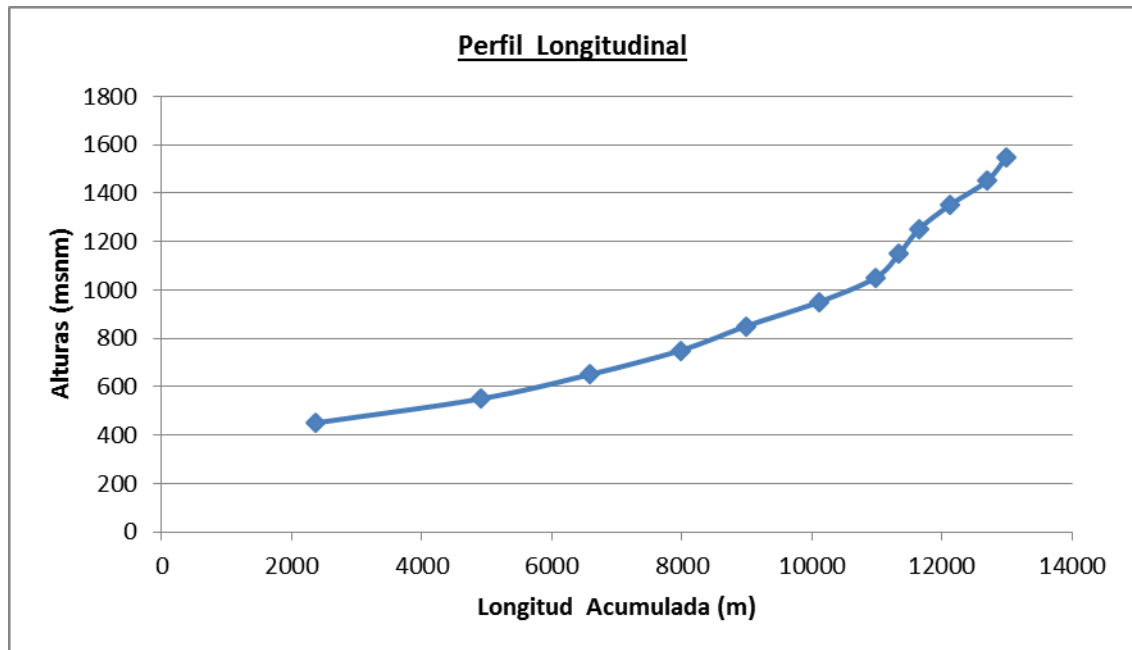


Figura 7. Perfil Longitudinal del Cuse

4.1.1.3 Parámetros relativos

4.1.1.3.1 Coeficiente de Fournier o coeficiente de masividad

$$T = \frac{Em}{A} \quad [15]$$

Altura media (Em) = 0.5249 Km

Superficie de la cuenca (A) = 21.3826 Km²

Coeficiente de masividad (T) = 0.02

4.1.1.3.2 Densidad de drenaje

$$D = \frac{Lc}{A} \quad [16]$$

Sumatoria de los causes parciales (Lc) = 28.3636 Km

Área de la cuenca (A) = 21.3826 Km²

Densidad de drenaje (D) = 1.33 1/Km

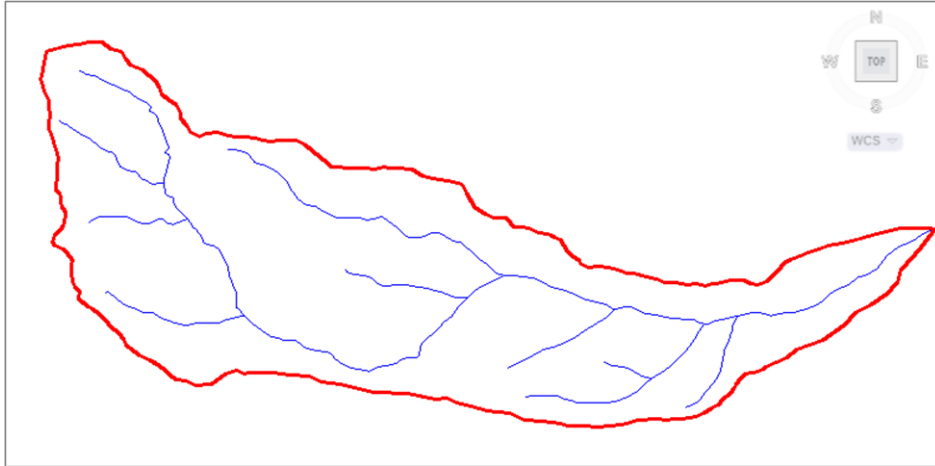


Figura 8. Causas de la quebrada Pindo

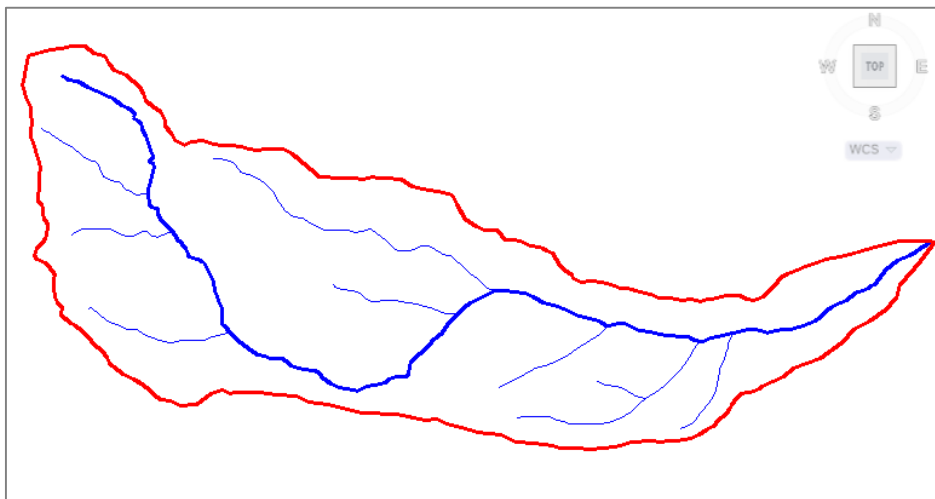


Figura 9. Tramo del cauce más largo de la quebrada Pindo

Longitud del cauce mayor (L) = 12.99 Km

Diferencia de cotas (H) = 1.20 Km

Pendiente del cauce (S) = 0.0923 equivalente a 9.23%

4.1.1.3.3 Tiempo de concentración

Se utilizó la ecuación de Témez:

$$T_C = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76} \quad [17]$$

Longitud del cauce principal (L) = 12.99 Km

Pendiente del cauce (S) = 0.093 = 9.23%

Tiempo de concentración (Tc) = 3.31 horas

4.2 ANÁLISIS HIDROLÓGICO

4.2.1 Datos de precipitación máxima en 24 horas

Se obtiene la información de precipitaciones máximas en 24 horas de tres estaciones meteorológicas.



Figura 10. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas de la cuenca en estudio

Tabla 8. Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación Jaén.

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL												
ESTACIÓN: JAÉN/000252/DZ02				ALT: 618 MSNM				LONG: 78° 46' 27.05"				
				LAT: 5° 40' 35.89"				DPTO: CAJAMARCA				
PT202 PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1994	S/D	S/D	48.2	23.3	7.2	12.4	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	9
1995	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	6	2	1.5	S/D	48
1996	7.9	26	18	11.2	S/D	14.7	0.5	6.7	13.7	19.8	18.4	38
1997	11	17	14.4	30	24.4	16.9	17.4	6	3.5	16	18.6	6.6
1998	14.4	25	18.8	36	S/D	22	12.6	4.5	12.4	31.7	11.2	2.6
1999	13	44	59.2	S/D	55.5	15.8	17.4	5.6	25.4	25	12.2	33.6
2000	17.2	34	36.6	19	20	16.6	27	9	18.6	9.6	8.4	30.2
2001	26.6	10	10.8	10.4	39.1	5.8	5.4	4.8	21	11.8	35	S/D
2002	18.9	28	13.5	61.5	61.2	4	14.3	1.5	13	88	31	15.1
2003	7.8	36	13.7	32.8	25.2	23	8	16.2	16	23.2	10.6	29.1
2004	7.5	6.8	19.7	30.6	38.1	18	2.4	7.2	17	19.4	18.2	12

2005	6.5	42	36.2	31	10.2	18.3	1.9	14.5	18.7	27.9	78.5	31.5
2006	18.5	39	23	9.4	13.5	26.5	1.3	8.5	S/D	11.7	15.5	16
2007	7.6	27	32.5	29	29.3	13	27.2	7.5	7.2	45.9	38.9	22.6
2008	17	37	63.7	10.2	15.8	26.9	17.4	3.4	18.4	26.7	20.6	20.6
2009	20.5	12	38.8	37.6	10.3	7.5	14.6	19.5	13	44.6	13.8	21.2
2010	16.6	36	5.5	41.5	12.5	10	4	18.3	9.6	24	21.5	20.6
2011	25.9	40	34.7	39.8	70.6	4.5	21.8	3.5	7.2	25.8	23.5	26.7
2012	23.8	33	22.5	27.5	4.4	16.8	6.4	6.8	5.2	22	23.2	12.8
2013	5.8	47	10.3	18.8	39.9	9	6.2	8.2	8.5	54.4	0.7	14.4
2014	14.6	20	38.6	50.3	47.8	8	10	11.9	6.5	9.7	30.8	20.5
2015	49.5	17	73	15.6	21.6	4	51	7	6	13.6	15	20.6
2016	25.6	15	S/D	28.6	12.5	9.2	16.8	13.2	15.6	5.5	11.7	23
2017	19.2	11	37.8	26.8	22.5	12.8	9.4	21.7	3.4	17.4	15	39.6
2018	15.7	64	10	27.8	23.6	6.8	16.3	7.4	11.4	21.2	54.4	15.6

Fuente: Unidad de Atención al Ciudadano y Gestión Documental – SENAMHI

Tabla 9. Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación Chirinos

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL												
ESTACIÓN: CHIRINOS/000260/DZ02				ALT: 1772 MSNM				LONG: 78° 53' 51.32"				
							LAT: 5° 18' 30.59"		DPTO: CAJAMARCA			
PT202 PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1994	53	45	29	21.1	24.8	20	13	12.1	18.2	23.9	36.4	52
1995	20.8	19	39.2	20.5	71.3	21.4	8.6	12.6	S/D	8.1	S/D	S/D
1996	38.6	46	38.1	S/D	19.4	S/D	S/D	S/D	7.2	S/D	12.3	45
1997	35.3	S/D	20.9	78.6	27.8	S/D	13.5	12.6	9.5	26.8	31.7	13
1998	32.9	100	73.4	S/D	48	27.5	8.8	6.8	S/D	57.5	S/D	S/D
1999	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	12	18.4	19	12.8	S/D	49	57.8
2000	26.2	50	22.4	32.7	15.1	23.2	21.8	16	32	13	7	20.2
2001	45	20	S/D	27.9	40.6	26	14.6	12.7	9.8	11.8	23.1	48
2002	38	24	43.3	59.1	23.5	6.7	23.8	4.4	9.3	28	37.5	17.5
2003	21.1	13	48.7	37.6	22.6	15.2	29	12.1	8.5	23.9	52.1	40
2004	23.1	12	43	25	24.4	17.9	8.3	4.7	8.8	29.7	38.7	54.3
2005	26.9	119	32.1	57.7	15.5	32.9	12.1	18.7	9	33.7	33.8	86.2
2006	57.2	48	21.2	17.2	14.5	24.5	18.4	7.5	S/D	26.5	63.1	34.3
2007	35	35	30.6	56.3	30.8	18.5	24.5	15.6	13.9	42.6	62.1	48.3
2008	33.6	53	38.9	25.6	19.9	15.2	19.3	14.5	17.1	20.9	28.4	17.3
2009	40	29	48.6	77.3	14.6	23.7	18.4	14.8	24.8	35.6	30.5	32
2010	11.7	84	20.4	52.9	46.5	58.5	14.6	7.5	13.9	8.9	15.8	64.4
2011	12.5	63	38.1	59.5	51.3	33.9	24.9	11.7	28.3	10.7	61.5	26.7

2012	29.8	22	27.3	S/D	29.3	39.4	12.9	17.9	10.8	37.2	23	19.5
2013	13.5	13	42	30.3	28.3	19.1	18.6	19.8	27.9	45	3.7	31.3
2014	20.8	25	40.2	26.9	23.5	23.4	22.2	26.1	7.9	17.9	27.7	53.7
2015	32.9	21	60.4	14.3	20.2	19.3	36.9	S/D	S/D	16.6	29.8	S/D
2016	29.3	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2017	S/D	41	55.2	102	S/D	13	20.3	13.8	14.9	27.5	20.8	46.7
2018	18.9	32	37	46.1	31.9	15.9	17.3	12.2	32.5	21.1	78.7	14.9

Fuente: Unidad de Atención al Ciudadano y Gestión Documental – SENAMHI

Tabla 10. Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación San Ignacio.

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL												
ESTACIÓN: SAN IGNACIO/000242/DZ02				ALT: 1243 MSNM				LONG: 78° 59' 42.44"				
LAT: 5° 8' 42.49"							DPTO: CAJAMARCA					
PT202 PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1994	S/D	S/D	S/D	S/D	17	13.3	S/D	8.9	13.2	S/D	S/D	S/D
1995	9.2	22	S/D	39.6	35.8	9.6	10.9	5.8	5.5	29.5	63.1	31.7
1996	40.3	24	9.4	35.3	15.6	9.3	11.2	10.2	S/D	S/D	S/D	S/D
1997	S/D	S/D	S/D	19	S/D	10.2	S/D	11.2	S/D	17.4	18.5	S/D
1998	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	19.2	S/D	S/D	31.5	S/D	S/D
1999	S/D	S/D	25.1	51.7	68.6	S/D	S/D	8.5	S/D	S/D	31.3	S/D
2000	23.2	21	53.3	S/D	21.1	30.1	15.6	21.7	16.3	9.8	10.4	13.2
2001	S/D	8.4	14.1	19.2	14.4	18.2	13	11.2	11.3	15.6	9.8	52.1
2002	14.8	49	23.8	45	26.1	7.4	12.7	3.9	6.1	37.7	22	12.7
2003	23.8	12	61.1	19.5	19.7	19.4	19.3	4.9	9.8	25.4	23.8	23.7
2004	14.9	19	11.2	39.2	22.1	S/D	11.1	9.3	S/D	64.1	37.2	26.2
2005	S/D	48	S/D	25.3	22	29.4	9.8	5.1	14.1	26.1	17.1	31.2
2006	9.8	S/D	34.7	14.8	15.7	14	8	7.9	S/D	18	28.8	29
2007	S/D	18	22.1	34.9	32.1	26	23.5	8.6	13.2	27	38	34.8
2008	20.7	64	81.3	14.5	22.9	12.8	16.9	21.3	12	45.4	33.3	19.7
2009	35.1	S/D	41.5	31.6	12.7	19.5	8.5	14.6	15.4	S/D	14.4	39.5
2010	10.9	32	17	90.7	17.6	12.5	10.7	6.3	11.8	14.4	49.6	22.9
2011	29.6	16	31	14.8	13.9	11.2	15	11.2	8	11.6	38.2	30.6
2012	15.3	24	20.6	24.8	16.1	19.4	15.9	16.3	14.7	38.6	11.7	16.8
2013	11.7	13	42.2	25.8	48.3	18.2	16.6	8.8	17.4	55.5	11.5	12.1
2014	13.5	17	74	30.3	24.6	9.1	15	26.7	15.4	33.6	16.5	22.7
2015	32.8	12	36	13.2	17.7	29.7	30.5	S/D	S/D	22.1	22.9	S/D
2016	21.5	12	21.1	S/D	11.1	S/D	16.8	7.5	10.9	14.1	18.6	26
2017	12	11	56	33.5	29.4	14.3	17.7	17.3	6.6	15.5	13.3	70.4
2018	30.5	48	29.6	37.5	32.1	13.2	10.9	9.1	17.9	10.3	33.7	15.8

Fuente: Unidad de Atención al Ciudadano y Gestión Documental – SENAMHI

Se completaron los datos faltantes de las tres estaciones con el Método de Proporción Normal:

- Proporción normal con estaciones vecinas

$$P_x = \frac{N_x}{n} \left(\frac{P_A}{N_A} + \frac{P_B}{N_B} \right) \quad [18]$$

Donde:

P_x : Dato faltante de precipitación que se desea obtener.

N_A, N_B : Precipitación normal anual de las estaciones índices

P_A, P_B : Precipitación en las estaciones índices durante el mismo periodo de tiempo del dato faltante.

N_x : Precipitación normal anual de la estación en estudio.

- Proporción normal con la misma estación

$$P_i = \frac{(\sum P_n) * N_i}{N} \quad [19]$$

Donde:

P_i : Precipitación que deseamos obtener durante el mes i del año en estudio.

$\sum P_n$: Sumatoria de todas las precipitaciones mensuales del año en estudio.

N_i : Promedio de precipitación durante el mes i de todos los años de registro.

N : Promedio anual de precipitación para todos los años de registro.

Tabla 11. Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación Jaén con datos completos.

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL												
ESTACIÓN: JAEN/000252/DZ02				ALT: 618 MSNM				LONG: 78° 46' 27.05"				
				LAT: 5° 40' 35.89"				DPTO: CAJAMARCA				
PT202 PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1994	8.42	14.4	48.2	23.3	7.2	12.4	6.67	7.78	13.2	12.54	11.55	9
1995	9.65	19.6	22.55	24.42	53.86	10.1	8.07	6	2	1.5	17.48	48
1996	7.9	26	18	11.2	17.98	14.7	0.5	6.7	13.7	19.8	18.4	38
1997	11	17	14.4	30	24.4	16.9	17.4	6	3.5	16	18.6	6.6
1998	14.4	25	18.8	36	22.51	22	12.6	4.5	12.4	31.7	11.2	2.6
1999	13	44	59.2	37.53	55.5	15.8	17.4	5.6	25.4	25	12.2	33.6
2000	17.2	34	36.6	19	20	16.6	27	9	18.6	9.6	8.4	30.2
2001	26.6	10	10.8	10.4	39.1	5.8	5.4	4.8	21	11.8	35	34.10
2002	18.9	28	13.5	61.5	61.2	4	14.3	1.5	13	88	31	15.1
2003	7.8	36	13.7	32.8	25.2	23	8	16.2	16	23.2	10.6	29.1
2004	7.5	6.8	19.7	30.6	38.1	18	2.4	7.2	17	19.4	18.2	12
2005	6.5	42	36.2	31	10.2	18.3	1.9	14.5	18.7	27.9	78.5	31.5
2006	18.5	39	23	9.4	13.5	26.5	1.3	8.5	9.08	11.7	15.5	16
2007	7.6	27	32.5	29	29.3	13	27.2	7.5	7.2	45.9	38.9	22.6
2008	17	37	63.7	10.2	15.8	26.9	17.4	3.4	18.4	26.7	20.6	20.6
2009	20.5	12	38.8	37.6	10.3	7.5	14.6	19.5	13	44.6	13.8	21.2
2010	16.6	36	5.5	41.5	12.5	10	4	18.3	9.6	24	21.5	20.6
2011	25.9	40	34.7	39.8	70.6	4.5	21.8	3.5	7.2	25.8	23.5	26.7
2012	23.8	33	22.5	27.5	4.4	16.8	6.4	6.8	5.2	22	23.2	12.8
2013	5.8	47	10.3	18.8	39.9	9	6.2	8.2	8.5	54.4	0.7	14.4
2014	14.6	20	38.6	50.3	47.8	8	10	11.9	6.5	9.7	30.8	20.5
2015	49.5	17	73	15.6	21.6	4	51	7	6	13.6	15	20.6
2016	25.6	15	21.68	28.6	12.5	9.2	16.8	13.2	15.6	5.5	11.7	23
2017	19.2	11	37.8	26.8	22.5	12.8	9.4	21.7	3.4	17.4	15	39.6
2018	15.7	64	10	27.8	23.6	6.8	16.3	7.4	11.4	21.2	54.4	15.6

Tabla 12. Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación Chirinos con datos completos

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL												
ESTACIÓN: CHIRINOS/000260/DZ02				ALT: 1772 MSNM				LONG: 78° 53' 51.32"				
				LAT: 5° 18' 30.59"				DPTO: CAJAMARCA				
PT202 PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1994	53	45.3	29	21.1	24.8	20	13	12.1	18.2	23.9	36.4	52
1995	20.8	18.7	39.2	20.5	71.3	21.4	8.6	12.6	4.91	8.1	30.34	64.83
1996	38.6	45.5	38.1	33.02	19.4	19.10	7.19	10.99	7.2	21.08	12.3	45
1997	35.3	35.91	20.9	78.6	27.8	21.62	13.5	12.6	9.5	26.8	31.7	13
1998	32.9	100	73.4	46.17	48	27.5	8.8	6.8	16.67	57.5	37.02	43.52
1999	26.77	36.06	52.46	38.04	71.00	12	18.4	19	12.8	22.31	49	57.8
2000	26.2	50	22.4	32.7	15.1	23.2	21.8	16	32	13	7	20.2
2001	45	20	14.79	27.9	40.6	26	14.6	12.7	9.8	11.8	23.1	48
2002	38	23.9	43.3	59.1	23.5	6.7	23.8	4.4	9.3	28	37.5	17.5
2003	21.1	12.5	48.7	37.6	22.6	15.2	29	12.1	8.5	23.9	52.1	40
2004	23.1	12.1	43	25	24.4	17.9	8.3	4.7	8.8	29.7	38.7	54.3
2005	26.9	119	32.1	57.7	15.5	32.9	12.1	18.7	9	33.7	33.8	86.2
2006	57.2	48.4	21.2	17.2	14.5	24.5	18.4	7.5	15.63	26.5	63.1	34.3
2007	35	35.3	30.6	56.3	30.8	18.5	24.5	15.6	13.9	42.6	62.1	48.3
2008	33.6	53	38.9	25.6	19.9	15.2	19.3	14.5	17.1	20.9	28.4	17.3
2009	40	28.6	48.6	77.3	14.6	23.7	18.4	14.8	24.8	35.6	30.5	32
2010	11.7	83.5	20.4	52.9	46.5	58.5	14.6	7.5	13.9	8.9	15.8	64.4
2011	12.5	62.6	38.1	59.5	51.3	33.9	24.9	11.7	28.3	10.7	61.5	26.7
2012	29.8	21.5	27.3	38.32	29.3	39.4	12.9	17.9	10.8	37.2	23	19.5
2013	13.5	12.6	42	30.3	28.3	19.1	18.6	19.8	27.9	45	3.7	31.3
2014	20.8	24.8	40.2	26.9	23.5	23.4	22.2	26.1	7.9	17.9	27.7	53.7
2015	32.9	21.1	60.4	14.3	20.2	19.3	36.9	10.15	11.81	16.6	29.8	30.83
2016	29.3	20.68	21.69	24.25	13.36	12.95	21.68	14.12	17.49	9.63	21.55	38.64
2017	25.93	41.2	55.2	102.4	29.74	13	20.3	13.8	14.9	27.5	20.8	46.7
2018	18.9	31.9	37	46.1	31.9	15.9	17.3	12.2	32.5	21.1	78.7	14.9

Tabla 13. Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación San Ignacio con datos completos

UNIDAD DE ATENCIÓN AL CIUDADANO Y GESTIÓN DOCUMENTAL												
ESTACIÓN: SAN IGNACIO/000242/DZ02				ALT: 1243 MSNM				LONG: 78° 59' 42.44"				
				LAT: 5° 8' 42.49"				DPTO: CAJAMARCA				
PT202 PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1994	11.31	14.01	41.99	20.62	17	13.3	8.35	8.9	13.2	15.28	13.96	24.24
1995	9.2	22.4	36.97	39.6	35.8	9.6	10.9	5.8	5.5	29.5	63.1	31.7
1996	40.3	23.9	9.4	35.3	15.6	9.3	11.2	10.2	9.80	24.14	14.82	40.10
1997	18.62	16.58	18.13	19	22.23	10.2	15.19	11.2	5.45	17.4	18.5	8.81
1998	19.85	40.78	44.71	22.54	17.78	23.37	19.2	5.59	8.88	31.5	18.55	20.71
1999	22.45	27.80	25.1	51.7	68.6	14.01	17.19	8.5	17.96	30.32	31.3	41.88
2000	23.2	21.2	53.3	22.42	21.1	30.1	15.6	21.7	16.3	9.8	10.4	13.2
2001	31.33	8.4	14.1	19.2	14.4	18.2	13	11.2	11.3	15.6	9.8	52.1
2002	14.8	49	23.8	45	26.1	7.4	12.7	3.9	6.1	37.7	22	12.7
2003	23.8	12.1	61.1	19.5	19.7	19.4	19.3	4.9	9.8	25.4	23.8	23.7
2004	14.9	19.1	11.2	39.2	22.1	17.47	11.1	9.3	12.11	64.1	37.2	26.2
2005	13.05	48	36.24	25.3	22	29.4	9.8	5.1	14.1	26.1	17.1	31.2
2006	9.8	31.03	34.7	14.8	15.7	14	8	7.9	10.16	18	28.8	29
2007	16.46	17.6	22.1	34.9	32.1	26	23.5	8.6	13.2	27	38	34.8
2008	20.7	64	81.3	14.5	22.9	12.8	16.9	21.3	12	45.4	33.3	19.7
2009	35.1	13.47	41.5	31.6	12.7	19.5	8.5	14.6	15.4	42.59	14.4	39.5
2010	10.9	31.5	17	90.7	17.6	12.5	10.7	6.3	11.8	14.4	49.6	22.9
2011	29.6	16	31	14.8	13.9	11.2	15	11.2	8	11.6	38.2	30.6
2012	15.3	23.7	20.6	24.8	16.1	19.4	15.9	16.3	14.7	38.6	11.7	16.8
2013	11.7	12.6	42.2	25.8	48.3	18.2	16.6	8.8	17.4	55.5	11.5	12.1
2014	13.5	17.4	74	30.3	24.6	9.1	15	26.7	15.4	33.6	16.5	22.7
2015	32.8	11.7	36	13.2	17.7	29.7	30.5	9.42	10.40	22.1	22.9	24.25
2016	21.5	12.3	21.1	19.49	11.1	10.67	16.8	7.5	10.9	14.1	18.6	26
2017	12	11.2	56	33.5	29.4	14.3	17.7	17.3	6.6	15.5	13.3	70.4
2018	30.5	48.1	29.6	37.5	32.1	13.2	10.9	9.1	17.9	10.3	33.7	15.8

4.2.2 Correlación Precipitación/Altitud de las estaciones en estudio

Tabla 14. Precipitación total mensual – estación Chirinos

ESTACIÓN :	CHIRINOS	LATITUD:	05°18'31" S	DEPARTAMENTO:	CAJAMARCA
CATEGORÍA:	CO	LONGITUD:	78°53'51" W	PROVINCIA:	SAN IGNACIO
PARÁMETRO:	TOTAL MENSUAL (mm)	ALTITUD:	1785.4 (msnm)	DISTRITO:	CHIRINOS

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
1999	S/D	112.9	214.5	39.5	185.8	37.8	34.5	30.7	22.6	46.0	0.0	123.2	847.5
2000	59.0	94.8	137.7	119.4	116.4	115.9	48.1	47.3	118.1	52.9	43.8	116.2	1069.6
2001	149.0	46.5	134.3	113.9	66.7	35.1	45.6	51.3	37.0	104.2	151.4	105.7	1040.7
2002	71.9	87.7	69.5	145.9	77.7	20.5	100.6	18.0	12.2	132.3	141.0	149.2	1026.5
2003	81.1	72.4	79.4	80.4	84.7	103.8	49.4	16.5	21.2	63.2	108.4	124.4	884.9
2004	53.9	59.1	167.3	87.1	107.7	79.4	47.5	18.5	39.0	149.8	180.5	145.7	1135.5
2005	91.2	283.9	158.3	236.1	85.7	94.6	27.4	27.9	41.0	112.7	125.8	372.0	1656.6
2006	232.5	210.6	160.1	56.5	62.5	95.4	50.8	30.3	36.4	132.8	175.0	172.6	1415.5
2007	165.2	77.7	131.0	186.2	129.4	153.3	60.7	74.4	70.8	182.6	305.3	130.2	1666.8
2008	177.4	209.7	171.8	112.5	89.3	70.3	103.0	77.4					1011.4
PROM.	120.1	125.5	142.4	117.8	100.6	80.6	56.8	39.2	44.3	108.5	136.8	159.9	1175.5
MÁX.	232.5	283.9	214.5	236.1	185.8	153.3	103	77.4	118.1	182.6	305.3	372.0	
MÍN.	53.9	46.5	69.5	39.5	62.5	20.5	27.4	16.5	12.2	46.0	0.0	105.7	

Fuente: SENAMHI

Tabla 15. Precipitación total mensual – estación Jaén y San Ignacio

PRCIPITACIÓN MENSUAL DE JAÉN (654 m) Y SAN IGNACIO (1282 m) años 1999 - 2006												
Provincias	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Jaén	43.4	102	80.5	94.9	81.9	47.4	34.6	14.8	32.6	68.2	62.5	67.7
San Ignacio	92.7	143	138	152	134	76.6	59.8	44.1	61.3	87.2	80.7	114.9

Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca (2010) "Mapa climático departamento de Cajamarca"

Tabla 16. Resumen de precipitaciones mensuales de las estaciones en estudio

Mes	Jaén	San Ignacio	Chirinos
altitud (msnm)	654	1282	1785.4
Enero	43.4	92.7	120.1
febrero	101.7	143.2	125.5
Marzo	80.5	137.7	142.4
abril	94.9	151.16	117.8
mayo	81.9	134.1	100.6
junio	47.4	76.6	80.6
julio	34.6	59.8	56.8
agosto	14.8	44.1	39.2
septiembre	32.6	61.3	44.3
octubre	68.2	87.2	108.5
noviembre	62.5	80.7	136.8
diciembre	67.7	114.9	159.9
Precipitación Media Anual	730.2	1183.46	1232.5

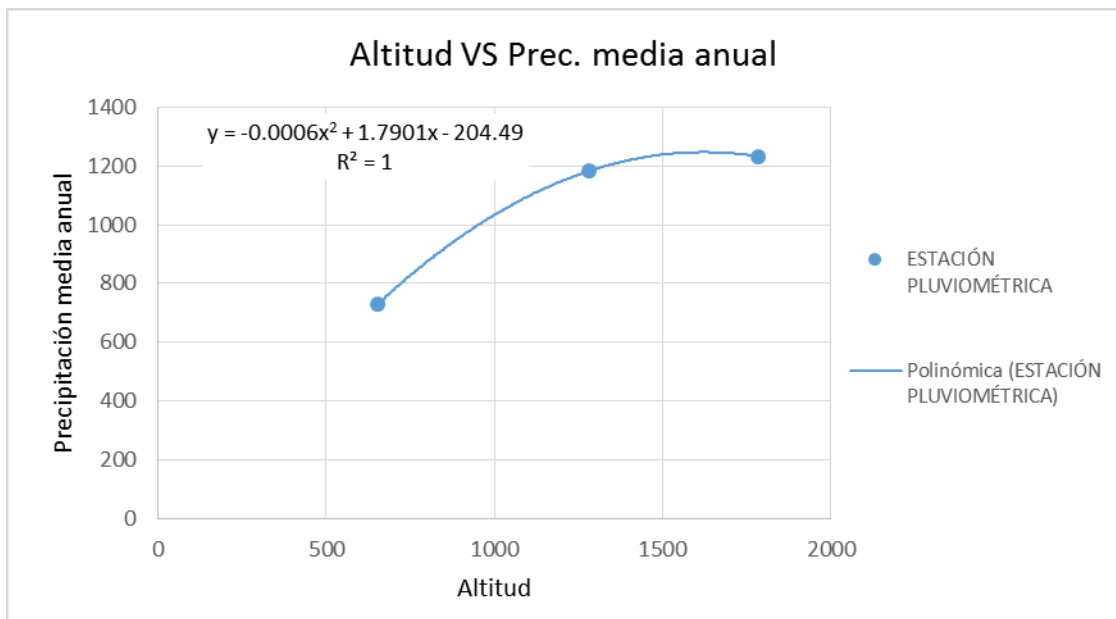


Figura 11. Análisis de Regresión Polinomial de segundo grado

Tabla 17. Factor de corrección por altitud

Estación	Altitud (msnm)	Panual	Fc
Jaén	654	709.61	
San Ignacio	1282	1104.30	
Chirinos	1785.4	1078.96	
Cuenca Pindo	974.9	970.40	0.90

4.2.3 Estación Aerial Cuenca Pindo

Se multiplicó el factor de altitud a cada dato de precipitación de la Estación Chirinos, obteniendo la Estación Aerial de la Cuenca Pindo.

Tabla 18. Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación Aerial Cuenca Pindo

UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL													
ESTACIÓN ARIAL: CUENCA PINDO													
PARAMETRO: PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)													
UBICACIÓN: CAJAMARCA-SAN IGNACIO -CHIRINOS													
													ALT. MEDIA: 974.9 msnm
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Pmax
1994	47.7	40.74	26.1	19.0	22.3	18	11.7	10.9	16.4	21.5	32.74	46.8	47.67
1995	18.7	16.82	35.3	18.4	64.1	19.2	7.73	11.3	4.41	7.285	27.29	58.3	64.13
1996	34.7	40.92	34.3	29.7	17.4	17.2	6.46	9.88	6.48	18.96	11.06	40.5	40.92
1997	31.7	32.3	18.8	70.7	25	19.4	12.1	11.3	8.54	24.1	28.51	11.7	70.69
1998	29.6	90.03	66	41.5	43.2	24.7	7.91	6.12	15	51.71	33.3	39.1	90.03
1999	24.1	32.43	47.2	34.2	63.9	10.8	16.5	17.1	11.5	20.06	44.07	52	63.85
2000	23.6	44.97	20.1	29.4	13.6	20.9	19.6	14.4	28.8	11.69	6.296	18.2	44.97
2001	40.5	17.99	13.3	25.1	36.5	23.4	13.1	11.4	8.81	10.61	20.78	43.2	43.17
2002	34.2	21.5	38.9	53.2	21.1	6.03	21.4	3.96	8.36	25.18	33.73	15.7	53.15
2003	19	11.24	43.8	33.8	20.3	13.7	26.1	10.9	7.64	21.5	46.86	36	46.86
2004	20.8	10.88	38.7	22.5	21.9	16.1	7.46	4.23	7.91	26.71	34.81	48.8	48.84
2005	24.2	106.6	28.9	51.9	13.9	29.6	10.9	16.8	8.09	30.31	30.4	77.5	106.58
2006	51.4	43.53	19.1	15.5	13	22	16.5	6.75	14.1	23.83	56.75	30.8	56.75
2007	31.5	31.75	27.5	50.6	27.7	16.6	22	14	12.5	38.31	55.85	43.4	55.85
2008	30.2	47.67	35	23.0	17.9	13.7	17.4	13	15.4	18.8	25.54	15.6	47.67
2009	36	25.72	43.7	69.5	13.1	21.3	16.5	13.3	22.3	32.02	27.43	28.8	69.52

2010	10.5	75.1	18.3	47.6	41.8	52.6	13.1	6.75	12.5	8.005	14.21	57.9	75.10
2011	11.2	56.3	34.3	53.5	46.1	30.5	22.4	10.5	25.5	9.623	55.31	24	56.30
2012	26.8	19.34	24.6	34.5	26.4	35.4	11.6	16.1	9.71	33.46	20.69	17.5	35.44
2013	12.1	11.33	37.8	27.3	25.5	17.2	16.7	17.8	25.1	40.47	3.328	28.2	40.47
2014	18.7	22.3	36.2	24.2	21.1	21	20	23.5	7.11	16.1	24.91	48.3	48.30
2015	29.6	18.98	54.3	12.9	18.2	17.4	33.2	9.13	10.6	14.93	26.8	27.7	54.32
2016	26.4	18.6	19.5	21.8	12	11.7	19.5	12.7	15.7	8.657	19.38	34.8	34.76
2017	23.3	37.05	49.6	92.1	26.8	11.7	18.3	12.4	13.4	24.73	18.71	42	92.10
2018	17	28.69	33.3	41.5	28.7	14.3	15.6	11	29.2	18.98	70.78	13.4	70.78

4.3 ANÁLISIS PROBABILÍSTICO

Se aplicaron los modelos de distribución probabilística usando las precipitaciones máximas anuales de la Estación Aerial Cuenca Pindo y se realizó la prueba de bondad de ajuste para seleccionar el modelo de distribución que tenga el menor valor de la desviación estándar del error.

Tabla 19. Análisis probabilístico

DATOS	P(x)	Probabilidad de excedencia F(x)				Diferencia Delta Δ			
	Empírica	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Normal	LN2	LN3	Gumbel
1	0.0385	0.0979	0.0519	0.0265	0.0523	0.0594	0.0135	0.0119	0.0138
2	0.0769	0.1045	0.0594	0.0342	0.0600	0.0275	0.0175	0.0428	0.0169
3	0.1154	0.1635	0.1346	0.1250	0.1390	0.0481	0.0192	0.0096	0.0236
4	0.1538	0.1697	0.1429	0.1356	0.1478	0.0158	0.0109	0.0182	0.0061
5	0.1923	0.2027	0.1883	0.1931	0.1955	0.0104	0.0040	0.0008	0.0032
6	0.2308	0.2317	0.2283	0.2427	0.2374	0.0009	0.0025	0.0119	0.0066
7	0.2692	0.2645	0.2730	0.2964	0.2839	0.0047	0.0038	0.0272	0.0147
8	0.3077	0.2792	0.2928	0.3196	0.3044	0.0285	0.0149	0.0119	0.0032
9	0.3462	0.2792	0.2928	0.3196	0.3044	0.0669	0.0533	0.0266	0.0417
10	0.3846	0.2910	0.3084	0.3376	0.3206	0.0937	0.0762	0.0470	0.0641
11	0.4231	0.3012	0.3220	0.3530	0.3344	0.1219	0.1011	0.0701	0.0886
12	0.4615	0.3882	0.4316	0.4712	0.4456	0.0733	0.0300	0.0097	0.0159
13	0.5000	0.4130	0.4610	0.5012	0.4750	0.0870	0.0390	0.0012	0.0250
14	0.5385	0.4459	0.4988	0.5387	0.5125	0.0925	0.0396	0.0002	0.0260
15	0.5769	0.4557	0.5098	0.5493	0.5233	0.1212	0.0671	0.0276	0.0536
16	0.6154	0.4655	0.5206	0.5598	0.5340	0.1499	0.0947	0.0556	0.0814
17	0.6538	0.6192	0.6755	0.7011	0.6835	0.0347	0.0217	0.0472	0.0296
18	0.6923	0.6248	0.6808	0.7056	0.6884	0.0675	0.0115	0.0133	0.0039
19	0.7308	0.7305	0.7723	0.7835	0.7747	0.0002	0.0415	0.0527	0.0439

20	0.7692	0.7513	0.7891	0.7976	0.7904	0.0179	0.0199	0.0283	0.0212
21	0.8077	0.7529	0.7904	0.7986	0.7916	0.0548	0.0173	0.0091	0.0161
22	0.8462	0.8213	0.8438	0.8431	0.8416	0.0248	0.0023	0.0030	0.0045
23	0.8846	0.9591	0.9485	0.9338	0.9415	0.0744	0.0639	0.0492	0.0569
24	0.9231	0.9681	0.9562	0.9412	0.9492	0.0450	0.0332	0.0181	0.0261
25	0.9615	0.9960	0.9864	0.9738	0.9814	0.0344	0.0249	0.0123	0.0198
						0.14988	0.10112	0.07012	0.08864
						OK	OK	OK	OK
valor crítico de $\Delta 0$ para un nivel de significación $\alpha = 0.05$						0.27			

Se determinó que los datos se ajustan a la función Log Normal 3 parámetros.

El resultado del análisis probabilístico son las tormentas de diseño en 24 horas para los diferentes periodos de retorno, según la siguiente tabla:

Tabla 20. Tormenta de diseño en 24 horas

ESTACIÓN ARIAL CUENCA PINDO	
TR	PRECIP. MAX LN3
2	54.28
5	70.90
10	82.86
20	94.96
25	98.93
50	111.53
100	124.65
200	138.36

4.4 INTENSIDAD DE LLUVIA

La intensidad de lluvia se define como la precipitación registrada en un intervalo de tiempo y su valor varía durante el transcurso de la tormenta

Tabla 21. Intensidades máximas (mm/h) – Estación Aerial Cuenca Pindo

Duración (t) (minutos)	Período de Retorno (T) en años							
	2	5	10	20	30	50	100	200
5	56.77	67.66	77.26	88.23	95.35	105.14	120.07	137.11
10	39.40	46.95	53.61	61.22	66.17	72.97	83.32	95.15
20	27.34	32.58	37.21	42.49	45.92	50.63	57.82	66.03
30	22.08	26.31	30.05	34.31	37.08	40.89	46.69	53.32
40	18.97	22.61	25.82	29.48	31.86	35.14	40.12	45.82
50	16.87	20.10	22.95	26.21	28.33	31.24	35.67	40.74
60	15.32	18.26	20.85	23.81	25.73	28.38	32.40	37.00
70	14.13	16.83	19.22	21.95	23.72	26.16	29.88	34.12
80	13.17	15.69	17.92	20.46	22.11	24.38	27.84	31.80
90	12.37	14.75	16.84	19.23	20.78	22.92	26.17	29.88
100	11.70	13.95	15.93	18.19	19.66	21.68	24.75	28.27
110	11.13	13.27	15.15	17.30	18.70	20.62	23.54	26.88
120	10.63	12.67	14.47	16.52	17.86	19.69	22.49	25.68

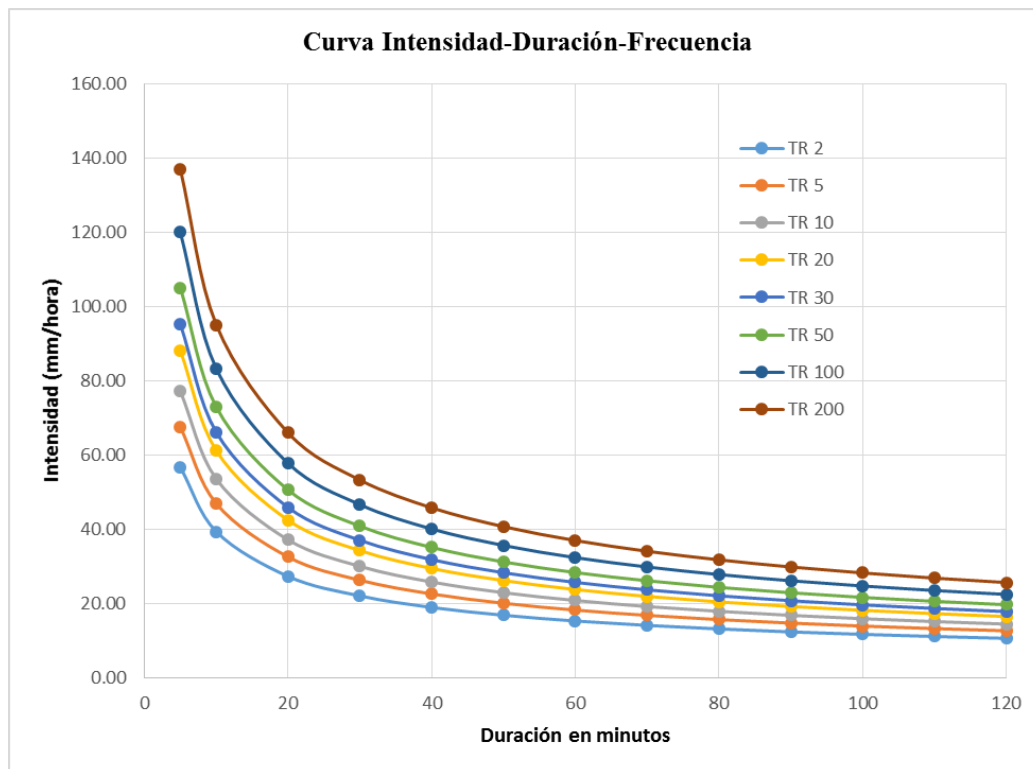


Figura 12. Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia. Quebrada Pindo

4.4.1 Número de curva (CN)

Para determinar los porcentajes de los usos de suelos se hizo el recorrido por la cuenca, además se utilizó la vista satelital en Google Earth para determinar los porcentajes de usos de suelo.

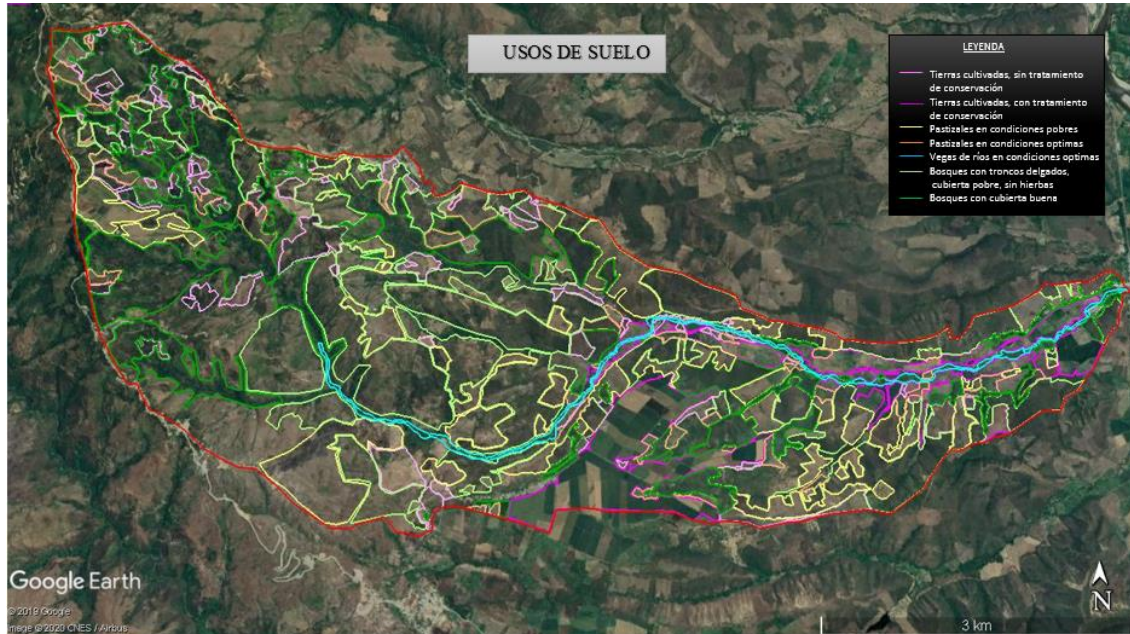


Figura 13. Usos de suelo - cuenca de la quebrada Pindo

Tabla 22. Porcentaje de usos de suelo

Usos de suelo	Porcentaje
Tierras cultivadas, sin tratamiento de conservación	7.57%
Tierras cultivadas, con tratamiento de conservación	12.45%
Pastizales en condiciones pobres	15.65%
Pastizales en condiciones óptimas	4.40%
Vegas de ríos en condiciones óptimas	1.44%
Bosques con troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas	34.83%
Bosques con cubierta buena	23.66%

A continuación se presenta el cuadro comparativo entre los grupos de suelos obtenidos del “estudio de suelos y capacidad de uso mayor de las tierras departamento de Cajamarca” elaborado por el Gobierno Regional de Cajamarca y los grupos hidrológicos de suelo del Soil Conservation Service.

Tabla 23. Comparativo de características de los suelos

Regosol (R)	Grupo A
<ul style="list-style-type: none"> • Textura: ligera. • Drenaje: excesivo. • Reacción: ligeramente ácido a ligeramente alcalinos. • Pendiente: inclinada pudiendo llegar hasta pendientes empinadas. • Permeabilidad: moderadamente rápida. • Erosión: moderada a severa. • Perfil A/C. • Fertilidad baja. • Se localizan mayormente en laderas de colina y de montaña. • Ocupados principalmente por vegetación arbustiva. 	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial de escurrimiento: bajo (tasa alta de infiltración). • Composición: arenas o gravas profundas. • Drenaje: bien a excesivamente bien drenados. • Suelos profundos depositados por el viento. • Limos, agregados y arena profunda.
Andosol – Leptosol (T-L)	Grupo B
<ul style="list-style-type: none"> • Perfil: A(B)C, AC, AR. • Suelo asociado al Leptosol. • Muy superficiales a superficiales. • Textura ligera a media. • Drenaje bueno a excesivo • Material litológico: areniscas, cuarcitas, calizas, lutitas y rocas volcánicas. • Cubiertos de vegetación arbustiva, cultivos agrícolas en pequeñas superficies. • Se localizan en laderas de colina, montañas y piedemonte. • Tiene una permeabilidad moderada a moderadamente rápida. • Con pendientes moderadamente empinada a fuertemente empinada • Fertilidad natural media, con contenido de materia orgánica que va de media a alta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de infiltración moderada. • Margo arenosos (arena, limo y arcilla). • Drenaje: bueno a moderadamente bien drenados. • Textura: moderadamente fina a moderadamente gruesas. • Suelos poco profundos depositados por el viento.
Fluvisol – Phaeozem (J – H)	Grupo A
<ul style="list-style-type: none"> • Suelos profundos a muy profundos. • Permeabilidad moderada a moderadamente lenta. • Textura media a pesada. • Drenaje bueno a imperfecto. • Actualmente está ocupado por cultivos agrícolas, frutales y por vegetación arbustiva. • Proviene de la descomposición de sedimentos fluviales, aluviales y coluviales (gravas, arenas y arcilla) transportados por las quebradas que desembocan en los ríos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial de escurrimiento: bajo (tasa alta de infiltración). • Composición: arenas o gravas profundas. • Drenaje: bien a excesivamente bien drenados. • Suelos profundos depositados por el viento. • Limos, agregados y arena profunda.

Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca (2012) y Singh (1992)

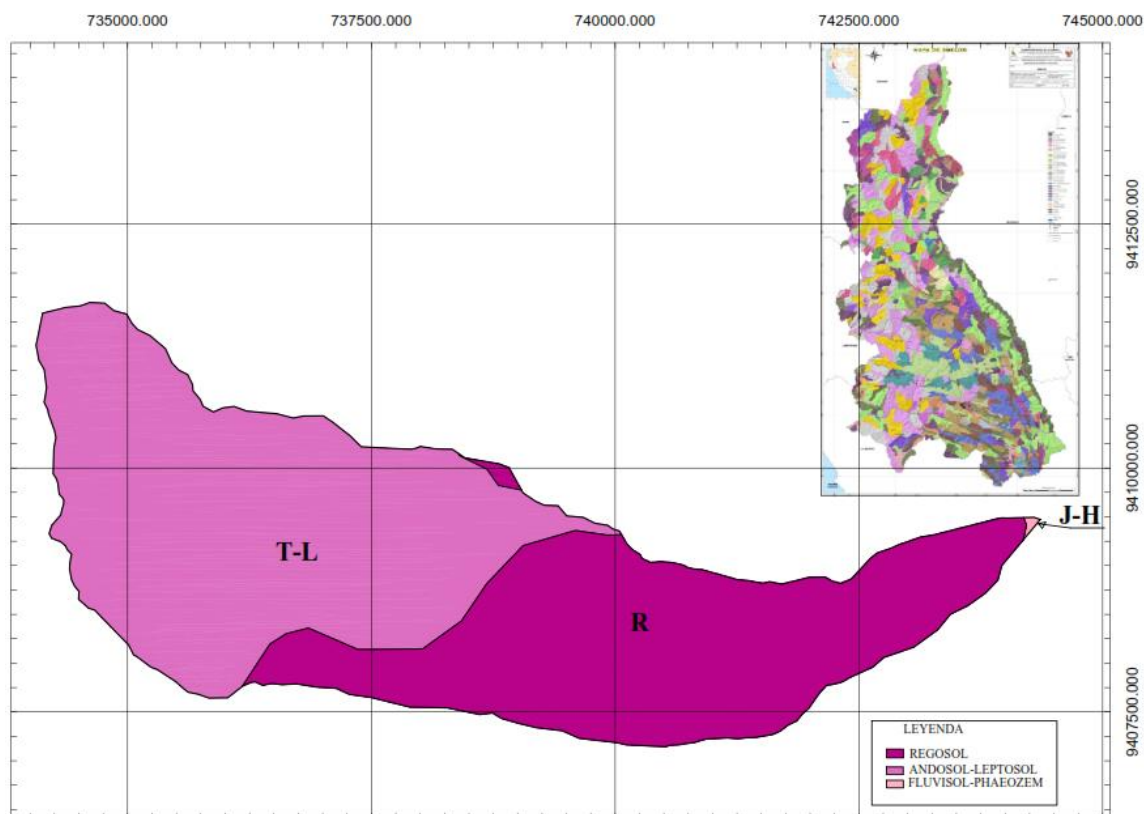


Figura 14. Tipos de suelos

Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca (2012)

A partir de este estudio comparativo se obtuvo como resultado dos tipos de suelo; Grupo A y Grupo B, donde el área y porcentaje de cada grupo hidrológico se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 24. Grupos hidrológicos de suelo de la cuenca Pindo

Área Km ²	Grupo hidrológico del suelo	Porcentaje %
8.779	Grupo A	41.05
12.605	Grupo B	58.95

Tabla 25. Cálculo del Número de Curva

Uso de suelo	Grupo hidrológico de suelo					
	0.4105 * A			0.5895 * B		
	%	CN	Prod.	%	CN	Prod.
Tierras cultivadas, sin tratamiento de conservación	3.11	72	2.24	4.46	81	3.61
Tierras cultivadas, con tratamiento de conservación	5.11	62	3.17	7.34	71	5.21
Pastizales en condiciones pobres	6.43	68	4.37	9.23	79	7.29
Pastizales en condiciones optimas	1.81	39	0.70	2.59	61	1.58
Vegas de ríos en condiciones optimas	0.59	30	0.18	0.85	58	0.49
Bosques con troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas	14.30	45	6.43	20.53	66	13.55
Bosques con cubierta buena	9.71	25	2.43	13.95	55	7.67
		$\Sigma =$	17.28		$\Sigma =$	35.80
	CN ponderado = CN(A) + CN(B) =	53.08		= CN (II)		

Se utilizó un Número de Curva para condiciones húmedas CN (III), considerando que para el estudio de máximas avenidas de caudales es necesario considerar el caso más crítico.

Empleando la ecuación [3] determinamos el valor de CN (III):

$$CN (III) = 72.24$$

4.5 ESTIMACIÓN DE CAUDALES

Para la estimación de caudales se usó el método Racional Modificado. Para poder aplicar el método, se ha determinado:

- Tiempo de concentración, ecuación [16] :

$$T_c = 3.31$$

- Coeficiente de uniformidad:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14} \quad [20]$$

$$K = 1.24196$$

- Coeficiente de simultaneidad o Factor reductor

$$K_A = 1 - (\log_{10} A/15) \quad [21]$$

$$K_A = 0.9113$$

- Precipitación máxima corregida

$$P = K_A * P_d \quad [22]$$

Tabla 26. Precipitación Máxima Corregida Estación Aerial Cuenca Pindo

ESTACIÓN ARIAL CUENCA PINDO		
TR	Precip. máx LN3 (mm)	P (mm)
2	54.28	49.46
5	70.90	64.61
10	82.86	75.52
20	94.96	86.54
25	98.93	90.16
50	111.53	101.65
100	124.65	113.60
200	138.36	126.09

- Intensidad de precipitación

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) * (11)^{\frac{28^{0.1} - T_C^{0.1}}{28^{0.1} - 1}} \quad [23]$$

Tabla 27. Intensidad de Precipitación Estación Aerial Cuenca Pindo

TR (años)	P (mm)	I (mm/h)
2	49.46	10.481
5	64.61	13.691
10	75.52	16.001
20	86.54	18.338
25	90.16	19.104
50	101.65	21.538
100	113.60	24.071
200	126.09	26.717

- Coeficiente de escorrentía

$$C = \frac{(P_d - P_0) * (P_d + 23 * P_0)}{(P_d + 11 * P_0)^2} \quad [24]$$

$$CN = 72.24$$

$$P_0 = (500 / CN) - 49 = 20.22$$

Tabla 28. Coeficiente de Escorrentía Estación Arial Cuenca Pindo

TR (años)	P (mm)	C
2	49.463	0.2036
5	64.615	0.2855
10	75.516	0.3368
20	86.543	0.3833
25	90.157	0.3975
50	101.645	0.4395
100	113.600	0.4786
200	126.088	0.5153

- Caudales, ecuación [5]

$$Q = 0.278CIAK \quad [5]$$

$$A = 21.383$$

$$K = 1.24196$$

Tabla 29. Caudales en diferentes tiempos de retorno Estación Arial Cuenca Pindo

TR	C	I	Q
2	0.2036	10.481	15.754
5	0.2855	13.691	28.856
10	0.3368	16.001	39.788
20	0.3833	18.338	51.895
25	0.3975	19.104	56.061
50	0.4395	21.538	69.877
100	0.4786	24.071	85.059
200	0.5153	26.717	101.648

4.6 SIMULACIÓN HIDRÁULICA

La simulación hidráulica del cauce se ejecuta con el subprograma de Análisis de Sistemas de Ríos del Cuerpo de Ingenieros Hidrológicos del Ejército de los Estados Unidos HEC-RAS; logrando obtener la extensión de la lámina de agua y los planos de inundación para los caudales máximos de diferentes periodos de retorno.

La información básica son los caudales máximos para los diferentes periodos de retorno, las características geométricas longitudinales y transversales del cauce y los coeficientes de rugosidad.

4.6.1 Coeficientes de rugosidad de Manning.

Se estimaron los coeficientes de rugosidad de Manning (n) para el cauce, así como también para el margen izquierdo y derecho de la quebrada mediante la metodología de Cowan, empleando los valores de la tabla , haciendo uso de la ecuación [6] y la observación en campo (anexo 2), considerando los siguientes criterios:

Material involucrado; en campo se observó que el cauce está representado por partículas pequeñas por lo que se optó por grava fina, en cambio en las planicies de inundación al margen izquierdo y derecho del cauce se determinó la presencia de partículas muy finas por lo que se optó por tierra como material involucrado.

Grado de irregularidad; verificando el perímetro mojado en las secciones de la quebrada, se observa taludes ligeramente erosionados por lo que se considera una irregularidad menor, en tanto para el margen izquierdo y derecho se identificó un grado de irregularidad severo.

Variaciones de la sección transversal; verificando las secciones transversales del tramo en estudio se identificó que no existen cambios frecuentes en la sección del cauce por lo que se considera una variación ocasionalmente alternante; en cambio para el margen izquierdo y derecho se identificó una variación frecuentemente alternante.

Efecto relativo de las obstrucciones; debido a que en la quebrada existe solo la presencia de un puente con una pila en el centro y no existiendo más obstrucciones considerables en el cauce se opta por un efecto de obstrucciones menor; en cambio en el margen izquierdo y derecho se identifica la presencia considerable de follaje, cercos, basura, palos y raíces, por lo que se considera un efecto de obstrucciones severo.

Vegetación; se observó que existe una cantidad despreciable de vegetación sumergida, pero en las riveras de la quebrada se identifica la presencia de pastos y arbustos por lo que se considera una vegetación media en el cauce; en tanto en el margen izquierdo y derecho existe mayor presencia de pastos y arbustos por lo que se considera una vegetación alta.

Grado de los efectos por meandros; se calculó la sinuosidad, obteniendo un valor de 1.09 al dividir la longitud del tramo entre la longitud en línea recta del tramo en estudio, siendo menor a 1.20, por lo tanto se consideró una sinuosidad menor.

De acuerdo al análisis anterior se presentan los resultados de los valores de coeficientes de Manning en las siguientes tablas:

Tabla 30. Coeficiente de Manning en el cauce de la quebrada Pindo

Condiciones del canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	n0	0.024
Grado de irregularidad	Menor	n1	0.005
Variaciones de la sección transversal	Ocasionalmente alternante	n2	0.005
Efecto relativo de las obstrucciones	Menor	n3	0.010
vegetación	media	n4	0.010
grado de los efectos por meandros	menor	m5	1.000
Valor de n			0.054

Tabla 31. Coeficiente de Manning para el margen izquierdo y derecho de la quebrada Pindo

condiciones del canal		valores	
Material involucrado	Tierra	n0	0.024
Grado de irregularidad	Severo	n1	0.020
Variaciones de la sección transversal	Frecuentemente alternante	n2	0.010
Efecto relativo de las obstrucciones	Severo	n3	0.040
vegetación	alta	n4	0.025
grado de los efectos por meandros	menor	m5	1.000
Valor de n			0.119

River: QDA PINDO Edit Interpolated XS's Channel n Values have a light green background

Reach: EJE QDA All Regions

Selected Area Edit Options

Add Constant ... Multiply Factor ... Set Values ... Replace ... Reduce to L Ch R ...

	River Station	Frcn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	784.79	n	0.119	0.054	0.119
2	780	n	0.119	0.054	0.119
3	760	n	0.119	0.054	0.119
4	740	n	0.119	0.054	0.119
5	720	n	0.119	0.054	0.119
6	700	n	0.119	0.054	0.119
7	680	n	0.119	0.054	0.119
8	660	n	0.119	0.054	0.119
9	640	n	0.119	0.054	0.119
10	620	n	0.119	0.054	0.119
11	600	n	0.119	0.054	0.119
12	580	n	0.119	0.054	0.119
13	560	n	0.119	0.054	0.119
14	540	n	0.119	0.054	0.119
15	520	n	0.119	0.054	0.119
16	500	n	0.119	0.054	0.119
17	480	n	0.119	0.054	0.119
18	460	n	0.119	0.054	0.119
19	440	n	0.119	0.054	0.119
20	420	n	0.119	0.054	0.119
21	400	n	0.119	0.054	0.119
22	380	n	0.119	0.054	0.119
23	360	n	0.119	0.054	0.119
24	340	n	0.119	0.054	0.119
25	320	n	0.119	0.054	0.119
26	300	n	0.119	0.054	0.119
27	280	n	0.119	0.054	0.119
28	260	n	0.119	0.054	0.119
29	240	n	0.119	0.054	0.119
30	220	n	0.119	0.054	0.119
31	200	n	0.119	0.054	0.119
32	180	n	0.119	0.054	0.119
33	160	n	0.119	0.054	0.119
34	140	n	0.119	0.054	0.119
35	120	n	0.119	0.054	0.119
36	100	n	0.119	0.054	0.119
37	80	n	0.119	0.054	0.119
38	60	n	0.119	0.054	0.119
39	40	n	0.119	0.054	0.119
40	20	n	0.119	0.054	0.119
41	0	n	0.119	0.054	0.119

Figura 15. Valores de coeficientes de rugosidad de Manning ingresados en HEC - RAS

4.6.2 Geometría del cauce en estudio.

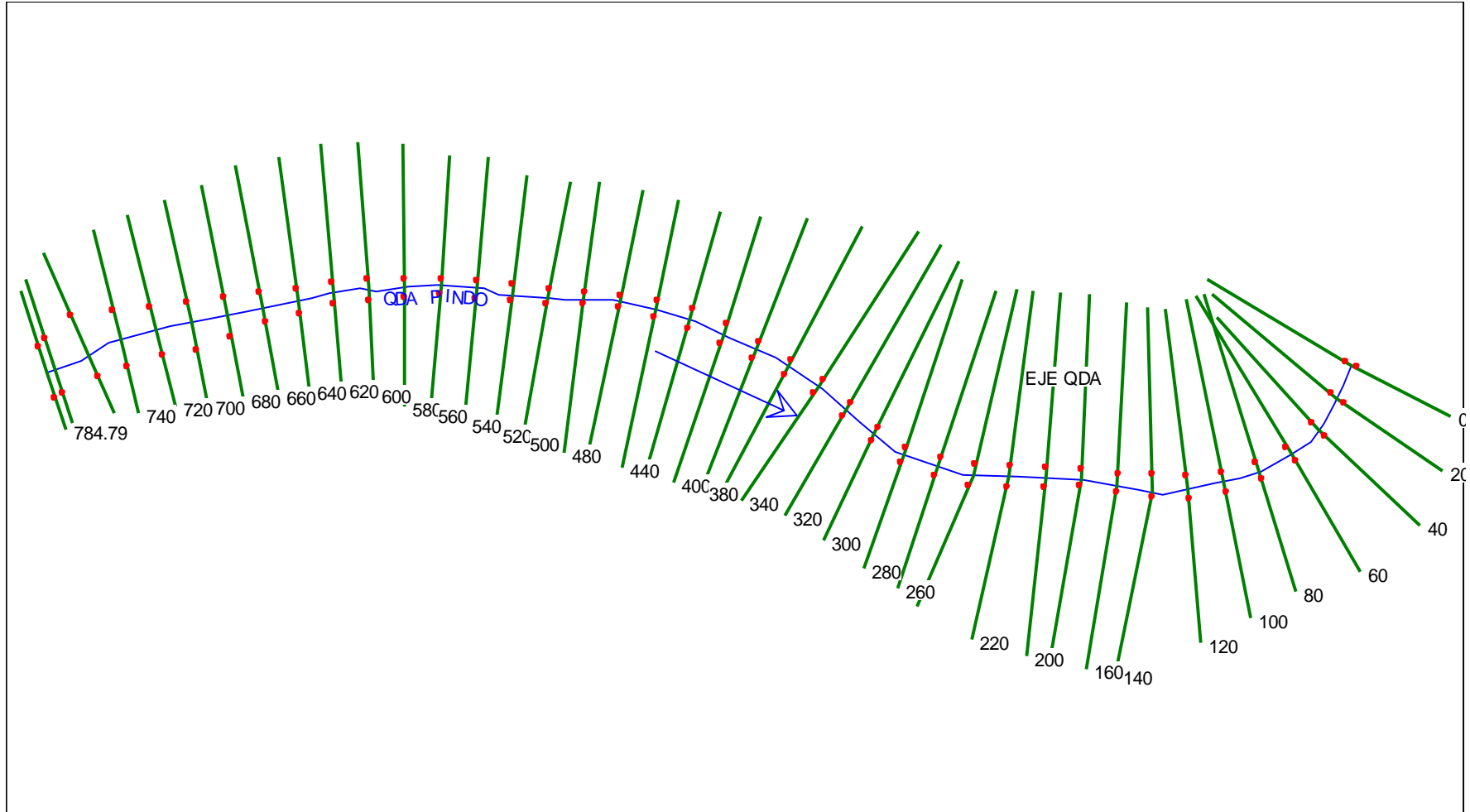


Figura 16. Tramo de la quebrada Pindo en estudio

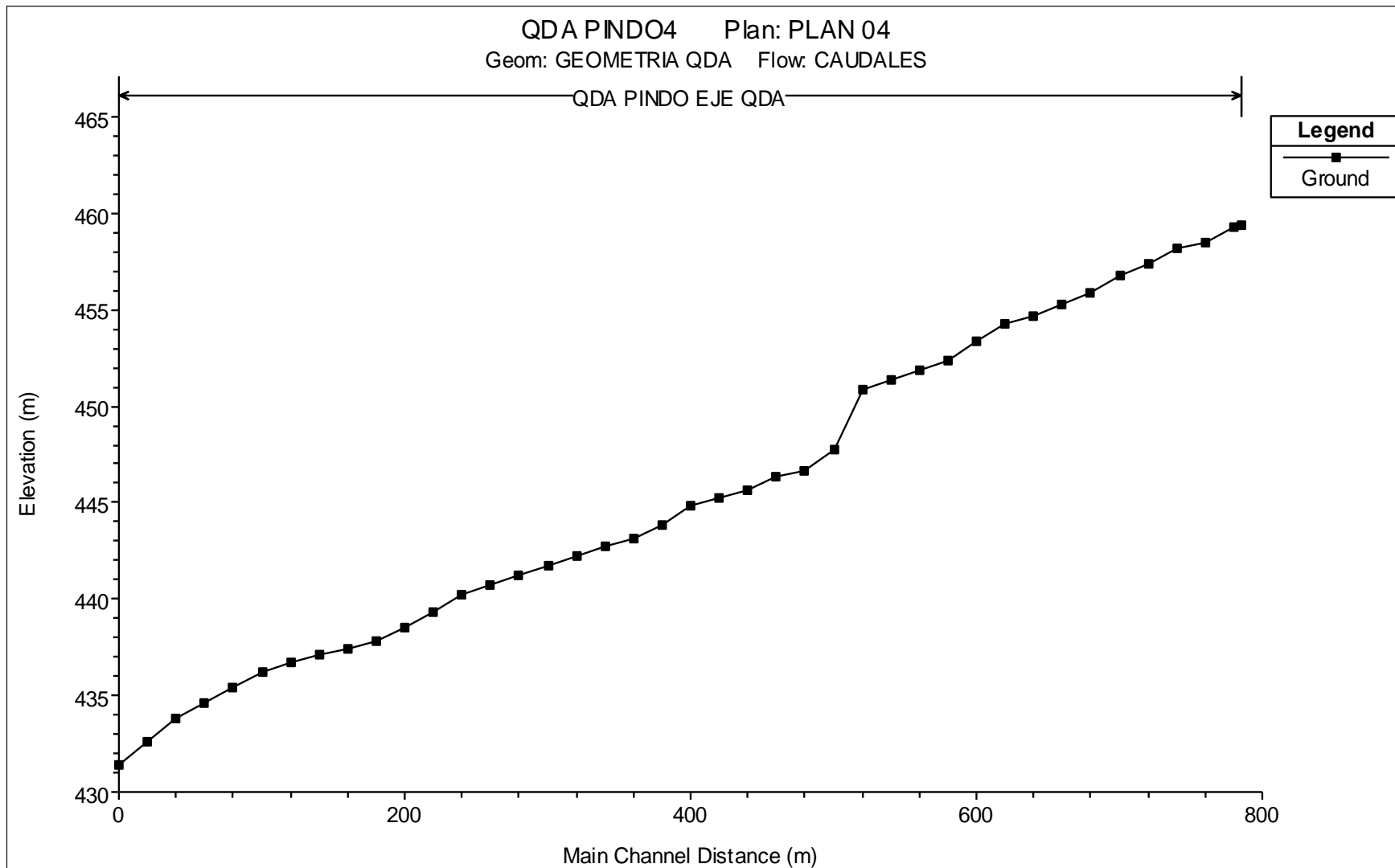


Figura 17. Perfil longitudinal de la quebrada Pindo

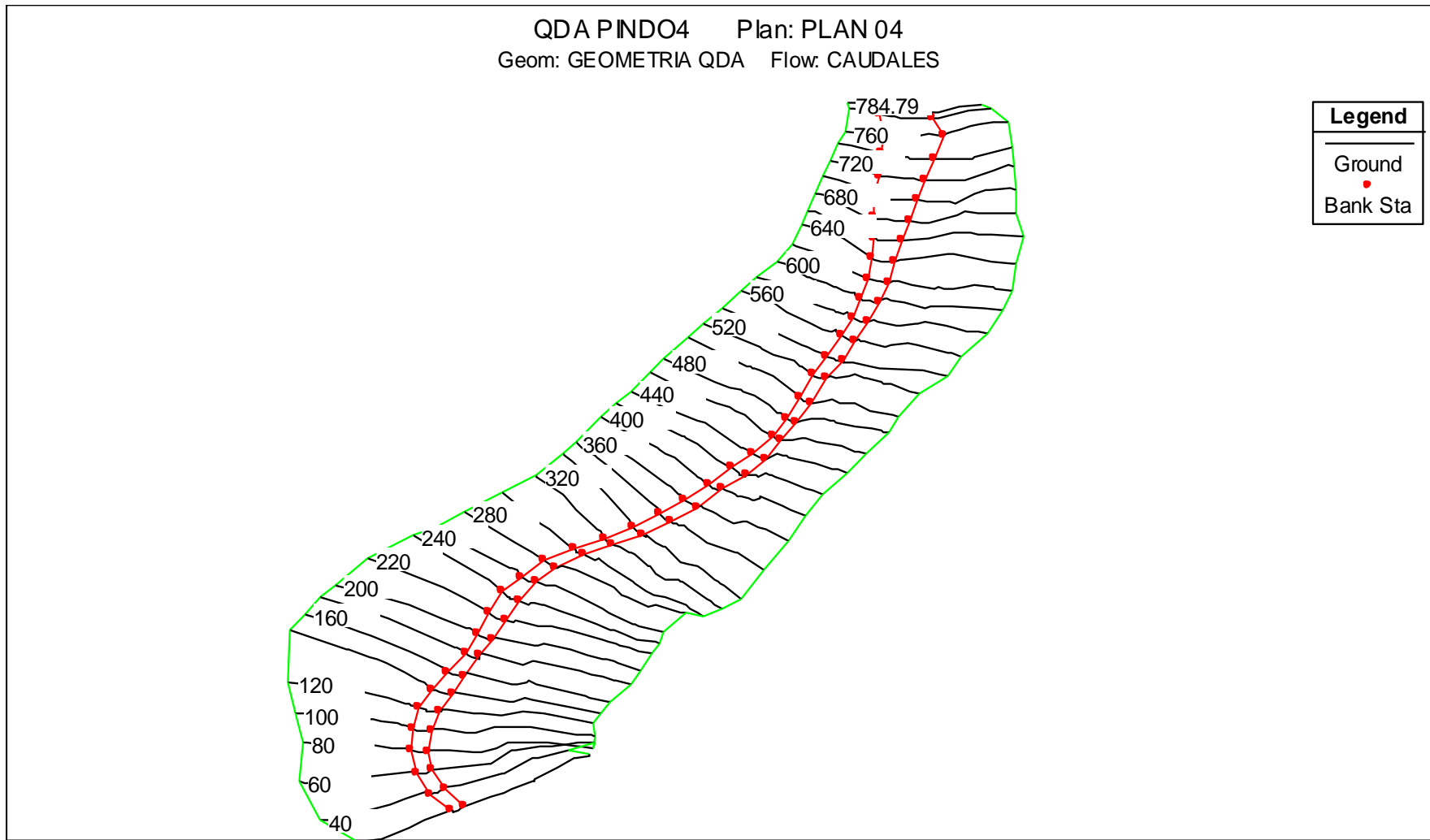


Figura 18. Geometría del tramo en estudio de la quebrada Pindo

4.6.3 Caudales máximos.

Se ingresó los datos de caudal obtenidos en el estudio hidrológico, para los tiempos de retorno: TR25, TR50, TR100 y TR200.

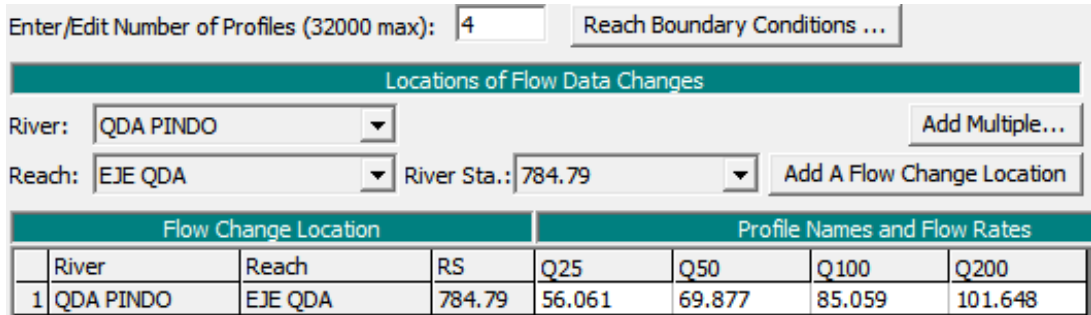


Figura 19. Datos de caudales ingresados en HEC-RAS

4.6.4 Nivel de agua en secciones críticas para los TR = 25, 50, 100 y 200 años.

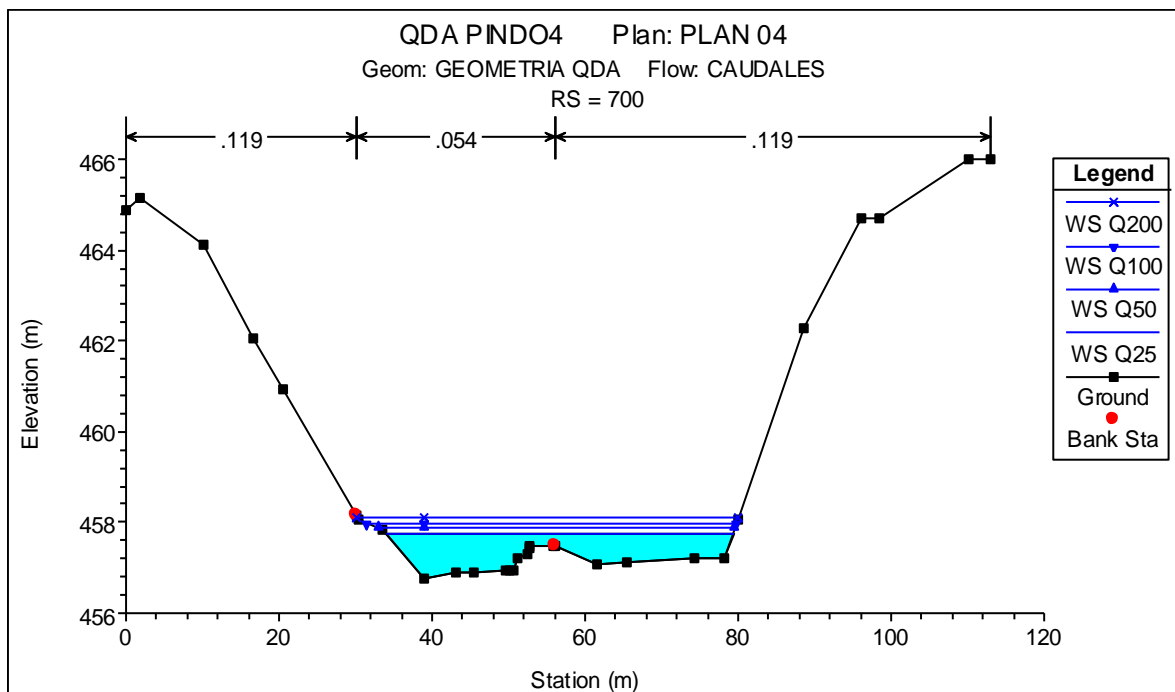


Figura 20. Sección 700 de la quebrada Pindo

Tabla 32. Resultados del modelamiento en HEC - RAS de la sección 700.

QDA PINDO RS: 700 Profile: Q25					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	457.76	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	56.06	Flow (m3/s)		40.97	15.09
Top Width (m)	45.44	Top Width (m)		22.05	23.39
Vel Total (m/s)	1.99	Avg. Vel. (m/s)		2.77	1.13
Max Chl Dpth (m)	0.98	Hydr. Depth (m)		0.67	0.57
Min Ch El (m)	456.78	Shear (N/m2)		251.98	215.02
QDA PINDO RS: 700 Profile: Q50					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	457.88	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	69.88	Flow (m3/s)		50.2	19.68
Top Width (m)	46.68	Top Width (m)		23.08	23.6
Vel Total (m/s)	2.1	Avg. Vel. (m/s)		2.89	1.23
Max Chl Dpth (m)	1.1	Hydr. Depth (m)		0.75	0.68
Min Ch El (m)	456.78	Shear (N/m2)		264.44	239.28
QDA PINDO RS: 700 Profile: Q100					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	457.98	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	85.06	Flow (m3/s)		60.28	24.78
Top Width (m)	48.22	Top Width (m)		24.43	23.79
Vel Total (m/s)	2.24	Avg. Vel. (m/s)		3.06	1.35
Max Chl Dpth (m)	1.2	Hydr. Depth (m)		0.81	0.77
Min Ch El (m)	456.78	Shear (N/m2)		288.76	276.61
QDA PINDO RS: 700 Profile: Q200					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	458.12	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	101.65	Flow (m3/s)		71.35	30.3
Top Width (m)	49.9	Top Width (m)		25.84	24.06
Vel Total (m/s)	2.26	Avg. Vel. (m/s)		3.07	1.4
Max Chl Dpth (m)	1.34	Hydr. Depth (m)		0.9	0.9
Min Ch El (m)	456.78	Shear (N/m2)		280.64	281.38

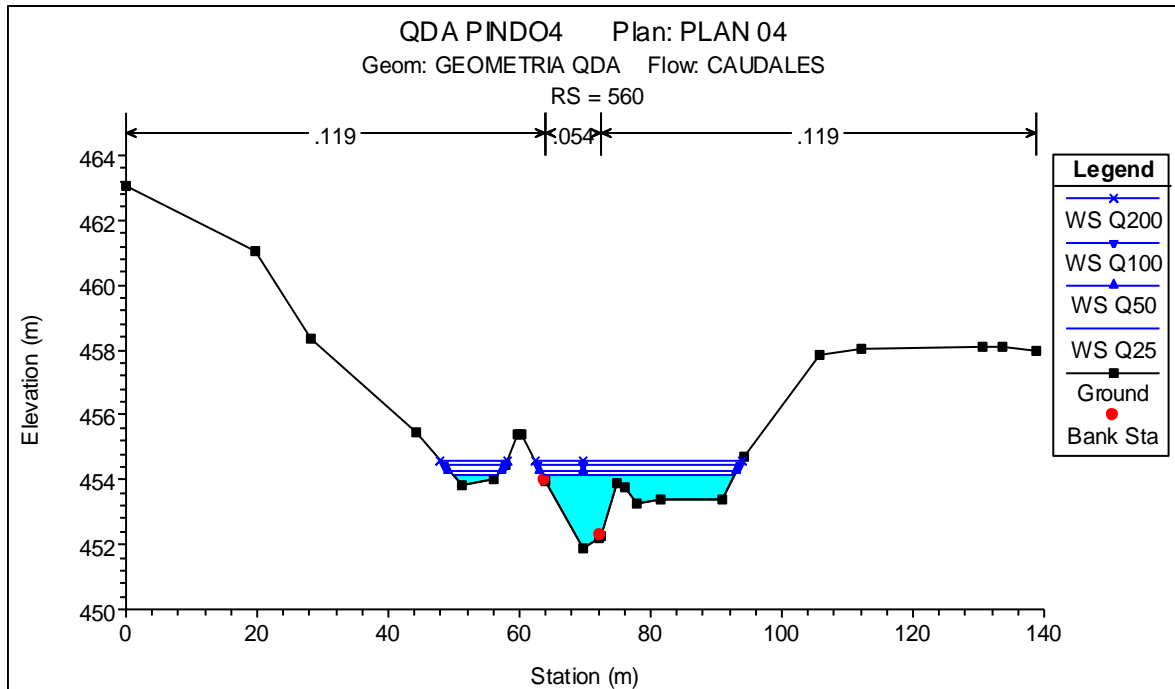


Figura 21. Sección 560 de la quebrada Pindo

Tabla 33. Resultados del modelamiento en HEC-RAS sección 560.

QDA PINDO RS: 560 Profile: Q25					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	454.13	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	56.06	Flow (m3/s)	0.57	41.5	13.99
Top Width (m)	35.83	Top Width (m)	7.16	8.33	20.34
Vel Total (m/s)	1.99	Avg. Vel. (m/s)	0.41	3.39	0.96
Max Chl Dpth (m)	2.23	Hydr. Depth (m)	0.19	1.47	0.72
Min Ch El (m)	451.9	Shear (N/m2)	39.63	293.22	144.69
QDA PINDO RS: 560 Profile: Q50					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	454.29	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	69.88	Flow (m3/s)	1.45	49.14	19.29
Top Width (m)	38.05	Top Width (m)	8.96	8.33	20.75
Vel Total (m/s)	2.05	Avg. Vel. (m/s)	0.55	3.62	1.08
Max Chl Dpth (m)	2.39	Hydr. Depth (m)	0.3	1.63	0.86
Min Ch El (m)	451.9	Shear (N/m2)	60.6	323.41	172.67
QDA PINDO RS: 560 Profile: Q100					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	454.44	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	85.06	Flow (m3/s)	2.73	57.19	25.14
Top Width (m)	40.19	Top Width (m)	10.71	8.33	21.15
Vel Total (m/s)	2.12	Avg. Vel. (m/s)	0.65	3.85	1.19
Max Chl Dpth (m)	2.55	Hydr. Depth (m)	0.39	1.78	1

Min Ch El (m)	451.9	Shear (N/m2)	79.59	354.92	200.43
QDA PINDO RS: 560 Profile: Q200					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	454.59	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	101.65	Flow (m3/s)	4.45	65.69	31.51
Top Width (m)	41.93	Top Width (m)	12.07	8.33	21.53
Vel Total (m/s)	2.2	Avg. Vel. (m/s)	0.76	4.08	1.3
Max Chl Dpth (m)	2.7	Hydr. Depth (m)	0.49	1.93	1.12
Min Ch El (m)	451.9	Shear (N/m2)	99.88	388.7	228.78

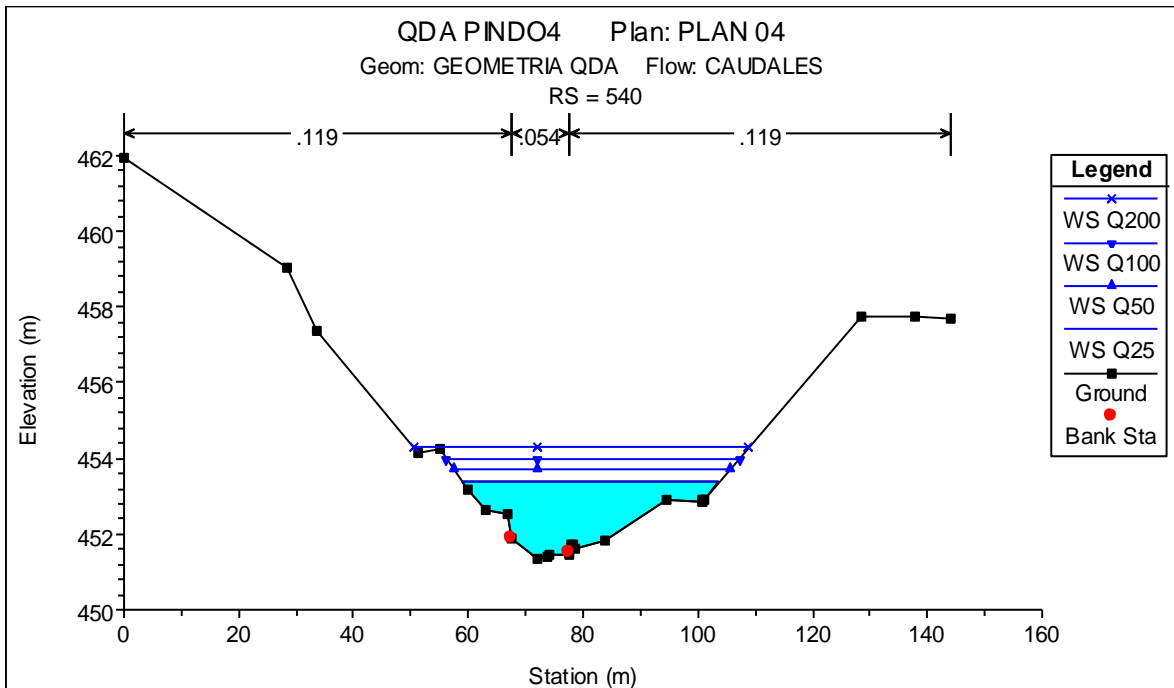


Figura 22. Sección 540 de la quebrada Pindo

Tabla 34. Resultados del modelamiento en HEC-RAS sección 540.

QDA PINDO RS: 540 Profile: Q25					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	453.37	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	56.06	Flow (m3/s)	2.28	38.88	14.9
Top Width (m)	44.67	Top Width (m)	8.5	10.08	26.08
Vel Total (m/s)	1.15	Avg. Vel. (m/s)	0.44	2.08	0.6
Max Chl Dpth (m)	2.02	Hydr. Depth (m)	0.61	1.86	0.95
Min Ch El (m)	451.35	Shear (N/m2)	31.87	100.58	51.29
QDA PINDO RS: 540 Profile: Q50					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	453.71	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119

Q Total (m3/s)	69.88	Flow (m3/s)	3.93	44.93	21.02
Top Width (m)	48.26	Top Width (m)	10.14	10.08	28.04
Vel Total (m/s)	1.08	Avg. Vel. (m/s)	0.47	2.03	0.62
Max Chl Dpth (m)	2.36	Hydr. Depth (m)	0.83	2.2	1.21
Min Ch El (m)	451.35	Shear (N/m2)	32.83	90.36	49.72

QDA PINDO RS: 540 Profile: Q100

		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	453.99	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	85.06	Flow (m3/s)	5.72	52.01	27.33
Top Width (m)	51.15	Top Width (m)	11.46	10.08	29.61
Vel Total (m/s)	1.09	Avg. Vel. (m/s)	0.5	2.08	0.65
Max Chl Dpth (m)	2.64	Hydr. Depth (m)	0.99	2.48	1.42
Min Ch El (m)	451.35	Shear (N/m2)	35.67	91.97	52.51

QDA PINDO RS: 540 Profile: Q200

		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	454.28	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	101.65	Flow (m3/s)	6.97	59.95	34.73
Top Width (m)	58.36	Top Width (m)	17	10.08	31.28
Vel Total (m/s)	1.08	Avg. Vel. (m/s)	0.45	2.15	0.68
Max Chl Dpth (m)	2.93	Hydr. Depth (m)	0.9	2.77	1.63
Min Ch El (m)	451.35	Shear (N/m2)	29.96	94.15	55.14

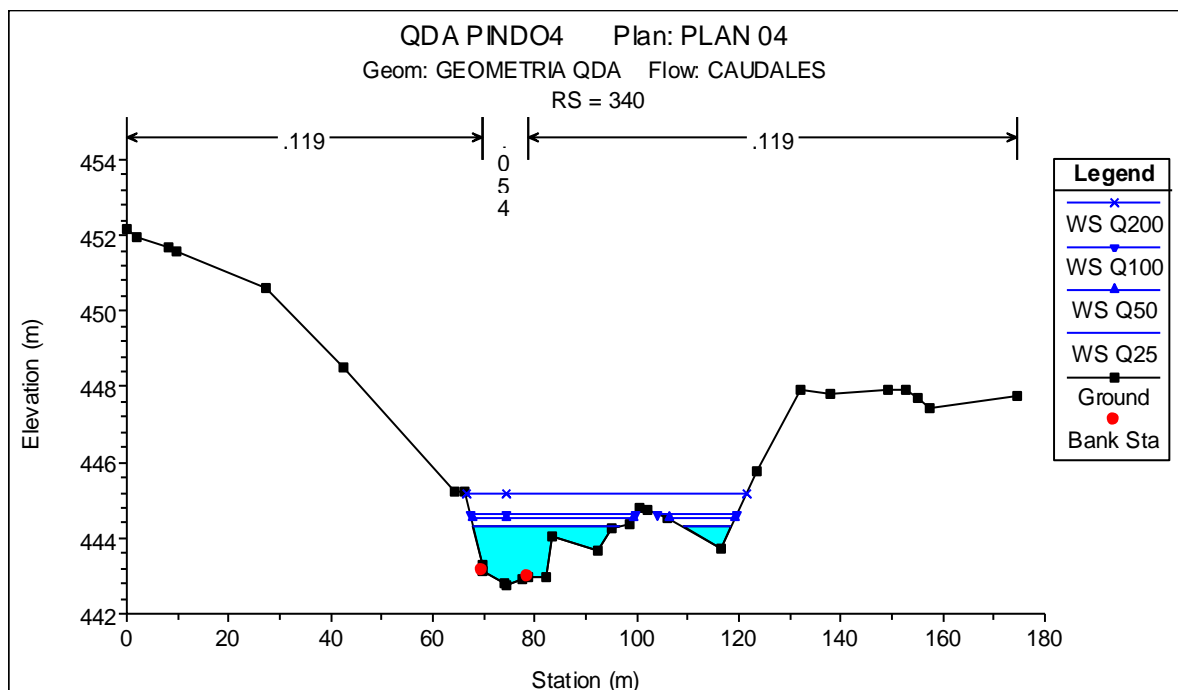


Figura 23. Sección 340 de la quebrada Pindo

Tabla 35. Resultados del modelamiento en HEC-RAS sección 340.

QDA PINDO RS: 340 Profile: Q25					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	444.32	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	56.06	Flow (m3/s)	0.88	43.84	11.34
Top Width (m)	38.28	Top Width (m)	1.96	8.72	27.6
Vel Total (m/s)	2.07	Avg. Vel. (m/s)	0.79	3.56	0.83
Max Chl Dpth (m)	1.58	Hydr. Depth (m)	0.57	1.41	0.5
Min Ch El (m)	442.73	Shear (N/m2)	110.61	322.37	110.61
QDA PINDO RS: 340 Profile: Q50					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	444.53	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	69.88	Flow (m3/s)	1.29	51.09	17.5
Top Width (m)	44.65	Top Width (m)	2.32	8.72	33.6
Vel Total (m/s)	1.94	Avg. Vel. (m/s)	0.82	3.61	0.87
Max Chl Dpth (m)	1.79	Hydr. Depth (m)	0.67	1.62	0.6
Min Ch El (m)	442.73	Shear (N/m2)	112.57	317.54	115.37
QDA PINDO RS: 340 Profile: Q100					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	444.65	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	85.06	Flow (m3/s)	1.68	59.78	23.6
Top Width (m)	48.15	Top Width (m)	2.53	8.72	36.9
Vel Total (m/s)	2.05	Avg. Vel. (m/s)	0.9	3.93	0.97
Max Chl Dpth (m)	1.91	Hydr. Depth (m)	0.73	1.74	0.66
Min Ch El (m)	442.73	Shear (N/m2)	132.44	368.01	137.22
QDA PINDO RS: 340 Profile: Q200					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	445.17	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	101.65	Flow (m3/s)	2.49	60.5	38.66
Top Width (m)	55.02	Top Width (m)	3.45	8.72	42.86
Vel Total (m/s)	1.46	Avg. Vel. (m/s)	0.72	3.05	0.83
Max Chl Dpth (m)	2.44	Hydr. Depth (m)	1	2.27	1.08
Min Ch El (m)	442.73	Shear (N/m2)	76.56	203.13	94.92

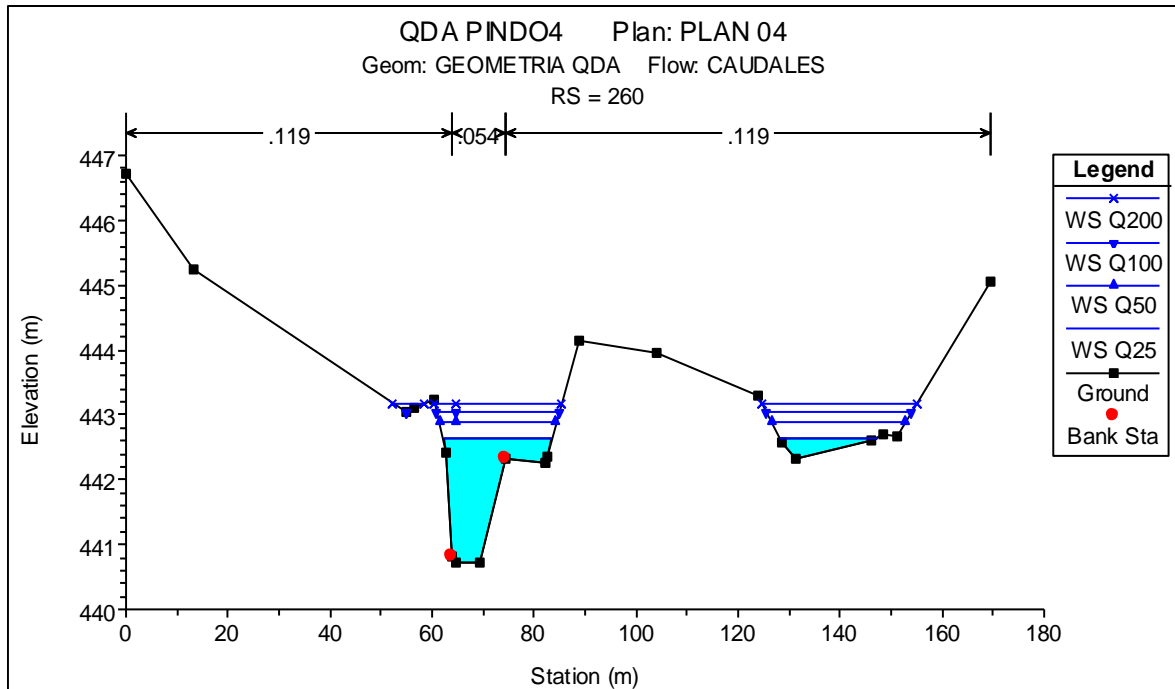


Figura 24. Sección 260 de la quebrada Pindo

Tabla 36. Resultado del modelamiento en HEC-RAS sección 260.

QDA PINDO RS: 260 Profile: Q25					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	442.64	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	56.06	Flow (m3/s)	0.71	52.69	2.66
Top Width (m)	40.15	Top Width (m)	1.76	10.68	27.71
Vel Total (m/s)	2.38	Avg. Vel. (m/s)	0.63	3.23	0.43
Max Chl Dpth (m)	1.91	Hydr. Depth (m)	0.64	1.53	0.22
Min Ch El (m)	440.73	Shear (N/m2)	73.8	260.69	38.54
QDA PINDO RS: 260 Profile: Q50					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	442.87	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	69.88	Flow (m3/s)	1.01	61.14	7.72
Top Width (m)	48.95	Top Width (m)	2.54	10.68	35.73
Vel Total (m/s)	2.04	Avg. Vel. (m/s)	0.62	3.25	0.56
Max Chl Dpth (m)	2.15	Hydr. Depth (m)	0.64	1.76	0.39
Min Ch El (m)	440.73	Shear (N/m2)	68.42	251.41	56.39
QDA PINDO RS: 260 Profile: Q100					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	443.04	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	85.06	Flow (m3/s)	1.37	70.5	13.19
Top Width (m)	52.55	Top Width (m)	3.19	10.68	38.68
Vel Total (m/s)	2	Avg. Vel. (m/s)	0.66	3.43	0.66
Max Chl Dpth (m)	2.31	Hydr. Depth (m)	0.65	1.93	0.51

Min Ch El (m)	440.73	Shear (N/m2)	72.63	272.13	74.08
QDA PINDO RS: 260 Profile: Q200					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	443.18	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	101.65	Flow (m3/s)	1.88	80.39	19.37
Top Width (m)	62.01	Top Width (m)	10.06	10.68	41.27
Vel Total (m/s)	2	Avg. Vel. (m/s)	0.63	3.64	0.76
Max Chl Dpth (m)	2.45	Hydr. Depth (m)	0.3	2.07	0.62
Min Ch El (m)	440.73	Shear (N/m2)	40.27	299.38	91.46

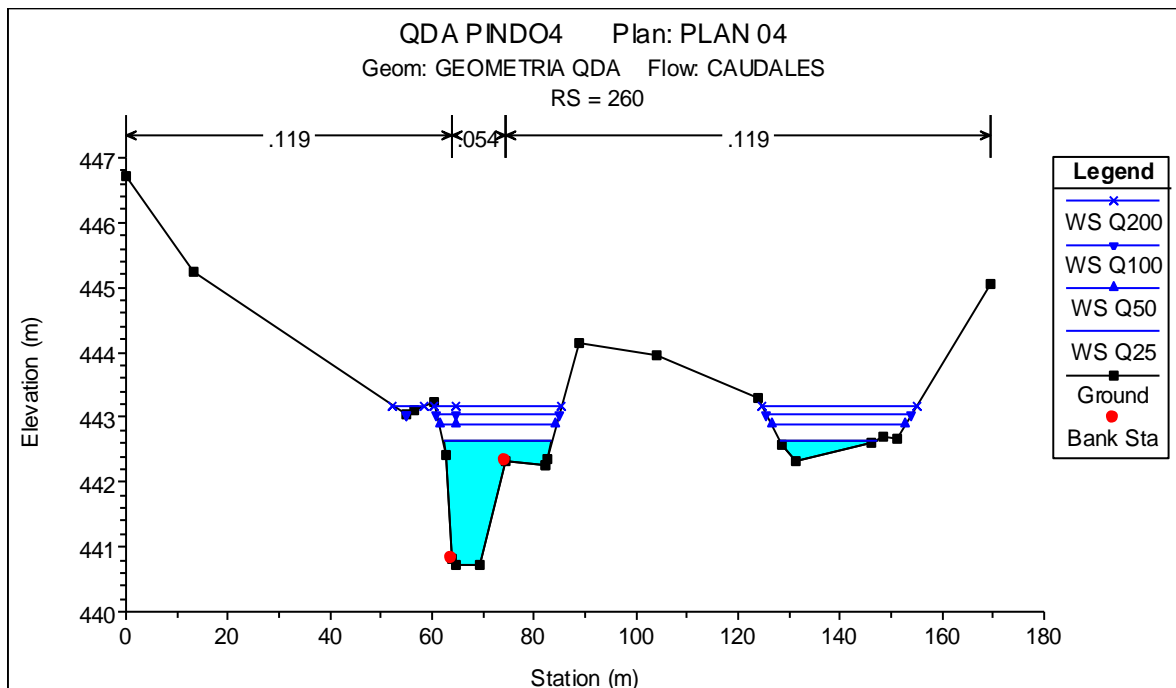


Figura 25. Sección 60 de la quebrada Pindo

Tabla 37. Resultado del modelamiento en HEC-RAS sección 60.

QDA PINDO RS: 60 Profile: Q25					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	435.9	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	56.06	Flow (m3/s)	6.46	40.28	9.33
Top Width (m)	104.36	Top Width (m)	59.36	9.27	35.72
Vel Total (m/s)	1.84	Avg. Vel. (m/s)	0.62	4.32	0.88
Max Chl Dpth (m)	1.24	Hydr. Depth (m)	0.18	1.01	0.3
Min Ch El (m)	434.66	Shear (N/m2)	94.26	535.73	159.93
QDA PINDO RS: 60 Profile: Q50					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	435.96	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119

Q Total (m3/s)	69.88	Flow (m3/s)	10.73	45.94	13.2
Top Width (m)	112.52	Top Width (m)	66.72	9.27	36.52
Vel Total (m/s)	1.86	Avg. Vel. (m/s)	0.73	4.62	1.01
Max Chl Dpth (m)	1.3	Hydr. Depth (m)	0.22	1.07	0.36
Min Ch El (m)	434.66	Shear (N/m2)	123.75	600.74	201.8

QDA PINDO RS: 60 Profile: Q100

		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	436.01	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	85.06	Flow (m3/s)	15.98	51.82	17.26
Top Width (m)	112.75	Top Width (m)	66.83	9.27	36.65
Vel Total (m/s)	1.95	Avg. Vel. (m/s)	0.88	4.97	1.15
Max Chl Dpth (m)	1.36	Hydr. Depth (m)	0.27	1.12	0.41
Min Ch El (m)	434.66	Shear (N/m2)	166.04	683.02	250.18

QDA PINDO RS: 60 Profile: Q200

		Element	Left OB	Channel	Right OB
W.S. Elev (m)	436.06	Wt. n-Val.	0.119	0.054	0.119
Q Total (m3/s)	101.65	Flow (m3/s)	21.94	58	21.71
Top Width (m)	112.96	Top Width (m)	66.93	9.27	36.76
Vel Total (m/s)	2.07	Avg. Vel. (m/s)	1.02	5.33	1.3
Max Chl Dpth (m)	1.41	Hydr. Depth (m)	0.32	1.17	0.46
Min Ch El (m)	434.66	Shear (N/m2)	212.61	774.41	303.54

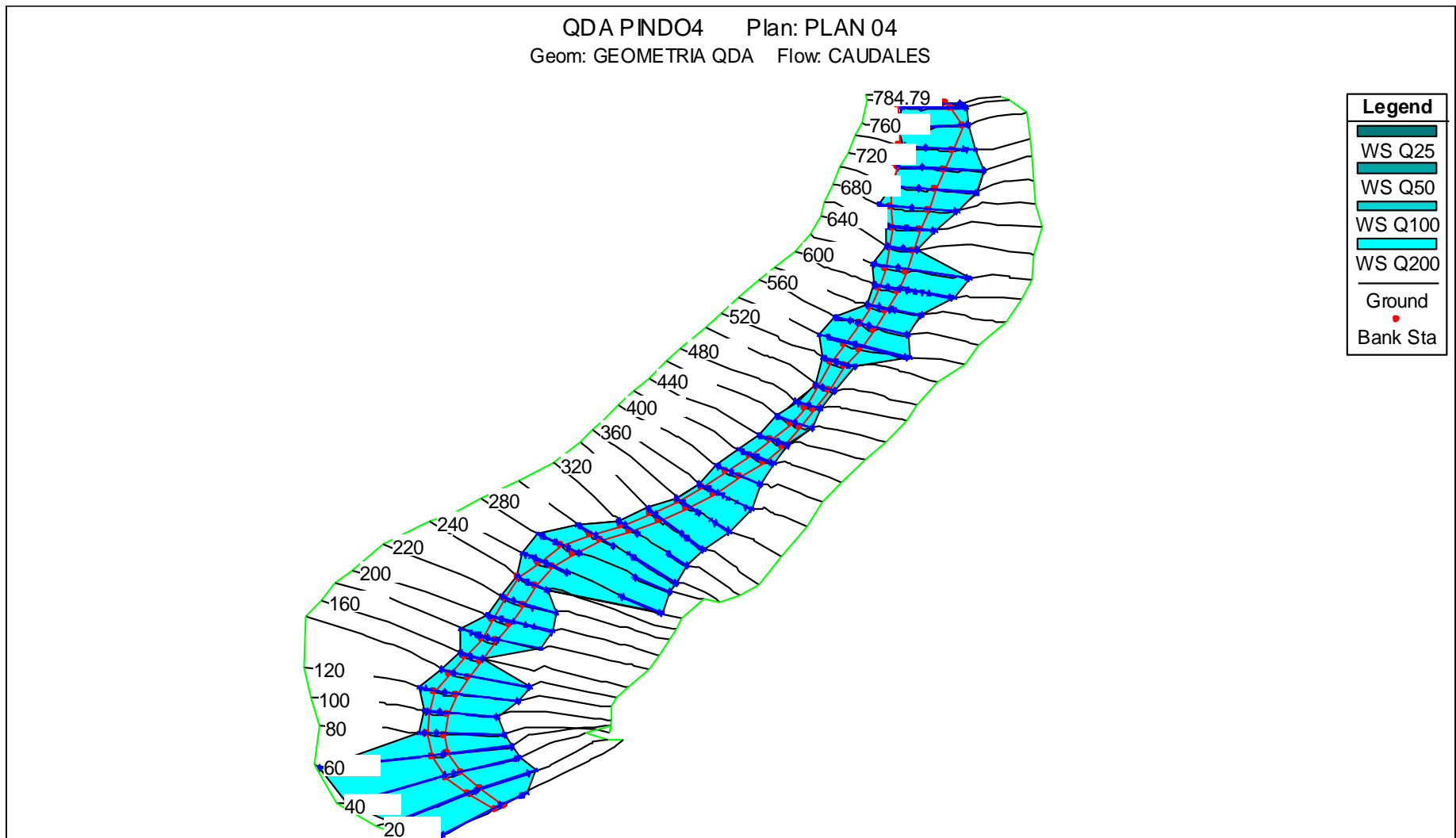


Figura 26. Vista 3D de las secciones transversales de la quebrada Pindo.

V. DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos en los parámetros geomorfológicos de la cuenca Pindo, se determinó una superficie de la cuenca igual a 21.38 km², que según el MTC (2011) en su publicación del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje considera como una cuenca grande, esto por tener una superficie mayor a 10 km²; sin embargo según Villón (2002) esta cuenca pertenecería a la clasificación de una cuenca pequeña por tener una superficie menor a 250 km².

En este estudio el coeficiente de compacidad adquiere un valor de 1.58, siendo este mayor a 1.5 se define la cuenca de forma oblonga a rectangular; según el valor del coeficiente de masividad se considera una cuenca muy montañosa con una pendiente del cauce principal de clase moderada, además teniendo en consideración la pendiente del cauce y el tiempo de concentración se puede inferir para periodos lluviosos, moderados volúmenes de agua y escurrimiento en la cuenca, así como también desplazamientos de flujo que van desde moderadas a altas velocidades; se identificaron estas características de acuerdo a la investigación realizada por Fuentes (2004).

De los caudales máximos obtenidos en el estudio hidrológico se puede decir, que no son valores exagerados, puesto que guardan relación con los valores obtenidos en los parámetros geomorfológicos y las intensidades de lluvia registrada en las estaciones pluviométricas en estudio, por lo que se considera a estos caudales máximos, los adecuados para la cuenca de la quebrada Pindo.

Se utilizó el software HEC - RAS para el modelamiento hidráulico, pues es el que mejor representa los niveles de flujo y la variabilidad de estos ante diferentes tipos de caudales (Múnica, 2013); de los resultados obtenidos se puede identificar el calado máximo a la altura de la sección 540 con un valor de 2.93 m para el periodo de retorno máximo utilizado en el modelamiento, correspondiente a 200 años, este incremento en el nivel del flujo se da debido al tramo angosto antecedente a la estructura del puente existente. También se identifica el calado mínimo a la altura de la sección 740, esto se debe al ensanchamiento del cauce, por lo que la altura del nivel de la lámina de agua tiende a ser menor en comparación a las secciones angostas.

Los valores de velocidad más elevados se dan en las secciones angostas y en la caída hidráulica generada a la altura del puente existente, logrando una velocidad máxima de 9.00 m/s en la caída hidráulica y un valor máximo de velocidad de 6.67 m/s en el canal con secciones estrechas, ambos casos considerando el caudal máximo para el periodo de retorno de 200 años; estos valores de velocidades son altos y considerando que la quebrada no tiene ningún tipo de protección ribereña, el deslizamiento de flujo a estas velocidades pueden causar efectos erosivos y a su vez deslizamiento de los taludes del canal.

Se analizaron las extensiones de la lámina de agua de desborde en cada sección de la quebrada, con lo que se generaron los planos de áreas de inundación de la quebrada Pindo al C.P Perico para los periodos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años. Haciendo la comparación de las áreas de inundación representada en los planos, se puede observar que no existe una variación alarmante de las superficies inundadas a medida que aumenta el periodo de retorno, esto se debe principalmente a la configuración topográfica de la zona de estudio, pues existen pocas áreas de planicie en los linderos de la quebrada. También se puede evidenciar que las zonas críticas presentes se mantienen para los diferentes periodos de retorno, variando únicamente la superficie de inundación.

A partir de los resultados obtenidos, aceptamos la hipótesis planteada que establece determinar áreas de inundación por el desborde de la quebrada Pindo al C.P Perico, ante un evento de máxima avenida de caudales.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Se determinaron las zonas de inundación logrando identificar cuatro puntos críticos en el que se produce un mayor desborde de las aguas, el primer punto crítico se ubica a la altura de la progresiva 0 + 700 km en las coordenadas UTM 743987 E, 9409245 N; el segundo punto crítico a la altura de la progresiva 0 + 620 km en las coordenadas UTM 744061 E, 9409252 N; el tercer punto crítico a la altura de la progresiva 0 + 340 km en las coordenadas UTM 744 330 E, 9409163 N y el cuarto punto crítico a la altura de la progresiva 0 + 060 km en las coordenadas UTM 744579 E, 9409115 N.
- El tramo de la quebrada Pindo, que recorre por la zona urbana del C. P. Perico, ante eventos de máximas avenidas, generarán caudales que sí ocasionarán áreas de inundación, así tenemos:
 - ✓ Por la máxima avenida de caudal de 56.061 m³/s en un tiempo de retorno de 25 años, el área de inundación en todo el trayecto urbano es de 18 058.055 m².
 - ✓ Así mismo en un tiempo de retorno de 50 años, con un caudal de 69.877 m³/s, el área de inundación en todo el trayecto urbano es de 20 512.277 m².
 - ✓ En un tiempo de retorno de 100 años, con un caudal de 85.059 m³/s, el área a inundar en la zona urbana en el C. P. Perico es de 21 760.196 m².
 - ✓ Y en un tiempo de retorno de 200 años, con el caudal de 101.648 m³/s, el área a inundar es de 24 488.547 m².
- Las zonas y lugares que afectan dichos puntos críticos de desborde se pueden apreciar en los planos diseñados de las áreas de inundación de la quebrada Pindo en el C. P. Perico en los tiempos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años.

6.2 RECOMENDACIONES

- En próximas investigaciones se debe obtener la mayor cantidad de información de la red de estaciones pluviométricas que estén involucradas en la zona de estudio para lograr una buena distribución de la precipitación en la cuenca.

- Se debe efectuar obras de encauzamiento y de defensa ribereña en el tramo de la quebrada Pindo que involucra la zona urbana del centro poblado Perico para evitar el desborde de las aguas.
- Que el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) en coordinación con las autoridades locales efectúen una capacitación a los pobladores de la zona con el fin de concientizar y poner en conocimiento de las zonas expuestas a inundaciones.
- Los planos que indican las zonas de inundación deben ser considerados de manera preliminar para la elaboración de proyectos ejecutivos: obras de arte (puentes, muros de encausamiento, etc.), zonificación y planeamiento urbano.
- En próximos estudios se debe considerar el caudal sólido o material de arrastre que se presentan en el cauce ante eventos de avenidas máximas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, J., Sánchez, N., & Morassutti, G. (2015). Evaluación de la ingeniería básica de la canalización de cauces de ríos adyacentes a urbanismos. *INGENIERÍA UC*, 22(3), 62-70.
- Aparicio Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie*. México: LIMUSA.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2015). *Perfil de Riesgos por Inundación en el Perú*. Perú.
- Barrantes Castillo, G., & Vargas Bogantes, J. (2011). La zonificación de amenaza por inundación como herramienta para el ordenamiento territorial en el valle del río Sixaola. *Revista Geográfica de América Central*, 1(46), 67-85.
- Cadena, J. S., & Villegas, A. F. (2016). *Análisis de riesgo por desbordamiento del río chiquito en la zona urbana del municipio de Sogamosa, Boyacá (tesis para obtener título de ingeniero)*. Universidad de Salle Facultad de Ingeniería, Sogamosa.
- Chow, V. T. (2004). *Hidráulica de canales abiertos*. Bogotá: Nomos S.A.
- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. Santafé de Bogotá, Colombia: NOMOS S.A.
- Cruz Romero, B., Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Carrillo González, F. M., & Téllez López, J. (2015). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Caule, Jalisco, México. *Investigación y Ciencia*, 23(64), 26-34.
- Escarcena Quiza, F. Y. (2014). *Determinación de áreas inundables de la parte media de la microcuenca del río Zapatilla-centro poblado de Ancoamaya-Ilave (tesis de grado)*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Fattorelli, S., & Fernández, P. (2011). *Diseño Hidrológico*. Padova, Italia.
- Frisancho, F. (2015). *Análisis de vulnerabilidad mediante modelamiento hidrodinámico del cauce del río seco del cono sur de la ciudad de Tacna (Tesis de Mestría)*. Tacna.
- Fuentes Junco, J. (2004). *Análisis morfométrico de cuencas: Caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancítaro*. Instituto Nacional de Ecología, México.
- Games, w. (2009). *Texto Básico de Hidrología* (primera ed.). Managua, Nicaragua.
- Hernández, A., Arroyo, H., Bendezù, G., Díaz, D., Vilcarromero, S., Rubilar, J., & Gutierrez, E. (2016). Potencial de vulnerabilidad frente a inundaciones de los establecimientos de salud público de cuatro regiones del norte del Perú. *Rev Perú Med Exp Salud Pública*, 92-99.

- Lluén, w. E. (2015). *Aplicacion de la nueva herramienta HEC-RAS 5.0 para càculos bidimensionales del flujo de agua en rios*. Cataluña: Jia.
- López, F., & Pérez, A. (2015). Evidencia sobre la vulnerabilidad institucional y su implicación en el incremento del riesgo de inundación en el litoral mediterráneo español. *Anàlisis especial y representaciòn geogràfica: innovaciòn y aplicaciòn*. Murcia.
- Miñám, E., & Fashbender, J. (2017). *Mapa con fotografías georeferenciadas de los daños causados por el fenomeno del niño costero 2017 en Piura*. Piura.
- Monsalve, G. (1999). *Hidrologia en la ingenieria* (Segunda ed.). Santa Fe de Bogotà, Colombia: Alfaomega.
- Morelli, c. (2007). *Gestiom de Inundaciones Urbanas*. Cordova, Argentina.
- MTC. (2011). *Manual de Hidrologia, Hidràulica Y Drenaje* (segunda ed.). Lima, Perú.
- Múnera, C. (2013). *Analisis comparativos de los modelos HEC-RAS , CCHE2D, G-STARS Y BRI STAR para la modelaciòn hidràulico morfològica en el cauce aluvial. aplicacion al rìo negro(antioquia)*. (Tesis para Magister). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Valdivia, J. (2014). *Determinaciòn del àrea de inundaciòn por maxima avenida de la quebrada Amojù, en la zona urbana de la ciudad de jaen*(Tesis de Grado). Universidad Nacional de Cajamarca, Jaèn.
- Villón, M. (2002). *Hidrologia* (segunda ed.). Lima, Perù: Villòn.
- Wurl, J., Martínez, C., & Imaz, M. (31 de marzo de 2014). Caracterizaciòn del peligro por inundaciones en el oasis La Purisima, baja California Sur , Mèxico. *Investigaciones Geogràficas, Bolentìn del Instituto de geografia*(87), 76-87. Mèxico.

ANEXOS

ANEXO 1. Fotografías de campo



Imagen 1. Quebrada Pindo-quebrada en estudio



Imagen 2. Levantamiento topográfico de la quebrada



Imagen 3. Estructura existente (Puente carretera Jaén-San Ignacio)



Imagen 4. Zonas expuestas a inundaciones- altura de la progresiva 0 + 680 Km de los planos de inundación



Imagen 5. Vista de taludes con riesgos de erosión – altura de la progresiva 0 + 600 Km de los planos de inundación



Imagen 6. Zona inundable – altura de la progresiva 0 + 540 Km del plano de inundación



Imagen 7. Lugar en el que ocurre desborde de las aguas – progresiva 0 + 420 Km del plano de inundación

Fuente: revista Municipalidad Distrital de Chirinos – El Gran Mirador



Imagen 8. Zona en la que ocurre desborde de las aguas – progresiva 0 + 320 Km del plano de inundación

Fuente: revista Municipalidad Distrital de Chirinos – El Gran Mirador

ANEXO 2. Imágenes de la quebrada en estudio para la estimación del coeficiente de rugosidad de Manning empleando el método de Cowan.

ANEXO 2.1 Coeficiente de rugosidad en el cauce.



Imagen 9. Se observa que el material predominante en el cauce está conformado por partículas pequeñas, por lo que el material involucrado en el canal se considera como grava fina



Imagen 10. Se evidencia taludes ligeramente erosionados por lo que se considera un grado de irregularidad menor



Imagen 11. Se observa que la sección del canal no varía con frecuencia, por lo que se considera una variación ocasionalmente alternante



Imagen 12. Puente con pila en el centro, por el que se considera un efecto de obstrucciones menor



Imagen 13. Se observa la presencia de hierbas en los márgenes del cauce, por lo que se considera un grado de vegetación media en el cauce

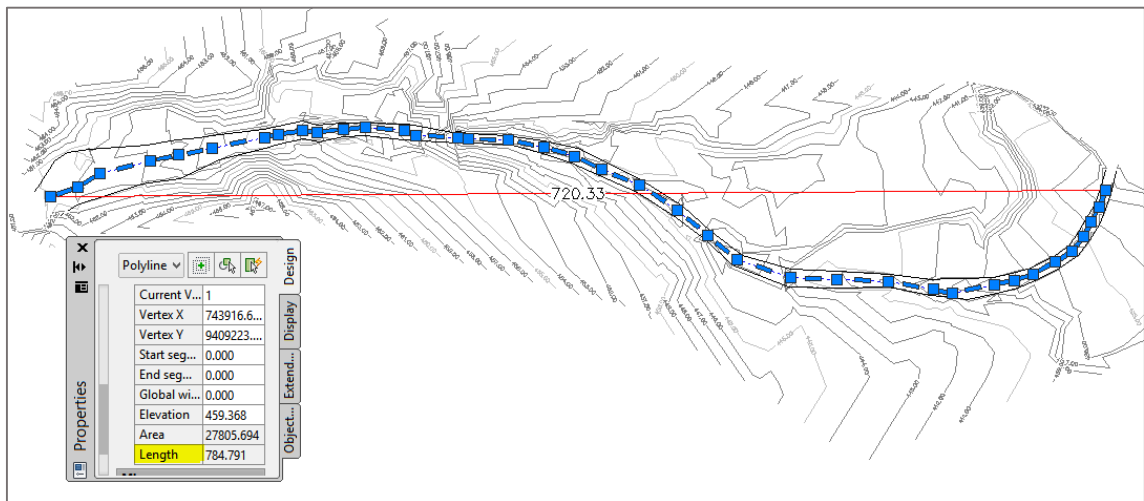


Imagen 14. Se evidencia el análisis de la sinuosidad del cauce, calculada dividiendo la longitud con meandros y la longitud recta del canal

ANEXO 2.2 Coeficiente de rugosidad en el margen izquierdo y derecho.



Imagen 15. Se observa que el material predominante en los márgenes de la quebrada está compuesto por partículas muy finas, por lo que se considera tierra como material involucrado



Imagen 16. Se evidencia que en los márgenes de la quebrada no existe ningún trabajo de limpieza, por lo que se considera un grado de irregularidad severo



Imagen 17. Se observa obstrucciones como troncos, cercos, por lo que se considera un efecto de las obstrucciones severo



Imagen 18. Se observa la presencia de arbustos, hiervas, por lo que se considera un grado de vegetación alta

ANEXO 3: Vista satelital del Centro Poblado Perico



Imagen 19. Vista satelital de la quebrada de estudio en el C.P Perico

ANEXO 4. Análisis estadístico de las distribuciones teóricas.

ANÁLISIS CON DISTRIBUCION NORMAL

AÑO	PRECIPITACIÓN	P ORDENADOS	F(x)	f(x)
1994	47.67	34.76	0.098	0.009
1995	64.13	35.44	0.104	0.010
1996	40.92	40.47	0.164	0.014
1997	70.69	40.92	0.170	0.014
1998	90.03	43.17	0.203	0.015
1999	63.85	44.97	0.232	0.017
2000	44.97	46.86	0.264	0.018
2001	43.17	47.67	0.279	0.018
2002	53.15	47.67	0.279	0.018
2003	46.86	48.30	0.291	0.019
2004	48.84	48.84	0.301	0.019
2005	106.58	53.15	0.388	0.021
2006	56.75	54.32	0.413	0.021
2007	55.85	55.85	0.446	0.022
2008	47.67	56.30	0.456	0.022
2009	69.52	56.75	0.466	0.022
2010	75.10	63.85	0.619	0.021
2011	56.30	64.13	0.625	0.021
2012	35.44	69.52	0.731	0.018
2013	40.47	70.69	0.751	0.017
2014	48.30	70.78	0.753	0.017
2015	54.32	75.10	0.821	0.014
2016	34.76	90.03	0.959	0.005
2017	92.10	92.10	0.968	0.004
2018	70.78	106.58	0.996	0.001

MEDIA	58.33
DESV.EST.	18.22
N	25

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S} \text{EXP} \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \bar{X}}{S} \right)^2 \right]$$

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S} \int_{-\infty}^x \text{EXP} \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \bar{X}}{S} \right)^2 \right] dx$$

Tr	Pexc.	Pno-exc	valor Z	y=x+z*desv.est
2	0.500	0.500	0.00	58.33
5	0.200	0.800	0.84	73.66
10	0.100	0.900	1.28	81.68
20	0.050	0.950	1.64	88.30
25	0.040	0.960	1.75	90.22
50	0.020	0.980	2.05	95.75
100	0.010	0.990	2.33	100.71
200	0.005	0.995	2.58	105.26

ANÁLISIS CON DISTRIBUCIÓN LOG - NORMAL 2 PARÁMETROS

AÑO	P	P ORDENADOS	y = ln (x)	F(y)	f(y)
1994	47.67	34.76	3.548	0.052	0.364
1995	64.13	35.44	3.568	0.059	0.404
1996	40.92	40.47	3.701	0.135	0.741
1997	70.69	40.92	3.712	0.143	0.772
1998	90.03	43.17	3.765	0.188	0.923
1999	63.85	44.97	3.806	0.228	1.035
2000	44.97	46.86	3.847	0.273	1.138
2001	43.17	47.67	3.864	0.293	1.177
2002	53.15	47.67	3.864	0.293	1.177
2003	46.86	48.30	3.877	0.308	1.205
2004	48.84	48.84	3.888	0.322	1.227
2005	106.58	53.15	3.973	0.432	1.345
2006	56.75	54.32	3.995	0.461	1.359
2007	55.85	55.85	4.023	0.499	1.365
2008	47.67	56.30	4.031	0.510	1.365
2009	69.52	56.75	4.039	0.521	1.363
2010	75.10	63.85	4.157	0.676	1.231
2011	56.30	64.13	4.161	0.681	1.223
2012	35.44	69.52	4.242	0.772	1.033
2013	40.47	70.69	4.258	0.789	0.989
2014	48.30	70.78	4.260	0.790	0.985
2015	54.32	75.10	4.319	0.844	0.819
2016	34.76	90.03	4.500	0.949	0.361
2017	92.10	92.10	4.523	0.956	0.317
2018	70.78	106.58	4.669	0.986	0.119

media	58.33	4.02
desv. stand	18.22	0.29

$$f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{y - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2}$$

Pexc.	Tr	x=LNI
0.500	2	55.90
0.200	5	71.48
0.100	10	81.29
0.050	20	90.40
0.040	25	93.24
0.020	50	101.87
0.010	100	110.32
0.005	200	118.66

$$F(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \int_{-\infty}^y e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{y - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2} dy$$

ANÁLISIS CON DISTRIBUCIÓN LOG - NORMAL 3 PARÁMETROS

AÑO	P	P ORDENADOS	y = ln (x-a)	F(x)	f(x)
1994	47.67	34.76	2.461	0.027	0.121
1995	64.13	35.44	2.517	0.034	0.149
1996	40.92	40.47	2.858	0.125	0.406
1997	70.69	40.92	2.884	0.136	0.430
1998	90.03	43.17	3.002	0.193	0.541
1999	63.85	44.97	3.088	0.243	0.617
2000	44.97	46.86	3.170	0.296	0.682
2001	43.17	47.67	3.204	0.320	0.705
2002	53.15	47.67	3.204	0.320	0.705
2003	46.86	48.30	3.229	0.338	0.721
2004	48.84	48.84	3.250	0.353	0.733
2005	106.58	53.15	3.405	0.471	0.785
2006	56.75	54.32	3.443	0.501	0.787
2007	55.85	55.85	3.491	0.539	0.783
2008	47.67	56.30	3.504	0.549	0.781
2009	69.52	56.75	3.518	0.560	0.778
2010	75.10	63.85	3.709	0.701	0.685
2011	56.30	64.13	3.716	0.706	0.680
2012	35.44	69.52	3.839	0.783	0.579
2013	40.47	70.69	3.864	0.798	0.556
2014	48.30	70.78	3.866	0.799	0.554
2015	54.32	75.10	3.952	0.843	0.474
2016	34.76	90.03	4.204	0.934	0.254
2017	92.10	92.10	4.235	0.941	0.231
2018	70.78	106.58	4.425	0.974	0.120

MEDIA	3.4415
DESV.EST.	0.5071
a	23.042
MEDIANA	54.32

a = parámetro de posición

$$a = \frac{X_1 * X_n - X_{MEDIANA}^2}{X_1 + X_n - 2 * X_{MEDIANA}}$$

$$f(x) = \frac{1}{(x-x_0)\sigma_y\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{\ln(x-x_0) - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2}$$

Tr	Pexc.	1-Pexc.	z = f (Pexc) y = ln (x - a)	x	
2	0.500	0.500	0.00	3.44	54.28
5	0.200	0.800	0.84	3.87	70.90
10	0.100	0.900	1.28	4.09	82.86
20	0.050	0.950	1.64	4.28	94.96
25	0.040	0.960	1.75	4.33	98.93
50	0.020	0.980	2.05	4.48	111.53
100	0.010	0.990	2.33	4.62	124.65
200	0.005	0.995	2.58	4.75	138.36

ANÁLISIS CON DISTRIBUCIÓN GUMBEL

Var. Reducida

AÑO	P	P ORDENADOS	$y = (x - u)/a$	Tr
1994	47.67	34.76	(1.08)	1.06
1995	64.13	35.44	(1.03)	1.06
1996	40.92	40.47	(0.68)	1.16
1997	70.69	40.92	(0.65)	1.17
1998	90.03	43.17	(0.49)	1.24
1999	63.85	44.97	(0.36)	1.31
2000	44.97	46.86	(0.23)	1.40
2001	43.17	47.67	(0.17)	1.44
2002	53.15	47.67	(0.17)	1.44
2003	46.86	48.30	(0.13)	1.47
2004	48.84	48.84	(0.09)	1.50
2005	106.58	53.15	0.21	1.80
2006	56.75	54.32	0.30	1.90
2007	55.85	55.85	0.40	2.05
2008	47.67	56.30	0.43	2.10
2009	69.52	56.75	0.47	2.15
2010	75.10	63.85	0.97	3.16
2011	56.30	64.13	0.99	3.21
2012	35.44	69.52	1.37	4.44
2013	40.47	70.69	1.45	4.77
2014	48.30	70.78	1.45	4.80
2015	54.32	75.10	1.76	6.31
2016	34.76	90.03	2.81	17.09
2017	92.10	92.10	2.95	19.69
2018	70.78	106.58	3.97	53.68

MEDIA	58.33
DES. ESTA	18.22

N	25
Yn=	0.5309
Sn=	1.0915

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} S$$

$$\mu = \bar{X} - 0.45 S$$

	tabla	fórmula
a=	16.69	14.2056
u=	49.47	50.1295

$$F(x > X) = 1 - e^{-e^{-y}} = \frac{1}{Tr}$$

P exc = F (x > X)

Tr	Pexc.(1/Tr)	Pno exc.	ln(1-1/Tr)	e(-y)	y=-(LN(e(-y)))	x=u+a*y
2	0.500	0.500	-0.693	0.693	0.367	55.336
5	0.200	0.800	-0.223	0.223	1.500	71.437
10	0.100	0.900	-0.105	0.105	2.250	82.097
20	0.050	0.950	-0.051	0.051	2.970	92.323
25	0.040	0.960	-0.041	0.041	3.199	95.567
50	0.020	0.980	-0.020	0.020	3.902	105.559
100	0.010	0.990	-0.010	0.010	4.600	115.477
200	0.005	0.995	-0.005	0.005	5.296	125.360

ANEXO 5. Información pluviométrica

UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: CHIRINOS/000260/DZ02

ALT: 1772 MSNM

LONG: 78° 53' 51.32"

LAT: 5° 18' 30.59"

DPTO: CAJAMARCA

PT202

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

CODIGO	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
260	52	PT202	1988			17.2	33.5			15	10.2	13.6	28		
260	52	PT202	1991	9.7	29.3					8.5		31.5			3.8
260	52	PT202	1992				12.3	12.8			9.2	29	26	22.8	
260	52	PT202	1993	12		73.5	20.3	18.7	11.1	17.2	8.4	7.9	35	27.4	31.5
260	52	PT202	1994	53	45.3	29	21.1	24.8	20	13	12.1	18.2	23.9	36.4	52
260	52	PT202	1995	20.8	18.7	39.2	20.5	71.3	21.4	8.6	12.6		8.1		
260	52	PT202	1996	38.6	45.5	38.1		19.4				7.2		12.3	45
260	52	PT202	1997	35.3		20.9	78.6	27.8		13.5	12.6	9.5	26.8	31.7	13
260	52	PT202	1998	32.9	100.1	73.4		48	27.5	8.8	6.8		57.5		
260	52	PT202	1999						12	18.4	19	12.8		49	57.8
260	52	PT202	2000	26.2	50	22.4	32.7	15.1	23.2	21.8	16	32	13	7	20.2
260	52	PT202	2001	45	20		27.9	40.6	26	14.6	12.7	9.8	11.8	23.1	48
260	52	PT202	2002	38	23.9	43.3	59.1	23.5	6.7	23.8	4.4	9.3	28	37.5	17.5
260	52	PT202	2003	21.1	12.5	48.7	37.6	22.6	15.2	29	12.1	8.5	23.9	52.1	40
260	52	PT202	2004	23.1	12.1	43	25	24.4	17.9	8.3	4.7	8.8	29.7	38.7	54.3
260	52	PT202	2005	26.9	118.5	32.1	57.7	15.5	32.9	12.1	18.7	9	33.7	33.8	86.2
260	52	PT202	2006	57.2	48.4	21.2	17.2	14.5	24.5	18.4	7.5		26.5	63.1	34.3
260	52	PT202	2007	35	35.3	30.6	56.3	30.8	18.5	24.5	15.6	13.9	42.6	62.1	48.3
260	52	PT202	2008	33.6	53	38.9	25.6	19.9	15.2	19.3	14.5	17.1	20.9	28.4	17.3
260	52	PT202	2009	40	28.6	48.6	77.3	14.6	23.7	18.4	14.8	24.8	35.6	30.5	32
260	52	PT202	2010	11.7	83.5	20.4	52.9	46.5	58.5	14.6	7.5	13.9	8.9	15.8	64.4
260	52	PT202	2011	12.5	62.6	38.1	59.5	51.3	33.9	24.9	11.7	28.3	10.7	61.5	26.7
260	52	PT202	2012	29.8	21.5	27.3		29.3	39.4	12.9	17.9	10.8	37.2	23	19.5
260	52	PT202	2013	13.5	12.6	42	30.3	28.3	19.1	18.6	19.8	27.9	45	3.7	31.3
260	52	PT202	2014	20.8	24.8	40.2	26.9	23.5	23.4	22.2	26.1	7.9	17.9	27.7	53.7
260	52	PT202	2015	32.9	21.1	60.4	14.3	20.2	19.3	36.9			16.6	29.8	

260	52	PT202	2016	29.3											
260	52	PT202	2017		41.2	55.2	102.4		13	20.3	13.8	14.9	27.5	20.8	46.7
260	52	PT202	2018	18.9	31.9	37	46.1	31.9	15.9	17.3	12.2	32.5	21.1	78.7	14.9
260	52	PT202	2019	23.9	47.5	38.5	28.2	31	24.6						

Fuente: Unidad de Atención al Ciudadano y Gestión Documental - SENAMHI

UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: JAEN/000252/DZ02

ALT: 618 MSNM

LONG: 78° 46' 27.05"

LAT: 5° 40' 35.89"

DPTO: CAJAMARCA

PT202

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

CODIGO	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
252	52	PT202	1949									8	15	26.8	10
252	52	PT202	1950	25	26	35		55.5	25	20	17	37	69	21	74
252	52	PT202	1951	40	75	7		10	3.5	10	19	4.5	27	23	17.5
252	52	PT202	1952	28.5		57.5	45		10						
252	52	PT202	1953		23.5							15.8	30	33.5	25
252	52	PT202	1954	20.5	19.5	34.4	5			24	10				
252	52	PT202	1955	15	70	15	7	27	9		7	12	8		
252	52	PT202	1956		16.5	25.5	16	16	23	30	10	17.5	27	17	0
252	52	PT202	1957	18	36	36	25	90	80	65	7.4	18.7	31	19	35
252	52	PT202	1958	40	29	20.7	35	17	23.3	41.5	6.3	3.7	7.4	4	30.5
252	52	PT202	1959	18	35	34	45.2	34	11.2	3		25.2	50.2	39.7	20.6
252	52	PT202	1960	24.6	60.4	48	26	20.5	65.5	31.4	36.4	53	50.5	90.6	
252	52	PT202	1961	137	16.2	45.7	34.5	52.5	41.3	26.5					
252	52	PT202	1964						3.3	7.3	18.5	3.6	18.5	43	9.2
252	52	PT202	1965	3.5	5.2	5	15	49.2	3.9	16.3	13.3	13.2	17.5	41.8	12.8
252	52	PT202	1966	7.8	13	13.4	15.4	27.3	7.9	4.1	2.6	13.2	15.7	52	11
252	52	PT202	1967	23.2	23.8	11.9	18.6	7.8	9.9	16.4	3	14.7	47.2	9.2	
252	52	PT202	1968	7.5	35.5	18.2	24.3	7.2	6.2	10.3	8.2	62.2	30.5	8.3	25
252	52	PT202	1969	44.4		16.7	22.9	25.8	9.1	8.4	4.8	26.5	35.9	37.5	49.8

252	52	PT202	1970	27.3	14.6	23.9	45.7	20	5.9	4.1	9.4	24.3	34	21.4	15.9
252	52	PT202	1971	28.2	73.6	49.6	27.9	30.4		12.2	5.1	5.4	32.4	21	23.8
252	52	PT202	1972	30.3	59.4	37.5	50	22.2	10.7	14.6	6.8	23.9	7.3	24.8	8.6
252	52	PT202	1973	35.6	58.3	32.1	29.9	17.7	20.8	9.3	7.3	9.3	31.8	18.5	13.5
252	52	PT202	1974	12.8	35.7	53.6	9.5	6.9	13	12.2	8.7	3.6	13.4	24.4	13.3
252	52	PT202	1975	27	29.5	24.3	24.1	35.8	35	99.6	8.4	11.9	42.4	70	30.2
252	52	PT202	1976	50.4	24	29	18	43.4	8.1	12	8	5.7	21.3	11.2	27.1
252	52	PT202	1977	39	19.5	27	18.5	7.3	19	14.5	7.9	26.3	16.3	40.6	5.8
252	52	PT202	1978	20.4	23.1	21.5	18	16.4	14.3	3	4	4.2	23.5	14	12.9
252	52	PT202	1979	21.3	32.4	19.6	52.2	6.7	4.7	6.1	13.6	24.8	13.8	8.2	11.3
252	52	PT202	1980	14.2	9.2	44.4	29.1	21.5	6.3	7.8	6.6	9.8	35.2	12.7	12.2
252	52	PT202	1981	16.7	39	40.3	24	4	19.5	6.8	8.7	6.7	14	33.3	15.4
252	52	PT202	1982	28.5	18.4	31.9	41.3	19	11.7	3.5	8.6	3.5	33.7	11.2	16.7
252	52	PT202	1983	14.1	31.3	83.3	89.6	24.4				8.2	16.9	24.8	19.4
252	52	PT202	1984	5.6	31	14.5									
252	52	PT202	1985					24	8.7	4.1	14.8	11.4	12.5	14	
252	52	PT202	1986	12	4.6	23.4	21.9	17.6		6	13.9		62.6	13.5	
252	52	PT202	1987			21.8	23.5	68.2	2.9	16.6	5.5	12.1	67	11.4	6
252	52	PT202	1988		15.2	10.9		20.6	5.5	13.3	6		70.8		
252	52	PT202	1989			22.8	18.5	66	6.7	17.5	1.5	7.4	17.2	6.5	12.6
252	52	PT202	1990	21.7	18.2	24.3	12.5		6.2	27.7	7.2	13.1	28	25	
252	52	PT202	1991		10	12.9	44.9	20.9	18.9	22.7	4.1	6	14	47.5	11.8
252	52	PT202	1992	4.7	9.3	12	19.1	4.9	11.8	3.7	11	6.7	17.6	57.4	29.4
252	52	PT202	1993	4.9	48.5	35.5	8	8.2	10.3	6.5	12	16.8	12		
252	52	PT202	1994			48.2	23.3	7.2	12.4						9
252	52	PT202	1995								6	2	1.5		48
252	52	PT202	1996	7.9	25.7	18	11.2		14.7	0.5	6.7	13.7	19.8	18.4	38
252	52	PT202	1997	11	16.7	14.4	30	24.4	16.9	17.4	6	3.5	16	18.6	6.6
252	52	PT202	1998	14.4	25.4	18.8	36		22	12.6	4.5	12.4	31.7	11.2	2.6
252	52	PT202	1999	13	44.2	59.2		55.5	15.8	17.4	5.6	25.4	25	12.2	33.6
252	52	PT202	2000	17.2	34.4	36.6	19	20	16.6	27	9	18.6	9.6	8.4	30.2

252	52	PT202	2001	26.6	10.4	10.8	10.4	39.1	5.8	5.4	4.8	21	11.8	35	
252	52	PT202	2002	18.9	28	13.5	61.5	61.2	4	14.3	1.5	13	88	31	15.1
252	52	PT202	2003	7.8	35.6	13.7	32.8	25.2	23	8	16.2	16	23.2	10.6	29.1
252	52	PT202	2004	7.5	6.8	19.7	30.6	38.1	18	2.4	7.2	17	19.4	18.2	12
252	52	PT202	2005	6.5	42	36.2	31	10.2	18.3	1.9	14.5	18.7	27.9	78.5	31.5
252	52	PT202	2006	18.5	38.7	23	9.4	13.5	26.5	1.3	8.5		11.7	15.5	16
252	52	PT202	2007	7.6	27	32.5	29	29.3	13	27.2	7.5	7.2	45.9	38.9	22.6
252	52	PT202	2008	17	37.2	63.7	10.2	15.8	26.9	17.4	3.4	18.4	26.7	20.6	20.6
252	52	PT202	2009	20.5	11.5	38.8	37.6	10.3	7.5	14.6	19.5	13	44.6	13.8	21.2
252	52	PT202	2010	16.6	35.8	5.5	41.5	12.5	10	4	18.3	9.6	24	21.5	20.6
252	52	PT202	2011	25.9	39.5	34.7	39.8	70.6	4.5	21.8	3.5	7.2	25.8	23.5	26.7
252	52	PT202	2012	23.8	32.6	22.5	27.5	4.4	16.8	6.4	6.8	5.2	22	23.2	12.8
252	52	PT202	2013	5.8	47	10.3	18.8	39.9	9	6.2	8.2	8.5	54.4	0.7	14.4
252	52	PT202	2014	14.6	20	38.6	50.3	47.8	8	10	11.9	6.5	9.7	30.8	20.5
252	52	PT202	2015	49.5	16.6	73	15.6	21.6	4	51	7	6	13.6	15	20.6
252	52	PT202	2016	25.6	14.5		28.6	12.5	9.2	16.8	13.2	15.6	5.5	11.7	23
252	52	PT202	2017	19.2	11.2	37.8	26.8	22.5	12.8	9.4	21.7	3.4	17.4	15	39.6
252	52	PT202	2018	15.7	63.8	10	27.8	23.6	6.8	16.3	7.4	11.4	21.2	54.4	15.6
252	52	PT202	2019	10.2	44	22.4	17.4	19.4	6	41.2	3.5				

Fuente: Unidad de Atención al Ciudadano y Gestión Documental - SENAMHI

UNIDAD DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL

ESTACIÓN: SAN IGNACIO/000242/DZ02

ALT: 1243 MSNM

LONG: 78° 59' 42.44"

LAT: 5° 8' 42.49"

DPTO: CAJAMARCA

PT202

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

CODIGO	PLANILLA	VARIABLE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
242	52	PT202	1946	46.41											
242	52	PT202	1947							10.67	21.08	24.5	28.45	50.89	26.56
242	52	PT202	1948	29.21	17.02	21.08	22.86	25.4							
242	52	PT202	1949			64.5		6.35	12.7	10.67	18.8				13
242	52	PT202	1950	21.59	44.45	12.7	21.55	14.97	22.86	19.5	13.97	22.86	83.8	15.24	59.5
242	52	PT202	1951	24.13	25.34	35.56	52.07	11.43	24.7	22.86	1.27	15.24	27.94	9.4	35.56
242	52	PT202	1952	50.08	33.34	53.34	17.78	22.86	17.78	12.7	3.81	10.16	17.78	24.13	46.48
242	52	PT202	1953	25.4	53.34	41.91	107.44	43.43	10.74	30.48	17.78	23	28.17	38.1	15.24
242	52	PT202	1954		10.16	40.66	12.7	24.13	15.24	11.43	14.48	15.24	46.99	17.78	27.94
242	52	PT202	1955	25.4	20.32	30.48	12.7	30.48	10.16				13.97		30.42
242	52	PT202	1956	25.4	21.59	21.59	33.02	43.28							
242	52	PT202	1968								17.2	9.5		13	
242	52	PT202	1969		27		11				18				
242	52	PT202	1985								18		8.1	10.8	
242	52	PT202	1986	13.2		20	13.8	8.9			10		15.5		
242	52	PT202	1987	11.6			30.5								13
242	52	PT202	1988		44.8										
242	52	PT202	1989		25.8	24.2	14	20.7			7.2				
242	52	PT202	1990	11	3.8						15.2	11.9	22.6		
242	52	PT202	1991									3.9	25.7		
242	52	PT202	1992					11.5		12.3	8.5				
242	52	PT202	1993	14.8	37.7	27.3	27.2			10.6		8.6			27.9
242	52	PT202	1994					17	13.3		8.9	13.2			
242	52	PT202	1995	9.2	22.4		39.6	35.8	9.6	10.9	5.8	5.5	29.5	63.1	31.7
242	52	PT202	1996	40.3	23.9	9.4	35.3	15.6	9.3	11.2	10.2				
242	52	PT202	1997				19		10.2		11.2		17.4	18.5	

242	52	PT202	1998							19.2			31.5		
242	52	PT202	1999			25.1	51.7	68.6			8.5			31.3	
242	52	PT202	2000	23.2	21.2	53.3		21.1	30.1	15.6	21.7	16.3	9.8	10.4	13.2
242	52	PT202	2001		8.4	14.1	19.2	14.4	18.2	13	11.2	11.3	15.6	9.8	52.1
242	52	PT202	2002	14.8	49	23.8	45	26.1	7.4	12.7	3.9	6.1	37.7	22	12.7
242	52	PT202	2003	23.8	12.1	61.1	19.5	19.7	19.4	19.3	4.9	9.8	25.4	23.8	23.7
242	52	PT202	2004	14.9	19.1	11.2	39.2	22.1		11.1	9.3		64.1	37.2	26.2
242	52	PT202	2005		48		25.3	22	29.4	9.8	5.1	14.1	26.1	17.1	31.2
242	52	PT202	2006	9.8		34.7	14.8	15.7	14	8	7.9		18	28.8	29
242	52	PT202	2007		17.6	22.1	34.9	32.1	26	23.5	8.6	13.2	27	38	34.8
242	52	PT202	2008	20.7	64	81.3	14.5	22.9	12.8	16.9	21.3	12	45.4	33.3	19.7
242	52	PT202	2009	35.1		41.5	31.6	12.7	19.5	8.5	14.6	15.4		14.4	39.5
242	52	PT202	2010	10.9	31.5	17	90.7	17.6	12.5	10.7	6.3	11.8	14.4	49.6	22.9
242	52	PT202	2011	29.6	16	31	14.8	13.9	11.2	15	11.2	8	11.6	38.2	30.6
242	52	PT202	2012	15.3	23.7	20.6	24.8	16.1	19.4	15.9	16.3	14.7	38.6	11.7	16.8
242	52	PT202	2013	11.7	12.6	42.2	25.8	48.3	18.2	16.6	8.8	17.4	55.5	11.5	12.1
242	52	PT202	2014	13.5	17.4	74	30.3	24.6	9.1	15	26.7	15.4	33.6	16.5	22.7
242	52	PT202	2015	32.8	11.7	36	13.2	17.7	29.7	30.5			22.1	22.9	
242	52	PT202	2016	21.5	12.3	21.1		11.1		16.8	7.5	10.9	14.1	18.6	26
242	52	PT202	2017	12	11.2	56	33.5	29.4	14.3	17.7	17.3	6.6	15.5	13.3	70.4
242	52	PT202	2018	30.5	48.1	29.6	37.5	32.1	13.2	10.9	9.1	17.9	10.3	33.7	15.8
242	52	PT202	2019	23.1	24.8	15.5	30.8	11.6	10.9	26.2					

Fuente: Unidad de Atención al Ciudadano y Gestión Documental - SENAMH

ANEXO 6. Cargo de documentación requerida en la solicitud de datos pluviométricos – SENAMHI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

LEY DE CREACIÓN N° 29304 - RESOLUCIÓN DE FUNCIONAMIENTO N° 647-2011 - CONAFU
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"



Jaén, 10 de Octubre del 2019.

CARTA N° 022 – 2019 – UNJ- CCP/IC

Señor:
Ing. José Percy Barrón López
Gerente General de SENAMHI
Ciudad.

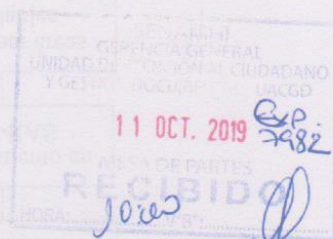
Tenemos el agrado de dirigirnos y al mismo tiempo para saludarlo y a la vez solicitar datos Hidrológicos para Tesis de los Bachilleres Juan Carlos Peña Villegas con código universitario 2013220629 DNI N° 73597559 con grado de Bachiller en ciencias con mención en Ingeniería Civil, y Dilmer Núñez Guevara con código universitario 2013210626, DNI N° 71399541 y con grado de Bachiller en ciencias con mención en Ingeniería Civil, que cuentan con resolución de aprobación de proyecto de tesis N° 455-2019-CO-UNJ de fecha 26 de setiembre de 2019, titulado "Áreas de Inundación de la quebrada Pindo, al Centro Poblado Perico, Distrito Chirinos, Provincia de San Ignacio – Cajamarca".

Sin otro particular, es propicia la ocasión para renovarles las muestras de mi especial consideración y estima.

Atentamente,

C.C
Archivo
ZNGC/Coordinador
DAPC/Se

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Mg. José Percy Barrón López
COORDINADOR CARRERA PROFESIONAL
INGENIERÍA CIVIL



GERENCIA GENERAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
DEL PERU - SENAMHI
Presente.-

Juan Carlos Peña Villegas
(Nombres y Apellidos)

Calle Capellán Dávila N° 115 - Jaén - Cajamarca
(Dirección)

con N° DNI: 23592559 Telf: 925922529 E-mail: villegas2796@ig.pearl.com

Universidad: Universidad Nacional de Jaén

Carrera/ Profesión: Ingeniería en Ingeniería Civil

Ante usted me presento y expongo:

Que, con la finalidad de obtener mi título profesional de Ingeniero Civil, estoy realizando mi tesis titulada: "Áreas de inundación de la quebrada Pindo, al centro Poblado Perico distrito Chirinos, provincia San Ignacio - Cajamarca", por lo que,

Solicito la siguiente información:

ESTACIÓN	PARÁMETROS	ESCALA	PERÍODOS
Jaén	Precipitación máxima en 24h	mensual	Período 7-20 años
Chirinos	Precipitación máxima en 24h	mensual	Período >= 20 años
San Ignacio	Precipitación máxima en 24h	mensual	Período 7-20 años

Por lo expuesto, agradeceré a usted atender lo solicitado.

Jaén, 02 de octubre del 2019.

[Firma]
Firma del Usuario

PROCEDIMIENTOS PARA OTORGAR INFORMACION HIDROMETEOROLOGICA EN EL SENAMHI A ESTUDIANTES, TESISISTAS, MAESTRISTAS, DOCTORADO E INVESTIGADORES

ANEXO 03: FORMATO DE DECLARACION JURADA

DECLARACION JURADA

Yo, Jaan Carlos Peño Villegas identificado (a) con DNI
Nº 93597559 con domicilio en Jaca en el Distrito de
Jaca Provincia de Jaca Departamento
Cajamarca



DECLARO BAJO JURAMENTO, QUE



La información hidrometeorológica proporcionada por SENAMHI, será de uso exclusivo de
mi trabajo/proyecto/tesis titulado (a) "Áreas de inversión de la quebrada Linda, al C.P.
Perico, distrito Chirinos, San Ignacio - Cajamarca" de la Universidad/Instituto
Universidad Nacional de Jaén

Jaca 02 de Octubre del 2019.

Jp

Firma del Usuario

DIRECTIVA N° 003-2016-SENAMHI-SG-OPP-UM

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

8

ANEXO 04: FORMATO DE CARTA DE COMPROMISO

CARTA DE COMPROMISO

Yo, Juan Carlos Peña Villegas
identificado (a) con DNI N° 73397559, alumno de la
Carrera Ingeniería Civil, me comprometo a cumplir con
lo siguiente:

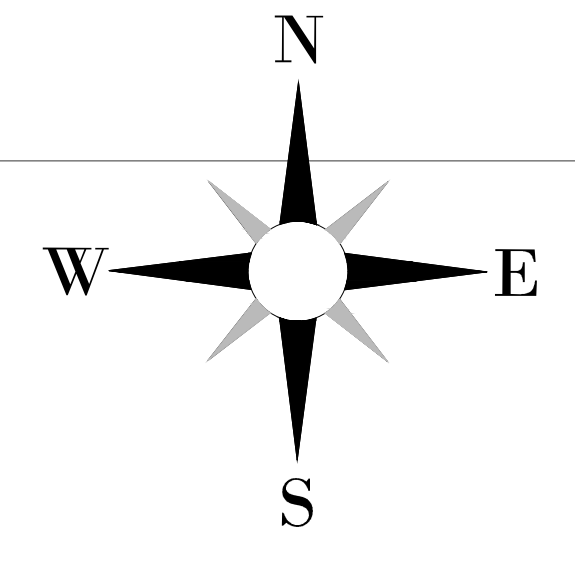
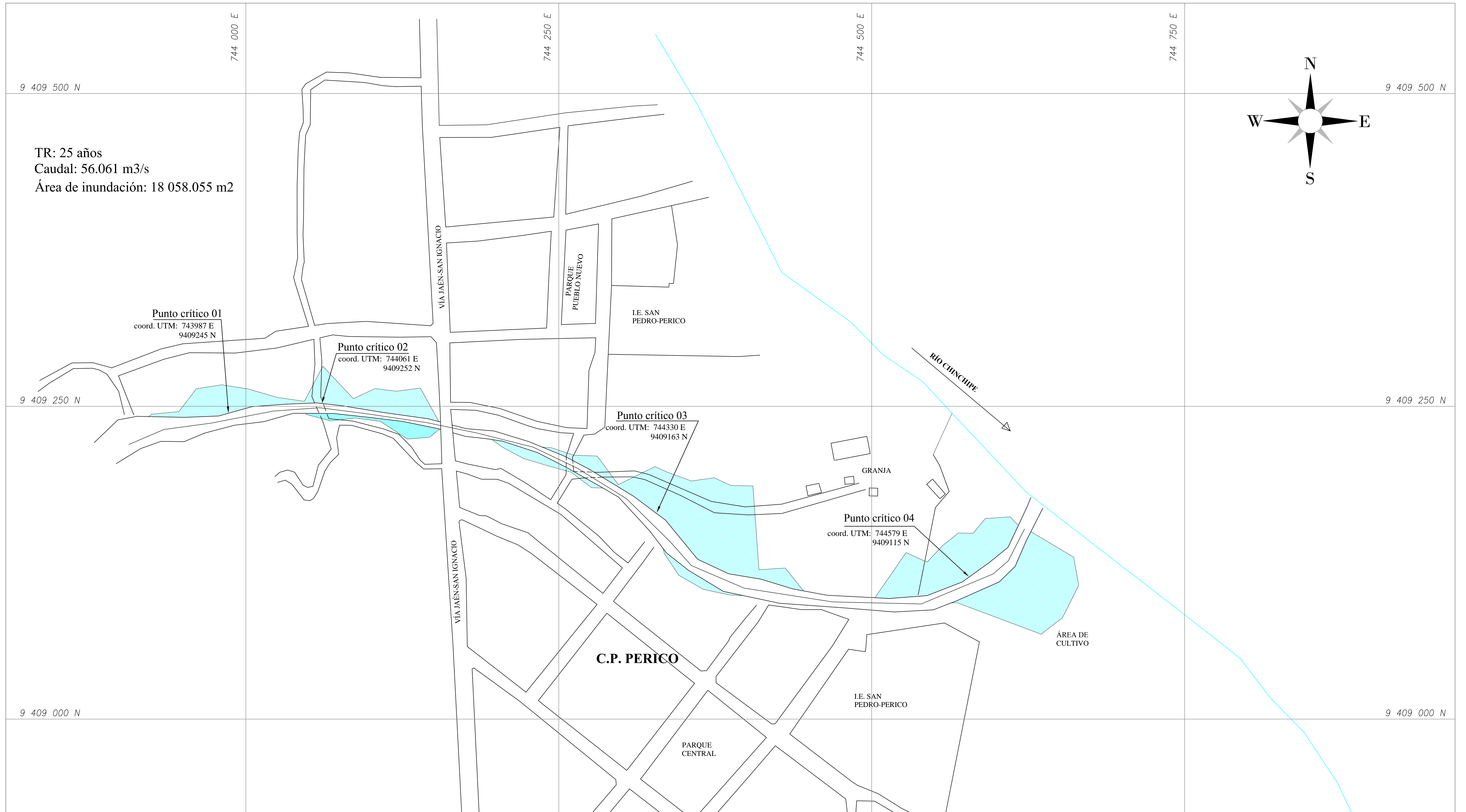
Entrega de un (01) ejemplar de mi trabajo de Tesis a la Biblioteca del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, al término y debida sustentación del mismo.

Juan 02 de Octubre del 2019.



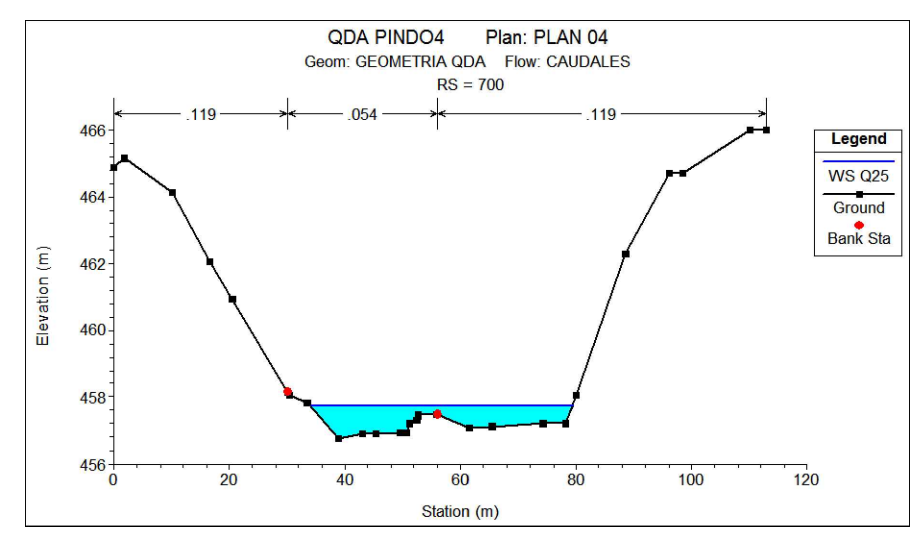
Juan Carlos Peña Villegas
Firma del Usuario

ANEXO 7. Planos

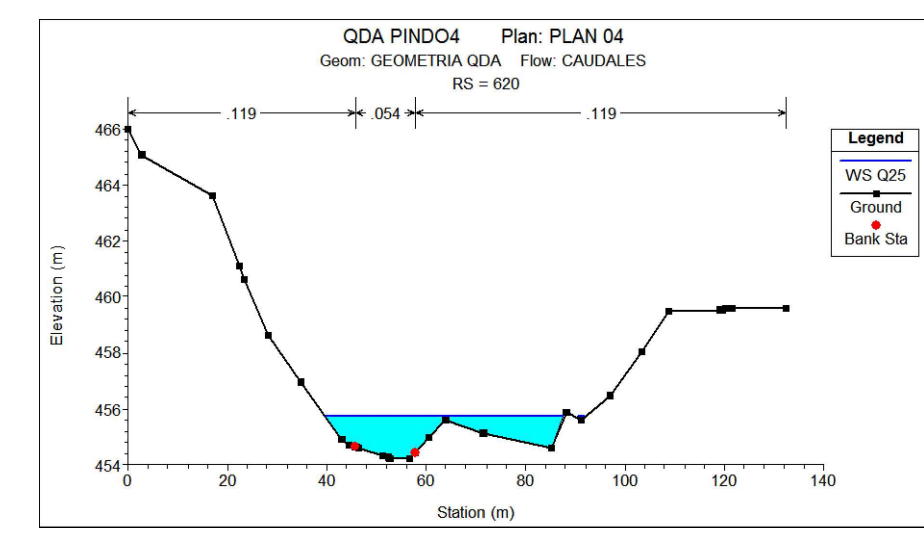


TR: 25 años
 Caudal: 56.061 m³/s
 Área de inundación: 18 058.055 m²

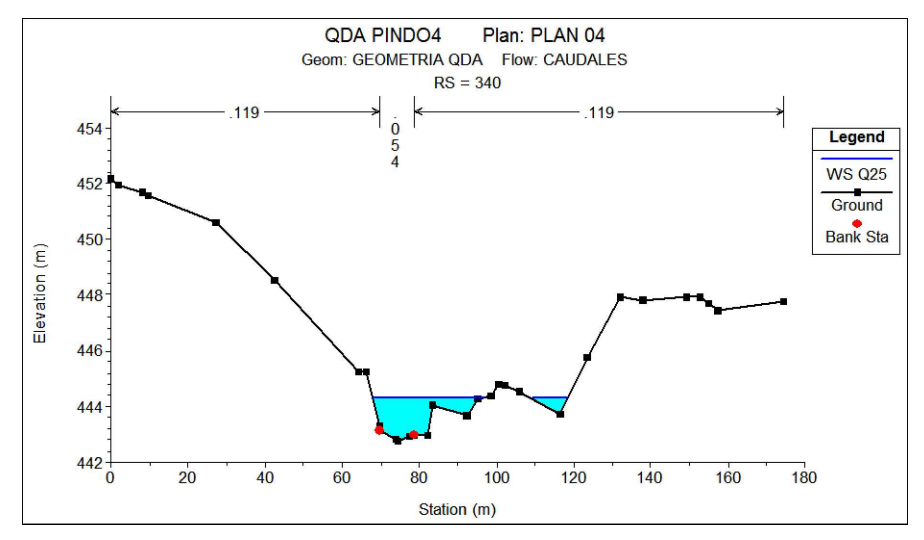
Punto crítico 01



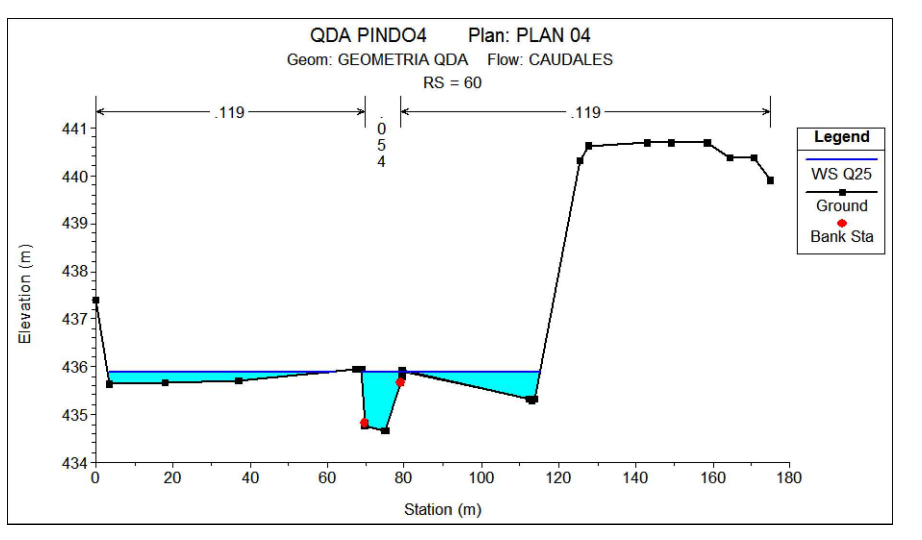
Punto crítico 02



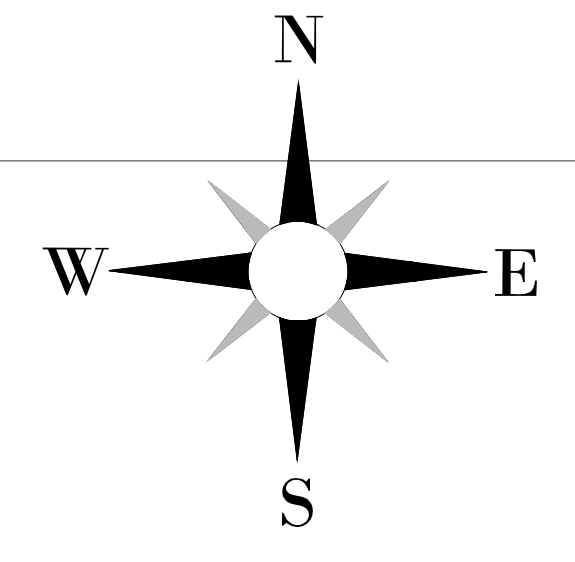
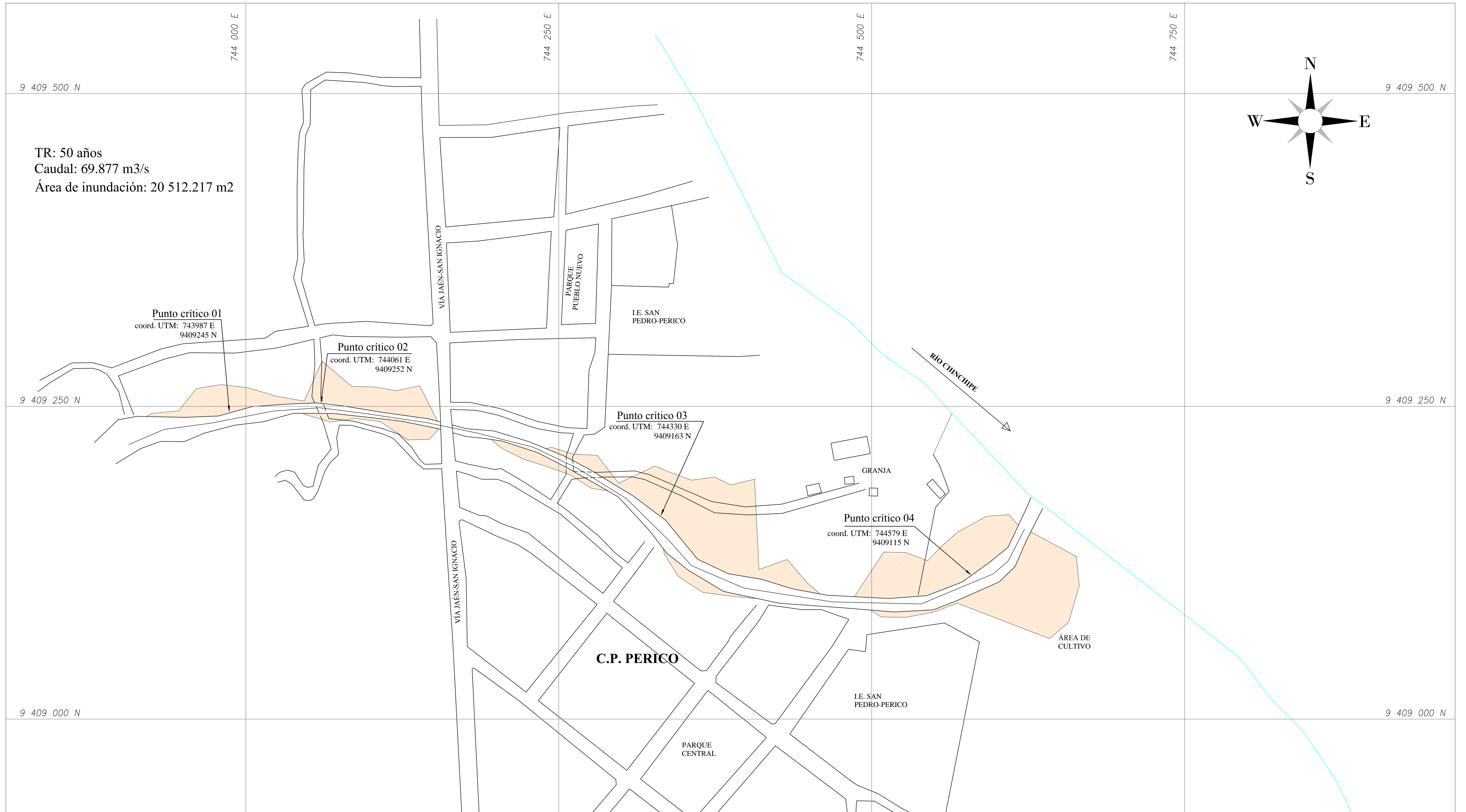
Punto crítico 03



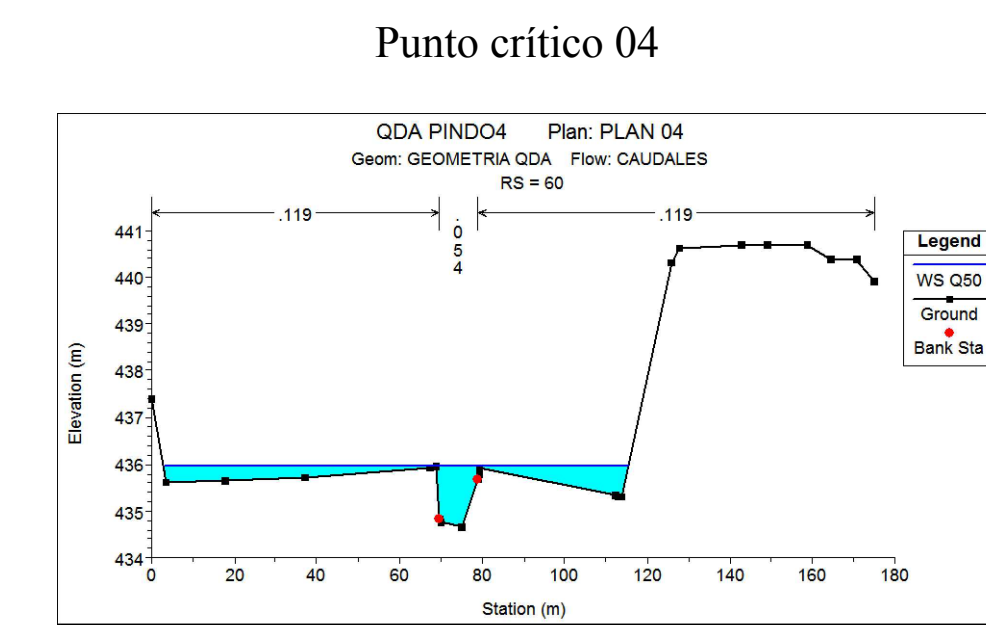
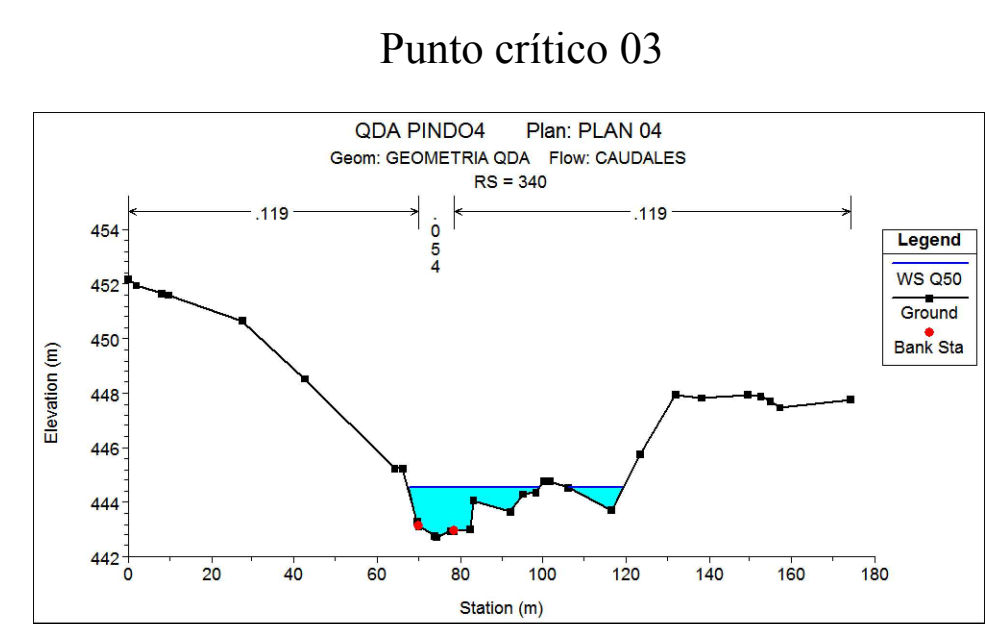
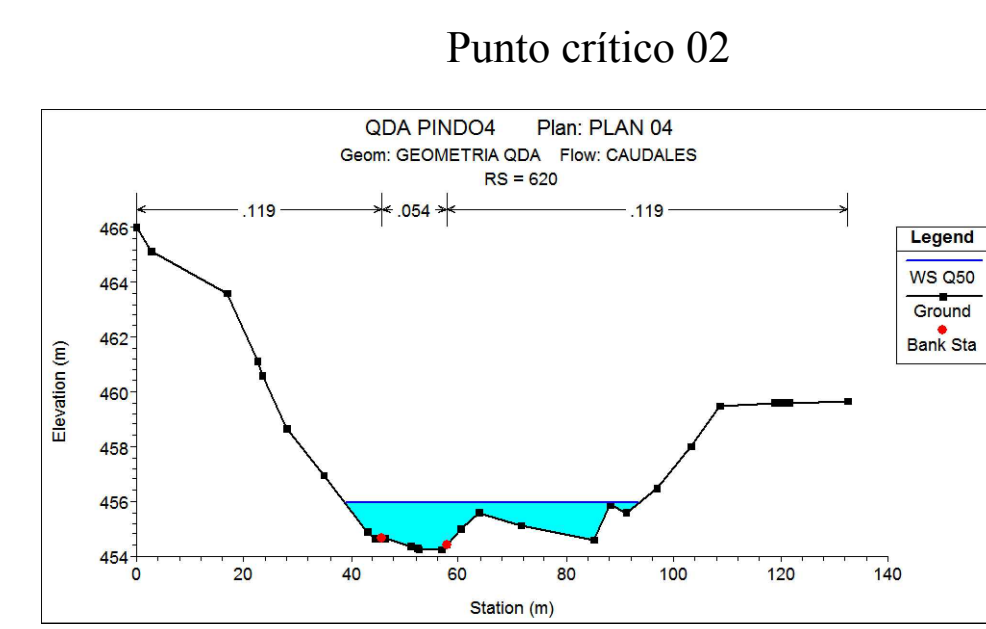
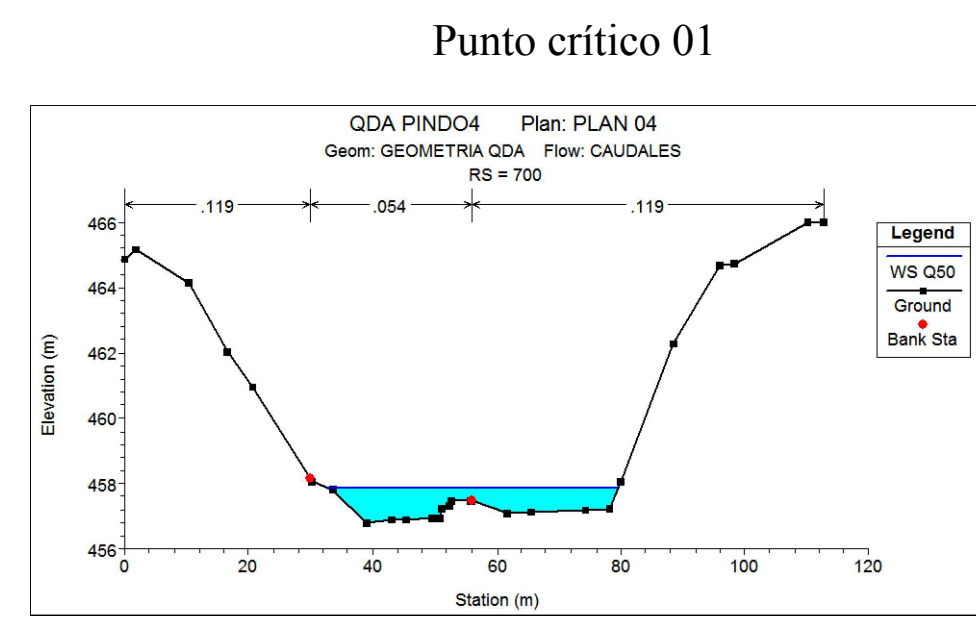
Punto crítico 04



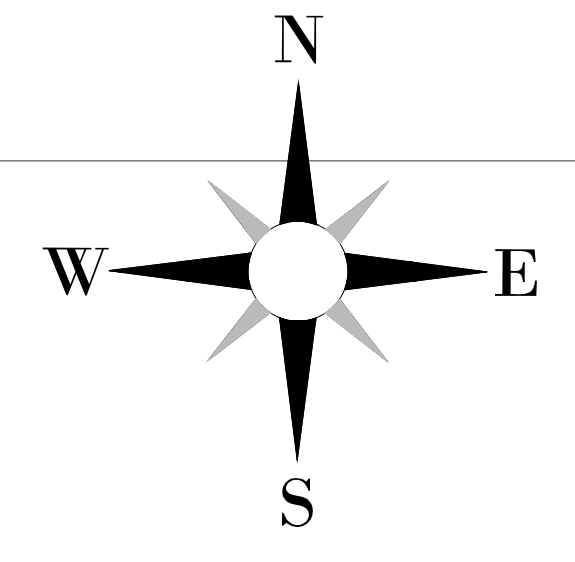
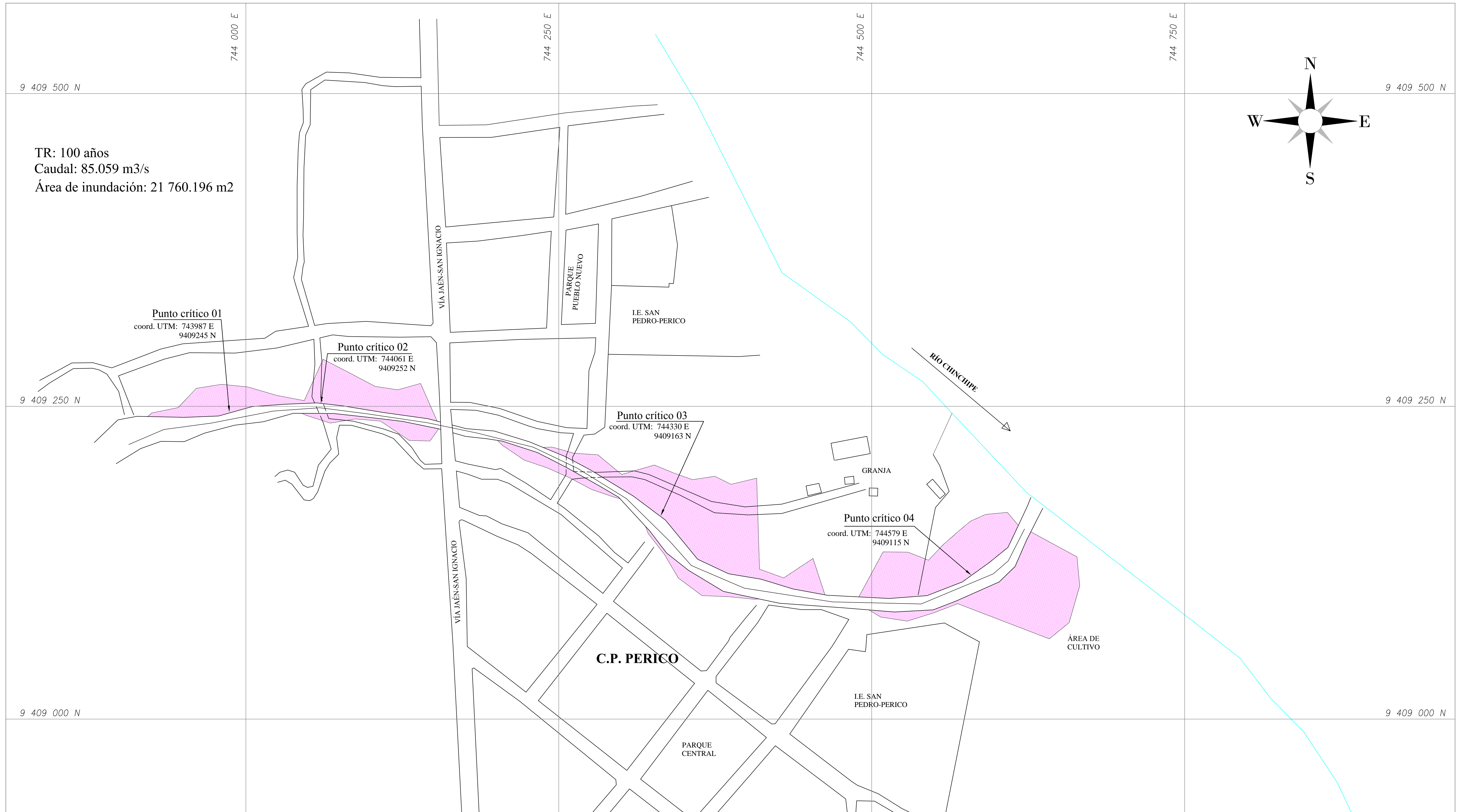
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		ESCALA: 1/1500
		LÁMINA: P-03
TESIS: ÁREAS DE INUNDACIÓN DE LA QUEBRADA PINDO, AL CENTRO POBLADO PERICO, DISTRITO CHIRINOS, PROVINCIA SAN IGNACIO-CAJAMARCA.		
UBICACIÓN: LOCALIDAD: Perico DISTRITO: Chirinos PROVINCIA: San Ignacio DEPART.: Cajamarca	PLANO: Áreas de inundación de la quebrada pindo para un tiempo de retorno de 25 años	TESISTAS: Bach. Juan Carlos Peña Villegas Bach. Dilmer Núñez Guevara



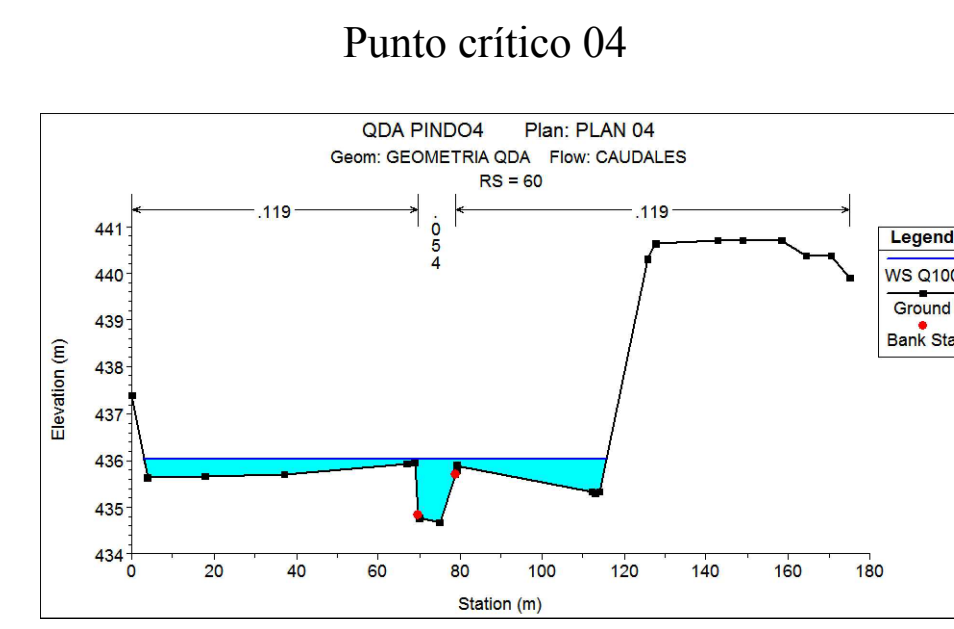
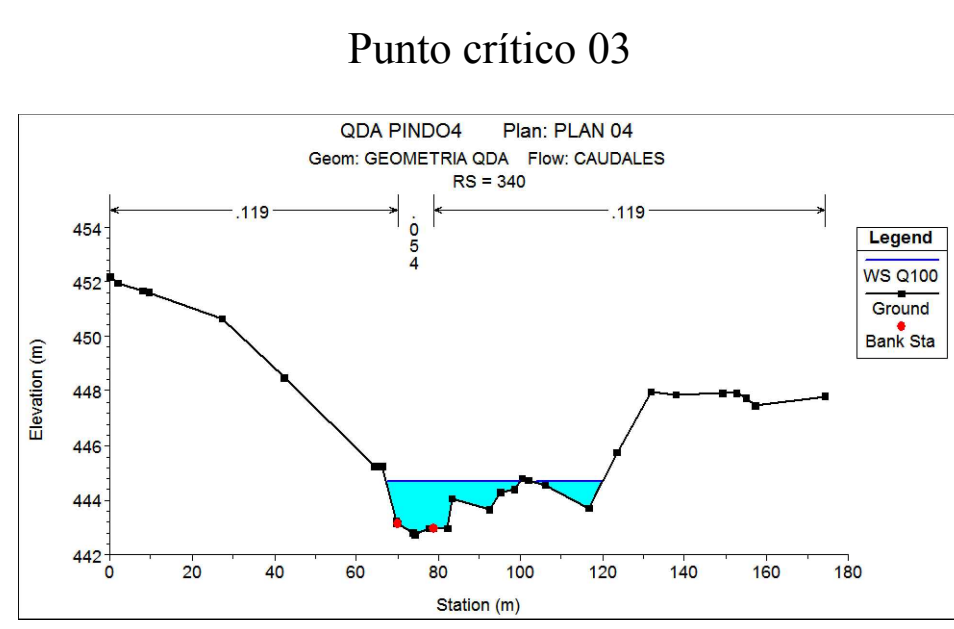
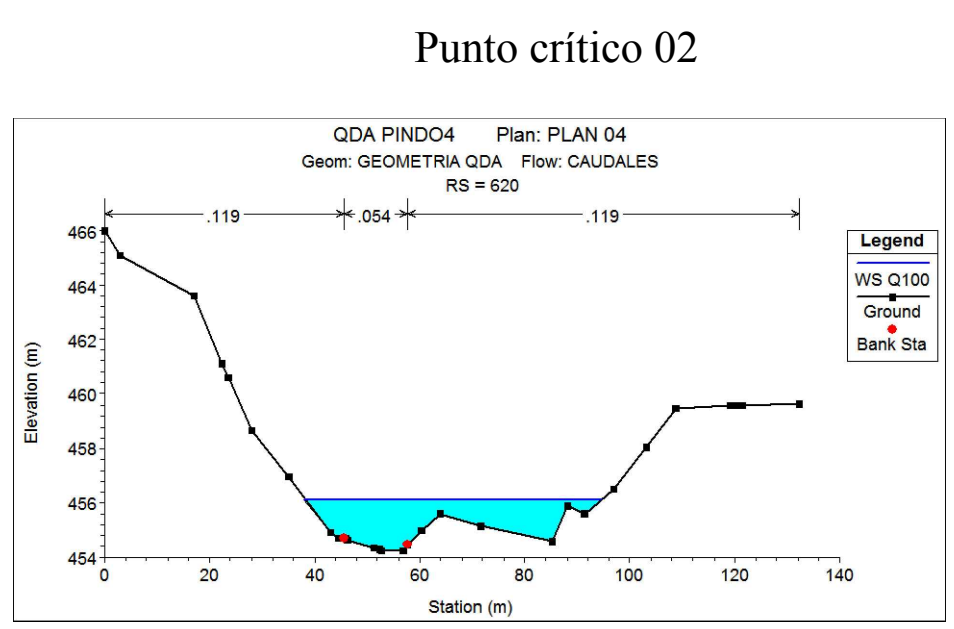
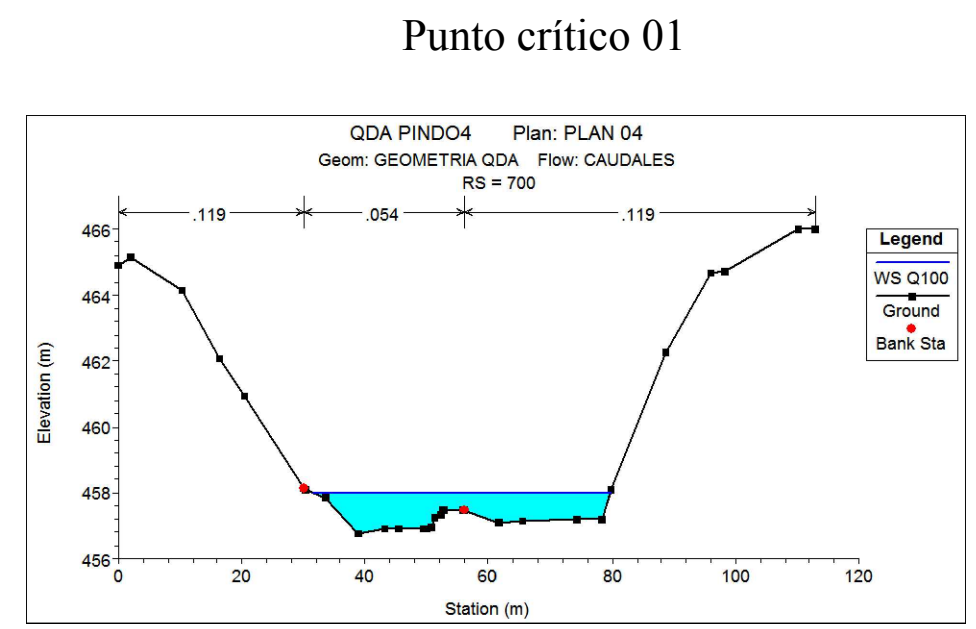
TR: 50 años
Caudal: 69.877 m³/s
Área de inundación: 20 512.217 m²



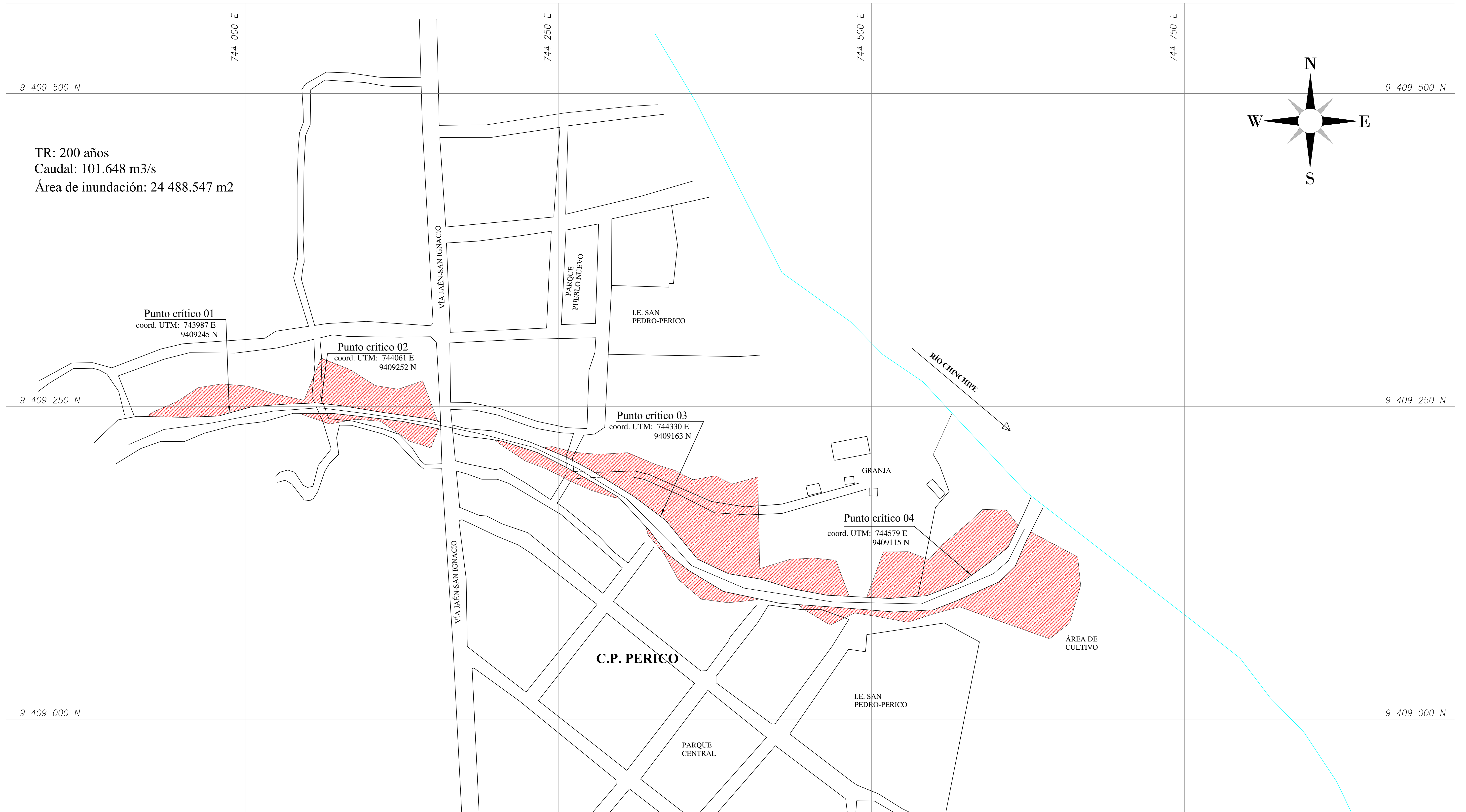
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		ESCALA: 1/1500
TESIS: ÁREAS DE INUNDACIÓN DE LA QUEBRADA PINDO, AL CENTRO POBLADO PERICO, DISTRITO CHIRINOS, PROVINCIA SAN IGNACIO-CAJAMARCA.		



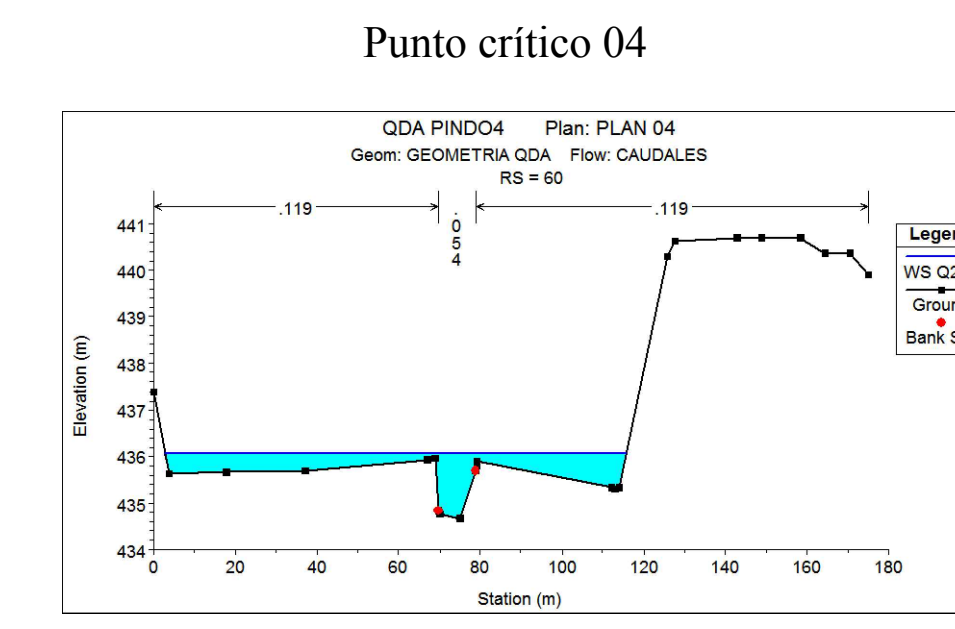
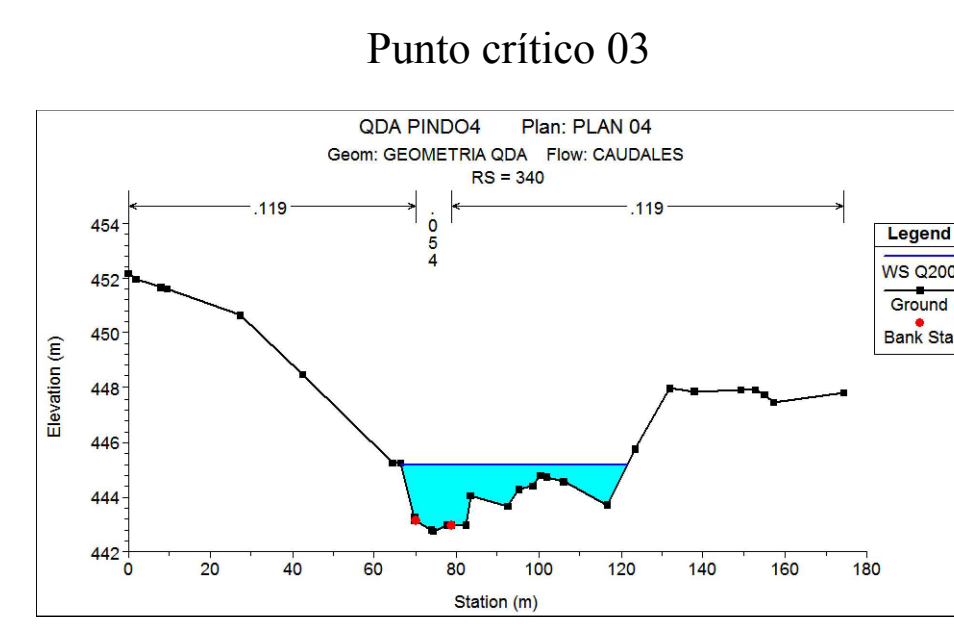
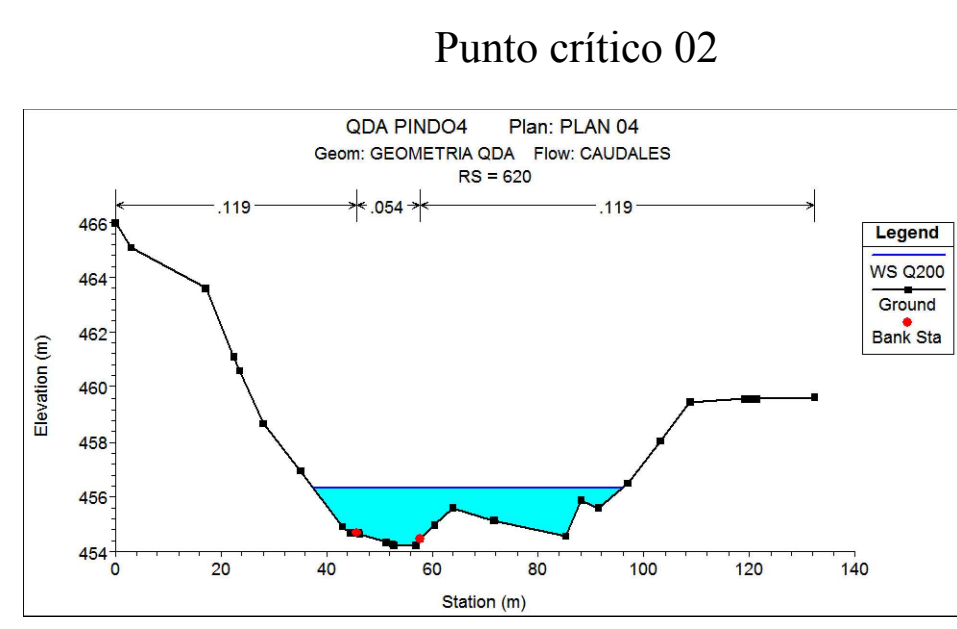
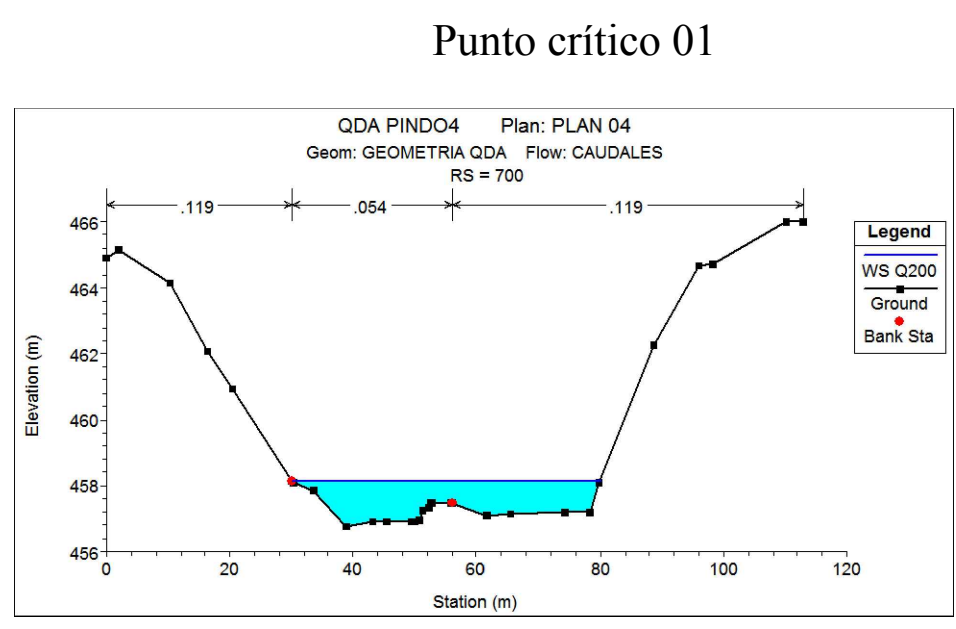
TR: 100 años
 Caudal: 85.059 m³/s
 Área de inundación: 21 760.196 m²




 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
UBICACIÓN: LOCALIDAD: Perico DISTRITO: Chirinos PROVINCIA: San Ignacio DEPART.: Cajamarca	TESIS: ÁREAS DE INUNDACIÓN DE LA QUEBRADA PINDO, AL CENTRO POBLADO PERICO, DISTRITO CHIRINOS, PROVINCIA SAN IGNACIO-CAJAMARCA. PLANO: Áreas de inundación de la quebrada pindo para un tiempo de retorno de 100 años TESISTAS: Bach. Juan Carlos Peña Villegas Bach. Dilmer Núñez Guevara	ESCALA: 1/1500 LÁMINA: P-05



TR: 200 años
 Caudal: 101.648 m³/s
 Área de inundación: 24 488.547 m²



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
TESIS: ÁREAS DE INUNDACIÓN DE LA QUEBRADA PINDO, AL CENTRO POBLADO PERICO, DISTRITO CHIRINOS, PROVINCIA SAN IGNACIO-CAJAMARCA.	
UBICACIÓN: LOCALIDAD: Perico DISTRITO: Chirinos PROVINCIA: San Ignacio DEPART.: Cajamarca	PLANO: Áreas de inundación de la quebrada pindo para un tiempo de retorno de 200 años TESISTAS: Bach. Juan Carlos Peña Villegas Bach. Dilmer Núñez Guevara
ESCALA: 1/1500	LÁMINA: P-06