

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



TESIS

**MODELAMIENTO HIDROLOGICO DE MAXIMAS
AVENIDAS PARA ESTIMAR LOS NIVELES DE
PELIGRO A INUNDACION EN LA SUB CUENCA
DEL RIO SHULLCAS**

TESIS PRESENTADO POR:

Bach. MARTIN SEVERO BALTAZAR MIRANDA

LINEA DE INVESTIGACION: SALUD Y GESTION DE SALUD

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

HUANCAYO – PERU

2020

Asesor:

Mg. Juan José Bullón Rosas

DEDICATORIA

En primer lugar, al divino Padre por ser mi guía espiritual y la luz que guía mi camino, también a la motivación de mi vida mi hijita Zamira Paola y a mi compañera de vida Norma Paola a mis queridos padres Orminda Miranda, Raúl Baltazar, a mis hermanos Rosa, Nilton, Roció, Cristian y a mis sobrinos, a todos los mencionados gracias por darme esas ganas de esforzarme más en alcanzar mis metas y son mi motor y motivo para luchar ante las adversidades.

AGRADECIMIENTO

A los docentes de la Universidad, a mis compañeros de estudio, a los compañeros de trabajo y a los Ingenieros con las cuales trabaje a todos ellos que me aportaron experiencia y aprendizaje continuo las cuales me han valido para desenvolverme en esta hermosa Profesión que es la Ingeniería Civil.

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE

MG. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL
JURADO

ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO
JURADO

MG. LOURDES GRACIELA POMA BERNAOLA
JURADO

MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO DOCENTE

INDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
CAPITULO I.....	16
PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	16
1.1. Planteamiento del problema	16
1.2. Formulación y sistematización del problema	17
1.2.1. Problema general	17
1.2.2. Problemas específicos.....	17
1.3. Justificación	18
1.3.1. Práctica o social.....	18
1.3.2. Científica o Teórica	18
1.3.3. Metodológica.....	18
1.4. Delimitaciones	19
1.4.1. Espacial.....	19
1.4.2. Temporal	19
1.5. Limitaciones	19
1.5.1. Metodológica.....	19
1.5.2. Económica y temporal	19
1.6. Objetivos.....	19
1.6.1. Objetivo general	19
1.6.2. Objetivos específicos	19
CAPITULO II.....	21
MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Antecedentes	21
2.1.1 Internacionales	21
2.1.2. Nacionales	24
2.2. Marco conceptual.....	27

2.2.1. Máximas avenidas	27
2.2.1.1. Intensidades máximas de precipitación	29
2.2.1.2. Parámetros geomorfológicos de la cuenca	34
2.2.1.3. Potencial de escorrentía de suelo y cobertura vegetal	36
2.2.2. Niveles peligros a inundación	40
2.2.2.1. Tránsito de máximas avenidas	42
2.2.2.2. Tirante de la lámina de agua.....	46
2.2.3.3. Velocidad de flujo de agua.....	46
2.3. Definición de Términos	47
2.4. Hipótesis	48
2.4.1. Hipótesis General	48
2.4.2. Hipótesis Específicas	48
2.5. Variables.....	48
2.5.1. Definición conceptual de la variable	48
2.5.2. Definición operacional de la variable	49
2.5.3. Operacionalización de la variable.....	49
CAPITULO III	45
METODOLOGÍA.....	45
3.1. Método de investigación.....	45
3.2. Tipo de investigación.....	45
3.3. Nivel de investigación	45
3.4. Diseño de la investigación	46
3.5. Población y Muestra	46
3.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	47
3.7. Procesamiento de la Información:	48
3.7.1. Metodología para la determinación de las máximas avenidas	49
3.7.1.1. Determinación de las intensidades máximas de precipitación.....	49
3.7.1.2. Determinación de los parámetros geomorfológicos	55
3.7.1.3. Determinación del potencial de Escorrentia de suelo y cobertura vegetal.....	58
3.7.1.4. Determinación de las máximas avenidas para diferentes periodos de retorno.....	61
3.7.2. Estimación de los niveles de peligros a inundación.....	64
3.7.2.1. Determinación del Tránsito de máximas avenidas	64
3.7.2.3. Niveles de tirantes y velocidades de máximas avenidas	68
3.7.2.4 Determinación de los niveles de peligro a inundación	69
CAPITULO IV	71

RESULTADOS	71
4.1. Determinación de las intensidades máximas de precipitación	71
4.2. Determinación de los parámetros geomorfológicos de la cuenca:	71
4.3. Determinación del potencial de escorrentía de suelo y cobertura vegetal:	73
4.4. Determinación del tránsito de avenidas	73
4.5. Determinación del tirante de lámina de agua	73
4.6. Determinación de la velocidad de flujo de agua.....	74
4.7. Determinación del nivel de peligro a inundación	74
CAPITULO V	76
DISCUSION DE RESULTADOS	76
CAPITULO VI	83
CONCLUSIONES:.....	83
CAPITULO VII.....	85
RECOMENDACIONES	85
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	86
ANEXOS.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores críticos d para la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov	31
Tabla 2 Coeficientes de duración lluvias entre 48 horas y una hora.....	31
Tabla 3 Tipo hidrológico de suelo de acuerdo a la metodología del SCS.....	37
Tabla 4 Números de Curva de escorrentía para varios tipos de suelo.....	37
Tabla 5 Niveles de Intensidad de Inundación Estática y Dinámica	41
Tabla 6 Clasificación de los niveles de peligro a inundación.....	42
Tabla 7 Coeficiente de Rugosidad, n de Manning para corrientes naturales.....	46
Tabla 8 Técnica e instrumentos utilizados en esta y trabajo de investigación	47
Tabla 9 Parámetros estadísticos según el método de la distribución de Gumbel	49
Tabla 10 Función de distribución de probabilidad observada Fo(xm).....	50
Tabla 11 Precipitaciones Máximas probables para diferentes Periodos de Retorno	51
Tabla 12 Precipitaciones máximas instantáneas para diferentes tiempos de duración ...	51
Tabla 13 Intensidades máximas diarias para diferentes tiempos de duración	52
Tabla 14 Resumen de aplicación de regresión potencial.....	54
Tabla 15 Calculo de las Intensidades para cada Tiempo de duración.....	55
Tabla 16 Reclasificación para los usos de suelo y grupo hidrológico	58
Tabla 17 Cálculo del Número de Curva CN (II) para Condiciones Normales	60
Tabla 18 Resultado de las precipitaciones máximas diarias y su probabilidad de ocurrencia	71
Tabla 19 Características físicas de la Cuenca	72
Tabla 20 Cuadro de Resultado de la red hidrográfica de la cuenca	72
Tabla 21 Cuadro de Cálculo del Tiempo de Concentración.....	72
Tabla 22 Resultados de parámetros de potencial de escorrentia suelo y cobertura vegetal	73
Tabla 23 Resumen de los caudales picos de os Hidrogramas.....	73
Tabla 24 Niveles Tirantes de la lámina de agua para diferentes periodos de retorno	74
Tabla 25 Velocidades de flujo de agua para diferentes periodos de retorno	74
Tabla 26 Zonas afectadas por inundación fluvial del rio Shullcas	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Recortes periodísticos de antecedentes de inundación en el Rio Shullcas del Diario Correo (1990).....	15
Figura 2 Viviendas asentadas cercanas a las riveras del Rio Shullcas	15
Figura 3 La cuenca con Sistema Hidrológico	28
Figura 4 Etapas de trabajo del programa Hec Hms.....	29
Figura 5 Proceso del análisis de datos.....	30
Figura 6 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia	33
Figura 7 Hietograma de Diseño por el Método del Bloque alterno	34
Figura 8 Delimitación de cuencas (Divortium aquarum)	35
Figura 9 Hietograma de Precipitación Total vs Precipitación Efectiva.	39
Figura 10 Determinación del Precipitación Efectiva (Pe).....	40
Figura 11 Niveles cualitativos y cuantitativos de inundaciones estáticas y dinámicas. ...	41
Figura 12 Transformación de la precipitación - escorrentía	42
Figura 13 Flujo de trabajo del programa Hec Ras para identificar zonas inundables....	43
Figura 14 Hidrogramas de avenida	44
Figura 15 Representación gráfica de la sección de rio Centro Nacional de estimación..	45
Figura 16 Calculo del parámetro de ajuste “n” para un Tr= 25 años	52
Figura 17 Calculo del parámetro de ajuste “n” para un Tr= 100 años	53
Figura 18 Calculo del parámetro de ajuste “n” para un Tr= 500 años	53
Figura 19 Resumen de aplicación potencial	54
Figura 20 Ecuación de la Intensidad válida para la Sub Cuenca Shullcas	54
Figura 21 Curvas de nivel de las cartas 24m y 24n.....	56
Figura 22 Corrección del Modelo Digital de Elevación.....	57
Figura 23 Superficie TIN generada.....	57
Figura 24 Determinación de la longitud del cauce principal	58
Figura 25 Mapa de uso de suelos	59
Figura 26 Mapa de tipo hidrológico de suelo de acuerdo a la metodología del SCS	59
Figura 27 Mapa temático del Numero de Curva en base a la Metodología del SCS (ANA)	60
Figura 28 Hidrogramas de caudales de avenidas para Tr= 25 años.....	62
Figura 29 Hidrogramas de caudales de avenidas para Tr= 100 años.....	63
Figura 30 Hidrogramas de caudales de avenidas para Tr= 500 años.....	63
Figura 31 Ubicación del área de estudio	64
Figura 32 Topografía del área de intervención	65
Figura 33 Verificación In situ de material del lecho de rio	66
Figura 34 Hidrogramas para diferentes Periodos de Retorno.....	66
Figura 35 Simulación de transito de avenidas	67
Figura 36 Secciones transversales del tránsito de avenidas.....	67
Figura 37 Raster de velocidades de flujo de agua.....	68
Figura 38 Raster de tirantes de lamina de agua	68
Figura 39 Generación de los raster de intensidad	69
Figura 40 Generación de los raster de peligro a inundación	70
Figura 41 Curvas IFD válidas para la sub cuenca de rio Shullcas.	71

Figura 42 Hidrogramas de máximas avenidas para diferentes periodos de retorno	107
Figura 43 Relación de caudales (m ³) vs Periodos de retorno.....	108
Figura 44 Correlación de Caudales simulados vs Caudales calculados en la Estación Chamicería	109
Figura 45 Correlación de Caudales simulados vs Caudales calculados en la desembocadura	109
Figura 46 Histograma de la serie histórica de precipitaciones en la Estación Acopalca	111
Figura 47 Histograma de la serie histórica de precipitaciones en la Estación Comas ..	111
Figura 48 Histograma de la serie histórica de precipitaciones en la Estación Viques ..	111
Figura 49 Curva de doble masa para el mes de mayo Estación Acopalca	113
Figura 50 Curva de doble masa para el mes de mayo Estación Acopalca	114
Figura 51 Curva de doble masa para el mes de Febrero Estación Viques.....	115
Figura 52 Gráfico de la serie histórica de precipitación en Estación Acopalca.....	116
Figura 53 Gráfico de la serie histórica de precipitación en Estación Comas	117
Figura 54 Gráfico de la serie histórica de precipitación en Estación Viques	117
Figura 55 Curva de doble masa de la Estación ACOPALCA vs estación promedio	118
Figura 56 Curva de doble masa de la Estación Comas vs estación promedio	119
Figura 57 Curva de doble masa de la Estación VIQUES vs estación promedio	119
Figura 58 Precipitación acumulada (mm) vs tiempo (años).....	120
Figura 59 Hietograma de precipitación total para un Tr= 25 años	123
Figura 60 Hietograma de precipitación total para un Tr= 100 años	123
Figura 61 Hietograma de precipitación total para un Tr= 500 años	124
Figura 62 Hietograma de precipitación efectiva y abstracciones para un Tr= 25 años	126
Figura 63 Hietograma de precipitación efectiva y abstracciones para un Tr= 100 años	127
Figura 64 Hietograma de precipitación efectiva y abstracciones para un Tr= 500 años	127
Figura 65 Resultados de la simulados hidrológica para Tr= 25 años	128
Figura 66 Resultados de la simulados hidrológica para Tr= 100 años.....	128
Figura 67 Resultados de la simulados hidrológica para Tr= 500 años.....	128
Figura 68 Secciones transversales de la zona de inicio de simulación	129
Figura 69 Secciones transversales de la zona de inundación 1.....	129
Figura 70 Secciones transversales de la zona de inundación 2.....	130
Figura 71 Secciones transversales de la zona de inundación 3.....	130
Figura 72 Secciones transversales en la desembocadura al Rio Mantaro	131
Figura 73 Perfil Hidráulico para diferentes periodos de retorno	131
Figura 74 Perfil de velocidades para diferentes periodos de retorno	132

RESUMEN

En la sub cuenca baja del río Shullcas, se asienta el área urbana debido al crecimiento demográfico en la región y a la falta de planificación territorial; la población construye sus viviendas cercanas a la rivera del río, las mismas que pueden ser afectadas por peligros de origen natural. El objetivo de esta investigación fue determinar los niveles de peligro a inundación por las máximas avenidas en la sub cuenca del río Shullcas. Se utilizó un diseño documental y no experimental con datos primarios y secundarios respectivamente para alcanzar el objetivo. Se logró estimar los niveles de peligro a inundación en la sub cuenca del río Shullcas, basados en un modelo hidrológico de Precipitación-Escorrentía, siendo los caudales de máximas avenidas(Q), para periodos de retorno (Tr) de 25 años con un Q igual a 117.10 m³/s; un Tr de 100 años con un Q igual a 178.20 m³/s y un Tr de 500 años un Q igual a 276.40 m³/s; finalmente se estimó los niveles más altos de peligro a inundación resultando: Zona 1 – Residencial las Lomas de San Antonio ubicado a 240 m aguas arriba del Puente Santa Felicia, Zona 2 – Ubicado aguas arriba del Puente Huancas perteneciente a la Urbanización San Carlos y Zona 3-Aguas arriba del Puente Ferrocarril (Barrio Salcedo).

Palabras claves: Máximas Avenidas, modelo hidrológico, nivel de peligro, inundación, caudales máximos.

ABSTRACT

In the lower sub-basin of the Shullcas river, the urban area is settled due to demographic growth in the region and the lack of territorial planning; The population builds their homes near the river bank, which can be affected by hazards of natural origin. The objective of this investigation was to determine the flood hazard levels due to the maximum avenues in the sub-basin of the Shullcas river. A documentary and non-experimental design with primary and secondary data respectively was used to achieve the objective. It was possible to estimate the flood hazard levels in the sub-basin of the Shullcas river, based on a hydrological model of Precipitation-Runoff, being the flows of maximum floods (Q), for return periods (Tr) of 25 years with a Q equal to 117.10 m³ / s; a Tr of 100 years with a Q equal to 178.20 m³ / s and a Tr of 500 years a Q equal to 276.40 m³ / s; Finally, the highest levels of flood danger were estimated, resulting in: Zone 1 - Residencial las Lomas de San Antonio located 240 m upstream of the Santa Felicia Bridge, Zone 2 - Located upstream of the Huancas Bridge belonging to the San Carlos Urbanization and Zone 3-Upstream of the Railway Bridge (Barrio Salcedo).

Keywords: Maximum floods, hydrological model, level of danger, flooding, maximum flows.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento urbano no planificado en la ciudad de Huancayo, donde se construye en sectores que son susceptibles a ser afectados por desastres de origen natural, como las inundaciones que puede afectar a la población que tiene sus viviendas próximas a la ribera del Río Shullcas, generándose el peligro más latente en la cuenca baja donde se encuentra la zona urbana, es ahí donde se concentra el grupo poblacional más grande de la región centro.

Esta investigación tiene como objetivo determinar los niveles de peligro a inundación por las máximas avenidas en la sub cuenca del río Shullcas en base a un modelo hidrológico de máximas avenidas, y simular el tránsito de avenidas para estimar los niveles de peligros a inundación, esta información será utilizado para las autoridades para idear planes de gestión frente a peligros de origen natural, construcción de obras de protección y por parte de la población afectada, como medio de información para que adopten planes para salvaguardar y mitigar los daños por efecto de las inundaciones.

Capítulo I: Que lleva como título el problema de la investigación: el cual describe el planteamiento del problema, la formulación, sistematización del problema, la justificación, delimitaciones, limitaciones y objetivos.

Capítulo II: Que es titulado como marco teórico: donde se encuentra los antecedentes, el marco conceptual, definición de términos, hipótesis y variables.

Capítulo III: Que se titula metodología: donde se muestra el Método de Investigación, Tipo de Investigación, Nivel de Investigación, Diseño de la Investigación, Población-Muestra, Técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procesamiento de la información.

Capítulo IV: Se titula resultados: En este capítulo se muestra los resultados que se obtuvieron de los objetivos planteados.

Capítulo V: Que lleva como título discusión de resultados: En este capítulo se analiza y describe los resultados que se obtuvieron del capítulo anterior.

Para concluir esta investigación se encuentra las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Bach. Martin Severo Baltazar Miranda



Figura 1 Recortes periodísticos de antecedentes de inundación en el Río Shullcas del Diario Correo (1990)



Figura 2 Viviendas asentadas cercanas a las riveras del Río Shullcas

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema

Las inundaciones que afectaron estos últimos tiempos a nivel mundial donde estadísticamente causo el deceso de 100 000 personas, 1.4 millones de personas fueron afectadas y miles de millones en pérdidas económicas, los más significativos los daños a la infraestructura y a los cultivos (1) . Países igual que el Perú donde el entorno geológico, la temporada de intensas lluvias, los derretimientos de los glaciares, ponen el alto riesgo a la población y altas perdidas económicas (2).

A nivel internacional lo acontecido en España en los meses de febrero-marzo del 2015 a consecuencia de las precipitaciones donde elevaron el nivel del Rio Ebro, históricamente ha alcanzado caudales de 2000 m³/s, una vez cada tres años y el 2500 m³/s una vez cada 6 a 7 años, que afectaron gravemente a las construcciones aledañas a las riveras del rio (3).

En Sudamérica en el Ecuador según la Organización Panamericana de la salud, los incesantes aumentos de las precipitaciones en enero del 2012, en las regiones ubicados en el litoral, fueron contabilizados 51 eventos por inundaciones, 60 por deslizamientos y 29 por fallas estructurales, dejando un saldo de 8402 afectados y 13 muertos (4).

En el Perú, ha sido azotado por el evento del Fenomenito del Niño durante el año 1982-1983, donde el incremento de las intensas lluvias, afectaron potencialmente en las actividades de (pesca y agricultura), en infraestructura (viviendas y vías de comunicación) también en el sector de economía y salud (5).

En el 2017 el Niño costero en Perú, produjo huaycos e inundaciones en las regiones del norte del país, según informes públicos se alcanzaron 136 muertos, 17236 damnificados y 1 075 932 que fueron afectados. Dado el espacio geográfico de nuestro país, está expuesto a este tipo de eventos, lo que es preocupante nuestra capacidad de respuesta (6).

En región Junín, según el Plan de contingencias 2019, ante el Peligro de lluvias intensas, la problemática de peligros son por eventos hidrometeorológicos y de geodinámicas externas (deslizamiento de masa), siendo las precipitaciones el agente activo y esto se acrecienta en los meses de lluvia (diciembre-Marzo), y condicionado también por la geomorfología accidentada que presenta la región, la ausencia de cobertura vegetal y el tipo y uso de suelo (7).

Según este plan para ubicar escenarios geográficos por peligros ocasionado por lluvias, se considera antecedentes similares ocurridos, que afectaron en el sector transporte, infraestructura, salud y educación; también información histórica de precipitaciones dadas por SENAMHI. Bajo estas consideraciones categorizan a los distritos más importantes de la región (Huancayo, Chilca y Tambo) como escenario de mediana afectación probable; donde la sub cuenca del río Shullcas es considerado un escenario de probable afectación que puede darse a causa del aumento del nivel del río o del desembalse en las lagunas de Huaytapallana (7).

Existe antecedentes del desborde del Río Shullcas, como fue el aluvión de 1969, producto de un sismo que rompió paredes del dique de protección de la Laguna Lazuntay, esto incremento los niveles de la lámina de río. Otro sucedió en 1990 debido a la caída de una masa glaciaria provocando el desembalse de la Laguna Chuspicocha, afectando a la población situada en la parte baja de la cuenca. Actualmente las autoridades locales no han conseguido impedir que la población sigan ubicando sus viviendas en las zonas circundantes a la rivera del río, haciendo caso omiso que estos territorios fueron afectados en el pasado (8).

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuáles son los niveles de peligro a inundación por las máximas avenidas en la sub cuenca del río Shullcas?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las intensidades máximas de precipitación en la sub cuenca del río Shullcas?

- ¿Cuáles son los parámetros geomorfológicos de la sub cuenca del rio Shullcas?
- ¿Cuáles es el potencial de escorrentía del suelo y cobertura vegetal de la sub cuenca del rio Shullcas?
- ¿Cómo es el tránsito de avenidas en la sub cuenca del rio Shullcas?
- ¿Cuáles son los niveles del tirante de lámina de agua que alcanza por máximas avenidas en la sub cuenca del rio Shullcas?
- ¿Cuáles son las velocidades de flujo de agua que alcanza por máximas avenidas en la sub cuenca del rio Shullcas?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica o social

Esta investigación contribuye a mantener informados sobre los peligros por inundación a la población que habita circundantes a la rivera del Rio Shullcas con la finalidad de que puedan prevenir y salvaguardar cualquier pérdida ya sea material, económica y humana trabajando conjuntamente con los Gobiernos Locales y Regionales los cuales le servirá para la toma de decisiones que permitan adoptar medidas de protección para diseñar planes de prevención, obras de protección y control de cauces.

1.3.2. Científica o Teórica

Hasta la fecha en el Perú, el CENEPRED, en su plataforma web del (SIGRID), donde muestran cartografía por distintos tipos de peligros elaborados por las entidades públicas, científicas y técnicas, no utilizan modelos hidrológicos que permita conocer con más detalle el peligro de inundación por fenómenos de origen natural.

1.3.3. Metodológica

Fomentar e Implementar las entidades públicas, científicas y técnicas, vinculadas al SIGRID la utilización conjunta de modelos hidrológicos, análisis hidráulico y los sistemas de información Geográfica a fin de construir cartografía sobre peligro a inundación.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

La presente investigación se desarrolló en la cuenca baja del río Shullcas (zona urbana), la misma que comprende desde el Puente Huincho hasta la desembocadura al Río Mantaro.

1.4.2. Temporal

La presente investigación utiliza los registros históricos de precipitaciones máxima en 24 horas del periodo enero de 1998 hasta diciembre 2017.

1.5. Limitaciones

1.5.1. Metodológica

- Falta de información hidrométrica como caudales históricos de la sub cuenca del río Shullcas.

1.5.2. Económica y temporal

- Por el tiempo que involucra y dado la extensión del área de nuestra zona de estudio no se llegó a determinar el tipo y el uso del suelo IN SITU, se consideró en base a imágenes satelitales proporcionados por el MINAM.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

- Determinar los niveles de peligro a inundación por las máximas avenidas en la sub cuenca del río Shullcas

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar las intensidades máximas de precipitación en la sub cuenca del río Shullcas
- Determinar los parámetros geomorfológicos de la sub cuenca del río Shullcas
- Determinar el potencial de escorrentía de suelo y cobertura vegetal de la sub cuenca del río Shullcas
- Determinar el tránsito de avenidas en la sub cuenca del río Shullcas

- Determinar los niveles del tirante de lámina de agua por máximas avenidas en la sub cuenca del río Shullcas
- Determinar las velocidades de flujo de agua por máximas avenidas en la sub cuenca del río Shullcas

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1 Internacionales

Alarcón, et al. (2020) en su artículo científico titulado “Estimación de áreas vulnerables a inundaciones en zonas urbanas: Morelia, Michoacán, México”, Mexico (9)

La metodología de esta artículo científico es un modelo Hidrológico, se plasmó con ayuda del el Hec HMS, tomando en cuenta los parámetros de la sub cuenca, también el ingreso de las precipitaciones del mes de setiembre del 2013 con el método de los Hietogramas, dicho modelo se calibro en base a un hidrograma aforado en el drenaje de la cuenca con valores del número de curva que determina el potencial de escurrimiento, y se ajustó la calibración por el coeficiente de determinación, Nash, Sutcliffe y RMSE.

Realizada la calibración, se determinó los Hidrogramas para periodos de retorno de 100 y 500 años, para luego ingresar estos caudales para la simulación Hidráulica, en el software IBER. De este artículo científico se concluye:

- El modelo hidrológico calibrado con un hidrograma aforado anteriormente, nos indica que los resultados son confiables.
- Los modelos hidrológicos con el software Hec Hms e hidráulico con el software Iber, son una ayuda importantísima, pero para su confiabilidad se tiene que considerar parámetros de la zona de estudio

Lopez y Gomez (2019), en su tesis titulada “Determinación de la cota de inundación del río Arauca en la vereda barrancones, municipio de Arauca mediante un modelo hidrodinámico” (10), para optar el Título de Especialista en Recursos Hídricos otorgado por la Universidad Católica de Colombia.

La metodología de esta investigación se desarrolló en el río Arauca perteneciente a la cuenca Orinoquia, enmarcado en el municipio de Arauca, (Colombia), en el sector rural denominado Barrancones, parte de un análisis hidrológico donde se determina características como topografía, demografía, escenarios hidrológicos, luego se realizó la modelación hidrodinámica conociendo la batimetría del río para ingresarlo en el Hec Ras, de esto se obtiene velocidades, tirantes. De esta investigación se concluye:

- El modelo se trabajó para condiciones de flujo permanente, modelo bidimensional ya que ayuda a definir las llanuras de inundación, se utilizó dicho modelo ya que el modelo unidimensional.
- Para la toma de decisiones en la planificación de protección de las zonas inundables se obtuvo tirantes mínimos 0.18 m y máximos 7 m.
- El 83% del sector Barrancones perteneciente al municipio de Arauca es de riesgo alto llegando a altura de la lámina de agua de 0.9- 4 m. Por lo tanto se tiene que tener planes de mitigación a fin de que se reduzca el riesgo de inundabilidad.

Erasun, et al. (2018) en su artículo científico titulado “Modelación Hidrológica para la Gestión del riesgo de Inundaciones en la Cuenca del Río Daymán”-Argentina. (11) La metodología de este artículo científico, utilizó un modelo hidrológico en el software Hec Hms, considerando el balance de humedad del suelo, este modelo considera parámetros hidrológicos, cobertura vegetal, retención superficial, como método de transformación utilizó el hidrograma Unitario de Clark, y la conservación de almacenamiento por efecto de la infiltración. De este artículo científico se concluye:

- La validación del modelo es aceptable dado que el modelo representa los diferentes módulos del hidrograma (flujo, en superficie, sub superficie y flujo base).

Camargo (2017) en su artículo científico titulado “Modelación hidrologico-hidraulica de eventos de inundación en el Rio Bogota (sector Tocanzipa-Chia) usando Hec-ras”, Colombia. (12)

La metodología de este artículo científico se trabajó en base a un modelo en Hec Ras utilizando información de precipitación y topografía del río. De este artículo científico se concluye:

- Las llanuras de inundación determinadas con esta metodología cuantificadas en magnitud prevalecen grandemente a modelos donde no utilizan caudales.

Carrera (2017), en su tesis titulada “Modelación hidrológica de eventos de crecida para el sistema de alerta temprana ante inundaciones en la cuenca del río Catamayo”, para optar el Título de Ingeniero Civil otorgado por la Universidad Central del Ecuador (13).

La metodología de esta investigación plasmo un modelo hidrológico, con apoyo del software libre Hec HMS, para calcular los Hidrogramas de crecidas para poder evaluar el sistema de alerta temprana de inundaciones del Rio Catamayo, utilizo el método de perdidas por el numero de curva, el modelo de transformación precipitación -Escorrentia del Hidrograma Unitario, para la calibración del modelo se utizo un evento de máximo pasado, comparándolo con 4 eventos de máximas avenidas en la zona de estudio. De esta investigación se concluye:

- Los sistemas de información geográficas facilitan determinar los parámetros de la cuenca.
- La validación del modelo muestra resultados aceptables para las crecidas de la cuenca del rio Catamayo.
- Los recorridos de los caudales en el punto de drenaje de la cuenca tardan aproximadamente 8 horas, indicado que existe el tiempo prudente para informar con el sistema de alerta temprana.

2.1.2. Nacionales

Tinoco (2019), en su artículo científico titulado "Modelamiento del riesgo de inundación por la ocurrencia de descargas máximas del río Santa, sector Challhua, Huaraz-Ancash" (14)

La metodología utilizada en este artículo científico, fue el modelamiento hidrológico al determinar el caudal máximo para diferentes periodos de retorno, y para el modelamiento hidráulico se realizó levantamiento topográfico del área de estudio, comprobación in situ del coeficiente de manning, así mismo se verifico el nivel de vulnerabilidad de las construcciones circundantes al río Santa sector Challhua, para finalmente la presentación de los mapas de inundación teniendo en cuenta la vulnerabilidad y áreas afectadas por inundación. De este artículo científico se concluye:

- Las áreas de inundación son de 371.49 m², con un caudal base y 1927.08 m³ para un Tr= 200 años.
- Se determinó según el mapa de vulnerabilidad que existe vulnerabilidad de riesgo muy alto de 8,2% de viviendas, 47,4% de módulos de mercado, en riesgo alto el 41,4% de viviendas, 52,6% en módulos de mercado, en riesgo medio 100% de infraestructura deportiva, y en riesgo bajo el 25,6 % de viviendas.

Soria-Díaz et al. (2019), en su artículo científico titulado "Riesgo de inundación en la ciudad de Iquitos, Perú" (15) , tuvo como metodología de este artículo científico se basó en información cartográfica geomorfología, uso de suelo, valoración económica del suelo y exposición de la población. De este artículo científico se concluye:

- La representación de los mapas de riesgo, es de una clasificación alta equivalente a un 65.36% del área de análisis y riesgo medio-bajo un 25.21%.
- La metodología es apropiada y adaptable, pero carece de información hidrometeorológica e información de un MDT preciso sobre todo en

errores de altimetría para los modelos ASTER GDEM, que solo muestra resultados no mostrando un análisis general.

- En base a las zonas riesgo se plantea orientar el crecimiento de la ciudad de Iquitos hacia la zona confluyente de Iquitos-Nauta, donde su topografía es de relieve alto, conteniendo terrazas medias a altas y con colinas bajas por un espacio de 20 años (visión futura).

Lujano (2018), en su artículo científico titulado "Modelación hidrológica semidistribuida en la región hidrográfica del Titicaca: caso de estudio cuenca del río Ramis, Perú" (16).

La metodología utilizada de este artículo científico, se configuro para la validación y calibración desde una orientación semidistribuida del modelo hidrológico sacramento, utilizando datos de información de lluvias en los años 2005-2016, emplea la interpolación de datos con una estación virtual, y se calibra y valida el modelo utilizando el 70% y 30% de la información pluviométrica, la prueba de bondad de ajustes se determinó por Nash. De este artículo científico se concluye:

- El modelo hidrológico semidistribuido para el Rio Tamis y su determinación de los caudales de drenaje en épocas de estiaje y avenida son representativos para la cuenca en estudio.
- Para el pronóstico en información hidrológica y para las tomas de decisiones para la alerta temprana frente a eventos de máximas crecidas el modelo es válido.

Mamani (2017), en su tesis titulada "Modelamiento de máximas avenidas que generan riesgo de inundación en la ciudad de Ayaviri - Puno", para optar el Título de Ingeniero Agrícola otorgado por la Universidad Nacional del Altiplano Puno –Perú (17)

La metodología de esta investigación se basó en calcular caudales máximos para diferentes periodos de retorno del rio Ayaviri utilizo el modelo hidrológico Hec-HMS y una vez definido ingresarlo para simularlo dinámicamente en el Hec Ras para presentar finalmente su mapa de riesgo de inundacion. El autor llego a las siguientes conclusiones:

- El modelo hidrológico cuantifica de forma cualitativa y cuantitativa las lluvias generadas en 24 horas determinando caudales para distintas frecuencias de $Tr= 5$ años $Q=126.40$ m³/s, $Tr= 50$ años $Q= 424.20$ m³/s., y un $Tr=100$ años $Q= 495.80$ m³/s; con un ajuste a la distribución de frecuencia log normal de 2 parámetros, y realizando la prueba de chi cuadrado para su ajuste.
- Con la simulación hidráulica para un periodo de retorno de $Tr= 50$ años y un $Q= 424.20$ m³/s. se muestra en los mapas de riesgo crecidas en Barrio Pueblo libre en su margen derecha y en la margen izquierda del parque recreacional.
- Las utilidades de los SIG facilitan la evaluación de las zonas inundables ya que conjuntamente sincronizan los modelos hidrológicos e hidráulicos y su representación vía mapas lo hace una herramienta efectiva en el análisis de estudio de inundabilidad.

Pacha (2015), en su tesis titulada “Modelamiento hidrológico e Hidráulico para avenidas de la sub Cuenca Quillcay, con fines de protección del sector Nueva Florida, Distrito de Independencia”, para optar el Título de Ingeniero Agrícola otorgado por la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo –Perú (18)

La metodología que utilizo fue la elaboración de un modelo hidrológico-hidráulico simulando las máximas avenidas, para cual conto con información de precipitaciones máximas en 24 horas. Utilizo paquetes informáticos para simular su modelamiento valiéndose de programas como el HEC GeoHMS, HEC GeoRAS y Sistemas de información Geográfica SIG, para dicho modelo determino pérdidas por la cobertura vegetal y la transformación de la Escorrentía por el Método del SCS. De esta investigación se concluye.

- Se determinó caudales para un $Q= 129.95$ m³/s en un $Tr=100$ años, $Q=170.71$ m³/s en un $Tr= 200$ años y $Q= 232.43$ m³/s en un $Tr=500$ años.

- La calibración del modelo se realizó en base al potencial de escurrimiento del número de curva y a las abstracciones.
- Se determinó llanuras de inundación con una extensión de 12394, 13017 y 13615 m², para caudales máximos con para una frecuencia de 100, 200 y 500 años respectivamente.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Máximas avenidas

El caudal extraordinario que se presenta en un sistema hidrográfico como río, canal, quebradas, en el estudio de manejo de cuencas. Es de intereses estudiar estas avenidas para proyectar una obra hidráulica con el fin de contener, almacenar o transportar el fluido, conociendo la magnitud y frecuencia de estos niveles de agua o caudales (19).

Las máximas avenidas se entienden como el caudal elevado de Escorrentia superficial, el objetivo del análisis hidrológico es determinar estos caudales extraordinarios anticipadamente con la hipótesis de que no haya sucedido o que es probable que acontezca en el futuro (20).

Modelamiento hidrológico de máximas avenidas

Es la representación aproximadamente a cómo funciona un sistema hidrológico real (19).

Un modelo hidrológico de Precipitación-Escorrentia tendrá como datos de entrada las precipitaciones la que ingresa al sistema y como datos de salida será el caudal, considerando que tiene que situarse en un espacio geográfico como es la cuenca; Estos modelos hidrológicos servirán para poder predecir el resultado de sus variables de salida conociendo sus variables de entrada (20) (21).

Los modelos hidrológicos son un acercamiento del sistema real, donde los parámetros hidrológicos de entrada y salida, permiten analizar el funcionamiento del sistema y predecir su salida (22) (23)

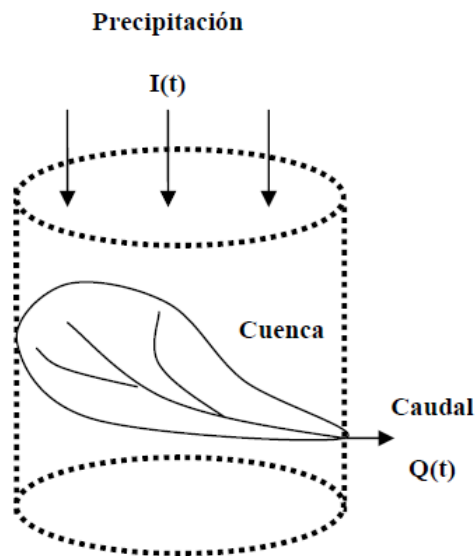


Figura 3 La cuenca con Sistema Hidrológico. Tomado de Mejía (2013) Hidrología aplicada

Modelo de simulación hidrológica en el Hec Hms

El hec hms (Hydrologic Modeling System), Sistema de modelado hidrológico, software de uso comercial simula procesos hidrológicos, para obtener los Hidrogramas de crecidas para distintos periodos de retorno de una cuenca, tiene

- Modelo de cuenca (Basin Model)
- Estableciendo el tiempo de la serie de datos de la precipitación
- Modelo meteorológico (Meteorological Model)
- Especificación de control (Control Specifications)

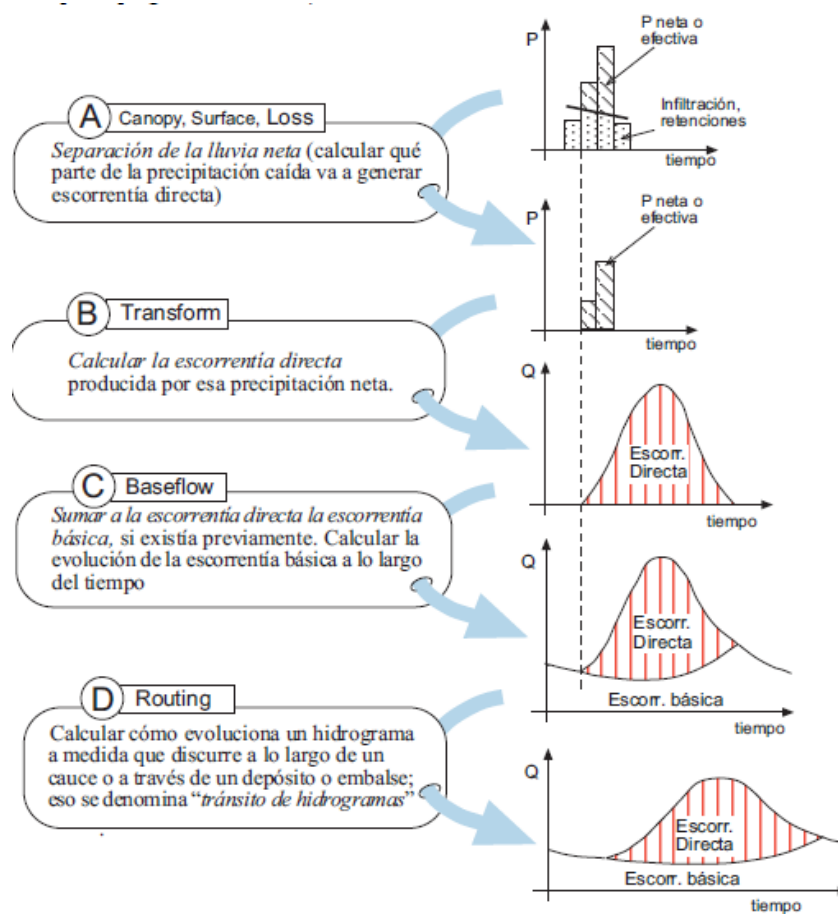


Figura 4 Etapas de trabajo del programa Hec Hms. Tomado de Sánchez, Hec Hms (2013) Manual elemental

2.2.1.1. Intensidades máximas de precipitación

La intensidad máxima de una tormenta de diseño es un modelo de precipitación que es utilizada para el diseño de un sistema hidrológico. Prácticamente la tormenta de diseño es la entrada al sistema, y el resultado son los caudales, Utiliza los Hietogramas para especificar la variación de tormenta en base al tiempo de duración (24)

El análisis de las lluvias intensas (tormenta), es la representación gráfica de una tormenta registrada por un Pluviógrafo, la interpretación de la misma es la que ingresa al sistema hidrológico utiliza los modelos de lluvia-Escorrentia (25) (26)



Figura 5 Proceso del análisis de datos tomado de Villon (2004) Hidrología

a. Probabilidad de ocurrencia

Es el tiempo del cual se aguarda la aparición del evento sustentando en análisis estadísticos (2)

Es el tiempo medio, contabilizado en años, en que un suceso o evento se iguale o se supere por lo menos una vez, plasmado en las leyes que estipulan el estudio de probabilidades (27)

Tratamiento probabilístico de la información hidrológica/ Método de Distribución de Gumbel

La distribución de Gumbel, ha sido muy empleada para la determinación de frecuencia de valores extremos utilizadas en variables meteorológicas. Dando resultados aptos en estudios pasados, los parámetros estadísticos que utiliza son la media (\bar{x}), desviación standard (S), parámetro de escala (α) y el parámetro de posición (μ) (24)

Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov

Son pruebas que sirven para valorar, si un grupo de datos es una muestra representativa de la distribución que se eligió. El procedimiento es el siguiente se ordena las Precipitaciones máximas diarias ($PP\ max$) de manera ascendente, dándoles un numero de orden (m), la probabilidad de excedencia $Fo(x)$ es determinada en base a la distribución empírica de Weibull $Fo(x) = \frac{m}{n+1}$, donde n = tamaño muestral (24).

El cálculo de la función de distribución empírica de Gumbel es calculado según la ecuación:

$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Tabla 1

Valores críticos d para la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov

TAMALO DE MUESTRA	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.3	0.34	0.4
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
35	0.2	0.22	0.27
40	0.19	0.21	0.25

Nota: Tomado del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2008)

b. Precipitación Máximas diaria

Para llevar a lluvias con duraciones menores a 24 horas, se multiplica la precipitación máxima probable por cada periodo de retorno con su coeficiente de duración de lluvia en horas, indicado en la tabla siguiente: (24)

Tabla 2

Coefficientes de duración lluvias entre 48 horas y una hora

DURACION DE LA PRECIPITACION (HORAS)	COEFICIENTE
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87

18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

Nota: Tomado del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2008)

c. Curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF)

La selección de la lluvia más intensa de diferentes duraciones, de cada año, para ser llevados a un estudio de frecuencia de cada serie. Obteniéndose una probabilidad para la intensidad de lluvia que corresponde a cada duración (24)

El análisis de frecuencia de tormentas consiste en determinar las intensidades máximas de lluvias en diferentes intervalos de tiempo (duración) ajustándolo a una distribución de probabilidad de ocurrencia, Nos sirve para pronosticar la tormenta de diseño para un período de retorno dado con este análisis se construyen las curvas IDF (28).

Tratamiento matemático de las intensidades

Para determinar una ecuación que represente la familia de las curvas IDF para los distintos periodos de retorno (años) y tiempos de duración (minutos). (24)

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

Es necesario determinar los parámetros de ajustes K, m y n

Dónde:

I= Intensidad máxima (mm/h)

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

Tr= período de retorno en años

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

Para determinar el parámetro “n”, tenemos que representar gráficamente el tiempo de duración (minutos) vs intensidades (mm/hr) para diferentes periodos de

retorno, La línea de tendencia que cruza por todos los puntos ploteados es la que se determina por el método de los mínimos cuadrados mediante la expresión potencial, el parámetro “n”, donde el valor de R^2 es cercano a 1 lo que indica que la representación es la aproximada, para diferentes periodos de retorno se muestra”

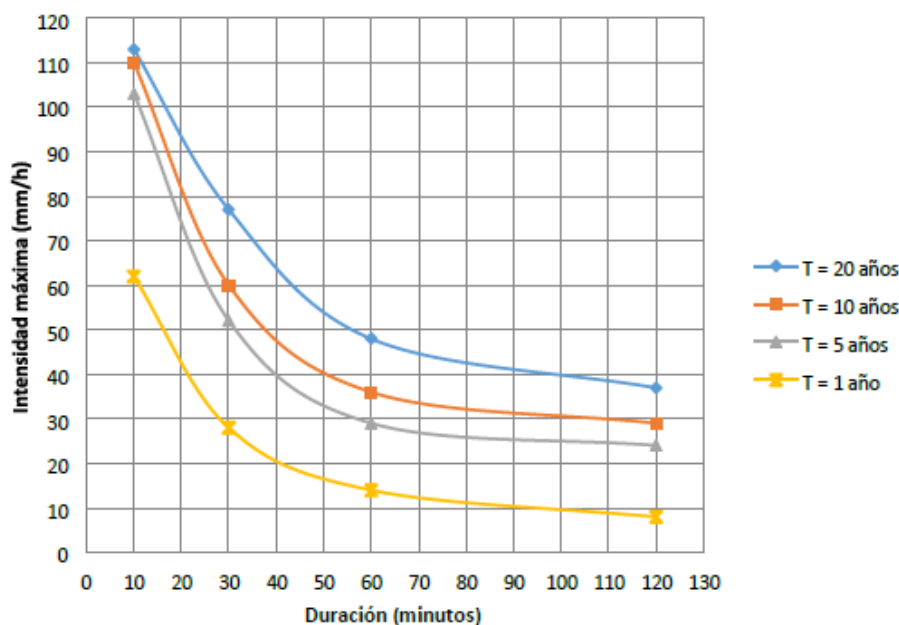


Figura 6 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia tomado de Vásquez et al., (2016) Manejo gestión de cuencas hidrográficas

Hietogramas de precipitación total

El gráfico de barras que indica la evolución de la precipitación a lo largo de una tormenta, es decir, que la tormenta descargue toda el agua de manera uniforme en el tiempo, o por el contrario que descargue más agua al inicio o al final de la tormenta. Realizar un hietograma que se ajuste a la realidad es importante, ya que a partir de este se conseguirá el hidrograma (24).

Por otra parte, para conocer la intensidad que cae sobre un determinado espacio por un intervalo de tiempo, se utiliza el Hietograma por el método de bloques alternos estos se generan a partir de las curvas IDF, donde nos da a conocer la altura de la precipitación por intervalos de tiempo, estos pulsos de lluvia según inicia la lluvia van creciendo hasta llegar al punto máximo de la precipitación luego decrecen paulatinamente (29)

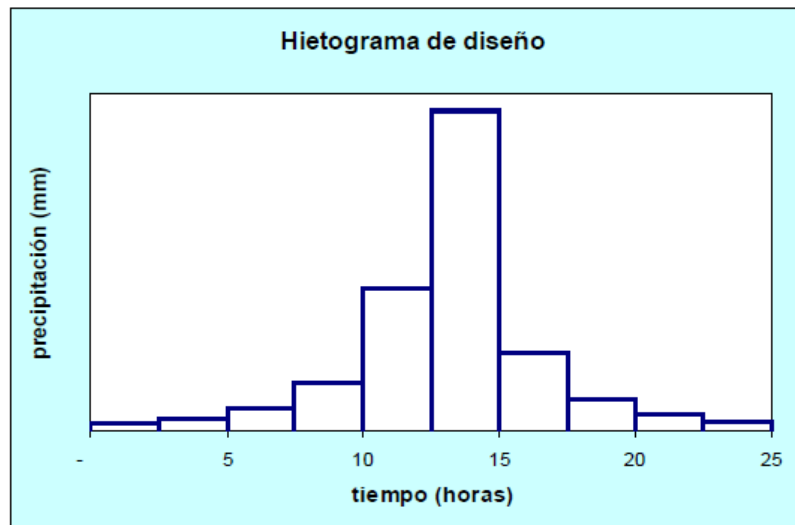


Figura 7 Hietograma de Diseño por el Método del Bloque alterno tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2008), Manual de hidrología hidráulica y drenaje

2.2.1.2. *Parámetros geomorfológicos de la cuenca*

La determinación de las características morfométricas de una unidad hidrográfica como la cuenca, sub cuenca, microcuenca donde se desprende el estudio de las variables relativas a la geometría de la cuenca y la otra la conformación de la red de drenaje y del relieve, nos sirve para poder conocer el comportamiento frente a fenómenos externos que puedan condicionar su respuesta (30).

Las características físicas de la cuenca, en principio es ver el límite de la cuenca según la divisoria de aguas que dividen las lluvias que caen en una cuenca aledaña y ver el tránsito de la Escorrentia superficial para uno y otro sistema de esta manera determinar los parámetros hidrográficos y de relieve (31) (32)

a. Área de la Cuenca

El Área es referida a todo el sistema fluvial que drena, esta es proyectada en el plano horizontal, el área es la característica principal para determinar las diversas características morfométricas, su unidad por lo general es Km² (30).

Por otra parte, el área de la cuenca o área de desfogue es el componente básico para determinar los otros parámetros físicos, su unidad de medida es en km² o hectáreas (31).

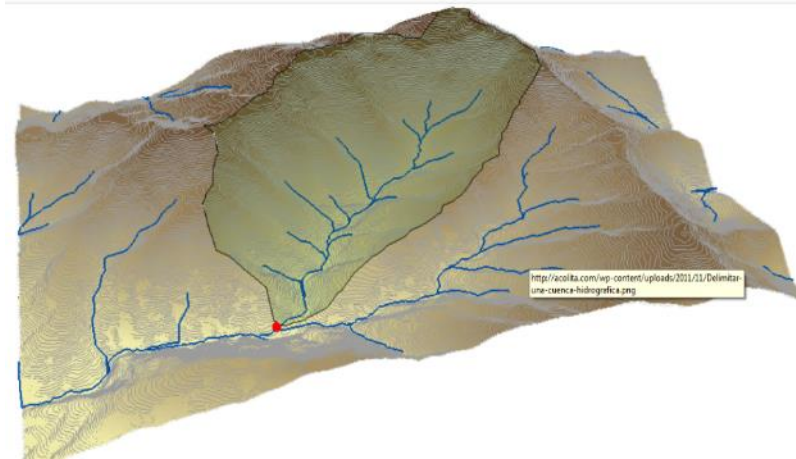


Figura 8 Delimitación de cuencas (Divortium aquarum) tomado de Chereque (1989) Hidrología para estudiantes de ingeniería civil

b. Longitud y desnivel del río principal

Representa la red de drenaje de la cuenca hidrográfica y se expresa a menudo en kilómetros (km) y se relaciona con el nivel máximo y mínimo del río principal en unidad de (msnm) (30).

El perfil del curso de agua está relacionado directamente en los valores de descarga en la desembocadura influenciando en su velocidad, relacionado con la pendiente cuanto mayor pendiente mayor será la velocidad de recorrido para ello es necesario conocer la longitud del río (km) y el desnivel de los niveles máximos y mínimos (31).

c. Tiempo de concentración (tc)

Es el tiempo que demora una gota de agua en trasladarse desde el punto más alto hasta el punto de desagüe; una vez terminado este tiempo la cuenca estará ayudando a constituir el caudal de Escorrentia como resultado un valor superlativo. Se determina en base a los parámetros físicos de la cuenca como área, longitud del río principal y desnivel del río principal (31)

La duración de la lluvia o fomenta de diseño es igual al cálculo del tiempo de concentración (t_c) para la cuenca en estudio, dado que la escorrentía obtiene su pico en este tiempo ya que el área contribuye al flujo en la salida del sistema. existen diversas fórmulas para determinar el t_c : (24)

La fórmula de Kirpich es la más difundida fue concebida para cuencas montañosas en el estado de California

$$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

L= longitud principal del curso de agua (m)

H= Desnivel entre la divisoria de aguas y la desembocadura (m)

2.2.1.3. Potencial de escorrentía de suelo y cobertura vegetal

Es la mayor protección frente a la erosión de suelo, manejando un buen sistema de cultivo y su aprovechamiento estas intervendrán altamente a la capacidad de suelo a hacer frente a la erosión (33).

Las características del complejo vegetal se caracterizan según su clima, suelo, morfología, haciendo hincapié en zonas donde por las actividades humanas, vienen siendo afectadas por la erosión permanente y de manera intensa; donde juega un rol importante la textura de suelo como su estructura, zonas con pendientes empinadas característicos de la zona, las formas extractivas y agrarias usadas (30).

a. Numero de curva (CN)

Para determinar los datos de suelo y cubierta la metodología más difundida es la utilización del SCS del servicio de conservación de suelo de los EEUU, esta metodología se plasma en establecer a la cuenca un numero en escala de (0-100), cuando este valor es cercano a 100 el volumen de la Escorrentia directa de una tormenta es mayor (31).

Para determinar el efecto de las abstracciones o perdidas de la precipitación de una tormenta según el tipo y uso de suelo se utiliza el método del Soil Conservation Service; que establece que el parámetro CN es un número

adimensional, en el rango de $0 \leq CN \leq 100$. Para superficies de agua e impermeables es igual a un $CN = 100$; para superficies naturales $CN < 100$. (24)

Tabla 3

Tipo hidrológico de suelo de acuerdo a la metodología del SCS

Clasificación del suelo para el método S.C.S.*	
Tipo A	Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.
Tipo B	Suelos pocos profundos depositados por el viento, marga arenosa.
Tipo C	Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.
Tipo D	Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Nota: Tomado de Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2008)

Tabla 4

Números de Curva de escorrentía para varios tipos de suelo

DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO			
	A	B	C	D
Tierra cultivada ¹ : sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas, cubierta buena ²	45 25	66 55	77 70	83 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% impermeables)	89	92	94	95
Distritos Industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial ³ :				
Tamaño promedio del lote				
Porcentaje promedio impermeable ⁴				
1/8 acre o menos	65			
1/4 acre	38	77	85	90
1/3 acre	30	61	75	83
1/2 acre	25	57	72	81
1 acre	20	54	70	80
		51	68	79
Parqueadores pavimentados, techos, accesos, etc. ⁵	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados ⁵	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

Nota: Tomado del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2008)

b. *Numero de curva para condiciones húmedas CN(III)*

Las abstracciones o perdidas se basan a base al número de curva de acuerdo a los antecedentes de humedad del suelo las cuales se utilizan según las condiciones normales (AMC II). para condiciones secas (AMC I) o condiciones húmedas (AMC III), las formulas son las siguientes

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

c. *Abstracciones por retención superficial*

La precipitación que cae a la superficie de la cuenca y al entrar en contacto con el suelo parte de ella se infiltra, otro escurre y otro tanto se queda almacenada en las depresiones que existe en el lugar y la forma de salir de ahí es por la evaporación o infiltración eso está condicionado al uso y tipo de suelo (32).

Por otra parte, según el método del Servicio de conservación de suelos (SCS) de los EEUU, donde establece las abstracciones para la precipitación, bajo la hipótesis de que existirá una abstracción inicial antes de la generación de Escorrentia en base al valor del número de curva se obtendrá el almacenamiento o retención potencial máxima y de manera consecuente una abstracción continua (24).

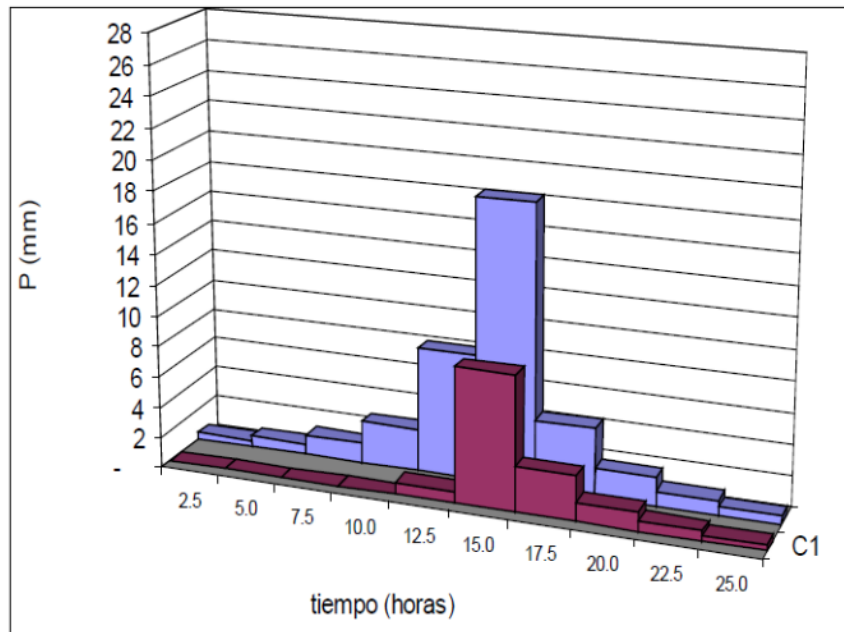


Figura 9 Hietograma de Precipitación Total vs Precipitación Efectiva. Tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2008), Manual de hidrología hidráulica y drenaje

Calculo del almacenamiento (S)

El almacenamiento(S) que está en función del CN según el método SCS, según la fórmula: Dónde: S está en pulgadas.

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Abstracción Inicial (Ia)

La abstracción inicial (Ia), que es la cantidad de precipitación que no genera Escorrentia el cálculo es el 20% del Almacenamiento.

$$S = 0.2 Ia.$$

Abstracción continua (Fa)

Son las pérdidas por infiltración que se van dando simultáneamente a la precipitación neta o exceso de precipitación.

$$Fa = S - Ia$$

Precipitación efectiva (Pe)

Conocida también como exceso de precipitación, es la cantidad de Escorrentia directa y viene dada por la siguiente ecuación:

$$Pe = \frac{(P - 0.2 S)^2}{P + 0.8 S}$$

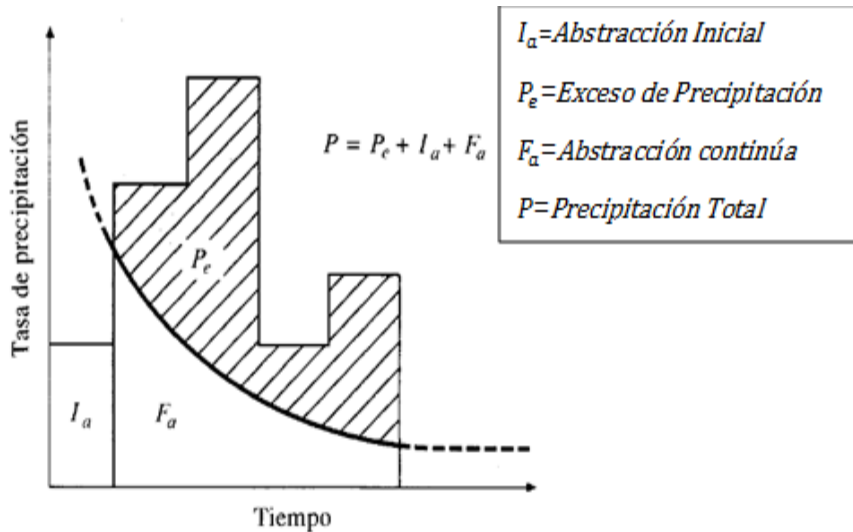


Figura 10 Determinación del Precipitación Efectiva (Pe) tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2008), Manual de hidrología hidráulica y drenaje

2.2.2. Niveles peligros a inundación

El nivel de peligro es la probabilidad de que un suceso, perjudicialmente dañino, originado naturalmente o provocado por el hombre, se de en un área específica, en un nivel de intensidad y en un periodo de retorno dado (34)

Es la probabilidad de ocurrencia de que se supere la capacidad de retención del río, originando el desbordamiento del mismo caracterizado por una cierta intensidad, en un periodo de retorno y en un espacio geográfico dado (8) (2)

Evaluación de la intensidad de la inundación

La evaluación de la intensidad será de acuerdo al tipo de inundación:

- Inundaciones estáticas: involucra el tirante de la lámina de agua

- Inundaciones dinámicas: Lo determina el producto del tirante por la velocidad
(35)

Tabla 5

Niveles de Intensidad de Inundación Estática y Dinámica

Niveles de Intensidad	Profundidad de flujo (H) (m) (inundaciones estáticas)	Profundidad x vol. Del flujo (m/s) (Inundaciones dinámicas)
Alto	$H \geq 1.0$	$H*V \geq 1.5$
Medio	$0.5 \leq H < 1.0$	$0.5 \leq H*V < 1.5$
Bajo	$0.25 \leq H < 0.5$	$H*V < 0.5$ y $H \geq 0.25$ m

Nota: Tomado de Inundaciones Fluviales INETER y COSUDE (2005)

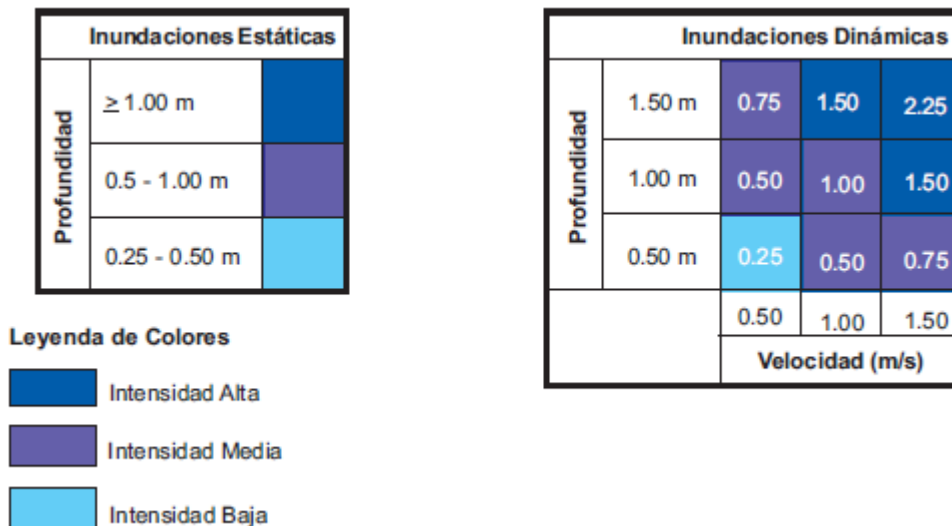


Figura 11 Niveles cualitativos y cuantitativos de inundaciones estáticas y dinámicas. Tomado de Inundaciones Fluviales INETER y COSUDE (2005)

Determinación de los niveles de peligro a inundación

Los niveles de amenaza o peligro vienen dados en función del periodo de retorno y su intensidad para inundaciones dinámicas,

Zona de Amenaza Alta: Estas zonas generan un efecto grave de daño en la población afectada y su infraestructura.

Zona de Amenaza Media: Estas zonas generan un efecto moderado, con reparación de daño en la población afectada y su infraestructura.

Zona de Amenaza Baja: Estas zonas generan un efecto leve de daño en la población afectada y su infraestructura.

Tabla 6

Clasificación de los niveles de peligro a inundación

Intensidad	Alta ≥ 1.00 m	Alta	Alta	Alta
	Media $0.5 \text{ m} \leq H \leq 1.00$ m	Alta	Media	Baja
	Baja $0.25 \text{ m} \leq H < 0.5$ m	Media	Baja	Baja
		Alta $\text{Tr} \leq 25$	Alta $25 \leq \text{Tr} \leq 100$	Baja $100 < \text{Tr} \leq 500$
		Frecuencia		

Nota: Tomado de Inundaciones Fluviales INETER y COSUDE (2005).

2.2.2.1. Tránsito de máximas avenidas

El método hidráulico de tránsito de avenidas es complejo ya que la variación de la geometría o topografía, igual el tránsito de flujo que no es constante, las condiciones de la naturaleza no son semejantes, donde se expande el concepto del tránsito de avenidas que refleja el movimiento de una onda, donde estos cambios de movimiento se deben a la velocidad, secciones transversales y el aumento de caudal por aporte de algún tributario (36).

El tránsito de avenidas se diferencia del análisis hidrológico dado que es más escueto porque utiliza ecuaciones básicas y no nos da con certeza resultados verídicos, por el contrario el análisis hidráulico se evalúan con variables como la pendiente del cauce, la velocidad de flujo, la fricción, cambio de las secciones transversales que intervienen con ayuda de las ecuaciones hidráulicas (37)

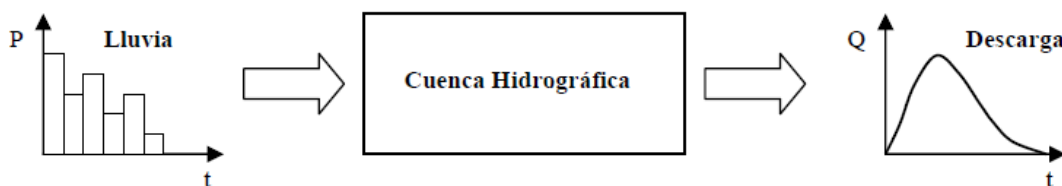


Figura 12 Transformación de la precipitación - escorrentía tomado de Vásquez et al. (2016)

Manejo gestión de cuencas hidrográficas

Simulación hidráulica de máximas avenidas en el HEC RAS

El programa HEC RAS (River Analysis System), en español Sistema de Análisis de Río, es un programa de uso gratuito, una potente herramienta que simula tránsitos de flujos en cauces naturales y artificiales. La creación de un proyecto en hec ras contiene una carpeta con todos los componentes con la información de la geometría, Datos de flujo y el plan a simular.

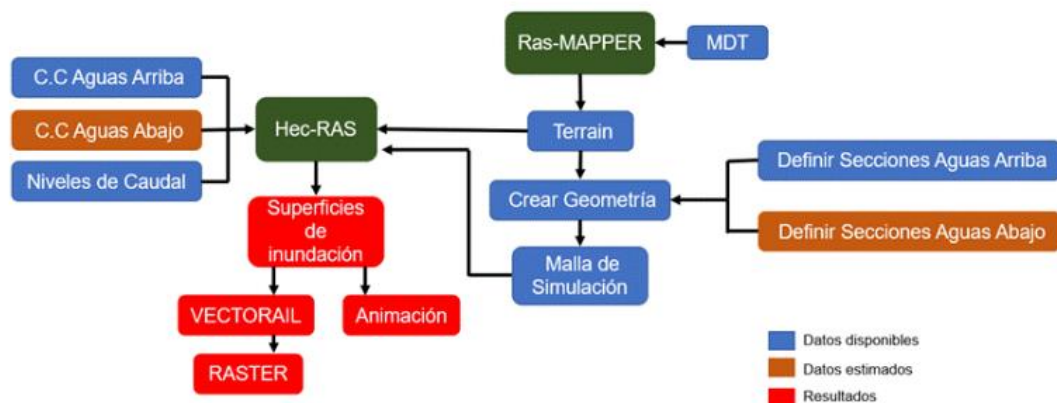


Figura 13 Flujo de trabajo del programa Hec Ras para identificar zonas inundables tomado de Vázquez et al. (2016) Manejo gestión de cuencas hidrográficas

a. Hidrogramas de caudal máximo

Los caudales de máxima avenida es la concentración de una cantidad de agua muy grande en un tiempo determinado; se obtiene mediante el hietograma esta a su vez a partir de las curvas IDF, el uso del grafico de los hidrogramas. dará a conocer la variación del volumen (caudal) por un periodo de tiempo determinado por el investigador que pueden variar en (minutos, horas, meses, años) (24).

Para determinar los caudales de avenidas es indispensable el uso de técnicas que sintetizan esta información. Siendo el método del SCS, que utiliza la técnica hidrológica de los hidrogramas unitarios adimensionales (38).

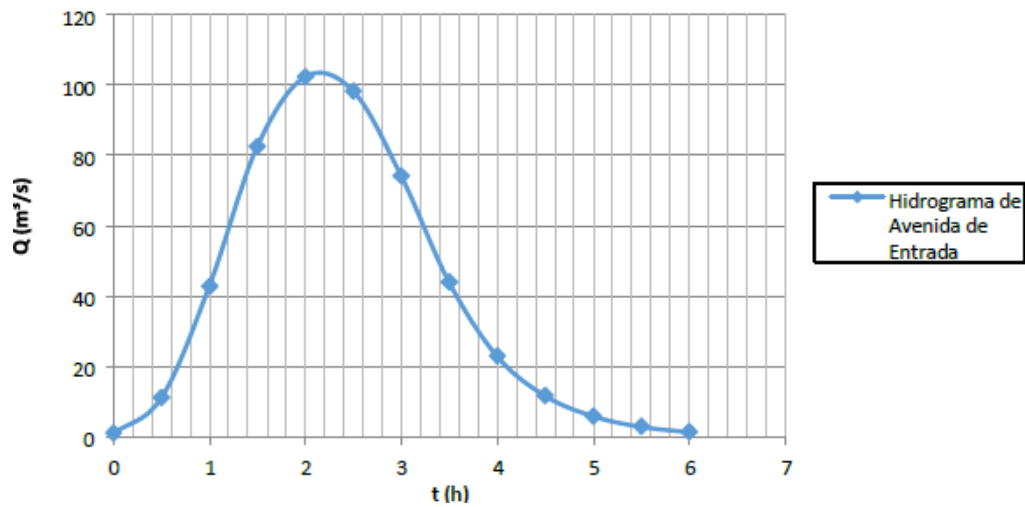


Figura 14 Hidrogramas de avenida tomado de Vásquez et al (2016) Manejo gestión de cuencas hidrográficas

El hidrograma unitario es la representación de como varia en el tiempo una variable hidrológica, como las tormentas que son variables su duración e intensidad, manteniéndose las características físicas de la cuenca intactas, finalmente El Hidrograma unitario representa un centímetro (o una pulgada) de escorrentía directa de una tormenta con una duración especificada (24).

b. Topografía del cauce

Es necesario considerar una topografía a detalle del cauce del rio, de las márgenes, de las áreas agrícolas que se verían afectadas o erosionadas, servicios, centros poblados, para luego a su procesamiento en gabinete determinar cálculos hidrológicos e hidráulicos ajustados a la realidad (39).

El levantamiento topográfico a detalle es importante ya que nos dara a conocer las secciones transversales del cauce, geometría del cauce, obras de arte (puentes, alcantarillas, badenes, etc), llanuras de inundación, valiosa información para realizar la simulación de transito de flujo utilizando software especializado en análisis hidráulico (39).

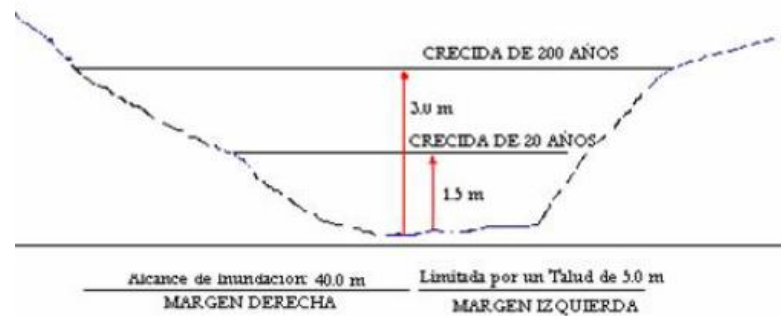


Figura 15 Representación gráfica de la sección de río tomado de Centro Nacional de estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (2014)

c. Coeficiente de Manning

Para establecer el coeficiente “n” de manning es necesario tener en cuenta la rugosidad superficial la forma y tamaño del material del lecho de río, donde granulometría fina darán valores bajos de “n” y granulometría gruesa valores alto de “n”, otro factor a tener en cuenta es la vegetación ya que por sí misma podría tratarse de un valor de manning pero dado que esta caracteriza y condiciona al flujo depende de la densidad, tipo, tamaño y repartición de la vegetación (2)

La presencia de una la capa de rugosidad superficial condiciona las velocidades de la sección y su distancia de recorrido del agua, La pérdida de energía en el tránsito de flujo que se da en una superficie rugosa, es debido a que cada componente rugoso desprende estelas por detrás, de esta manera las intensidades de estos destellos condicionan el tipo de flujo (39).

Tabla 7*Coefficiente de Rugosidad, n de Manning para corrientes naturales*

D. Corrientes naturales			
D-1. Corrientes menores (ancho superficial en nivel creciente < 100 pies)			
a. Corrientes en planicies			
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras	0.035	0.045	0.050
5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes	0.040	0.048	0.055
6. Igual al 4, pero con más piedras	0.045	0.050	0.060
7. Tramos lentos, con malezas y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos	0.075	0.100	0.150

Nota: Tomado de Caballero y Nunura (2019)

2.2.2.2. Tirante de la lámina de agua

Es la profundidad de flujo desde el lecho del río hasta el espejo de agua conocido como altura representado con la consonante “h” (40).

Conocido también como calado es la altura del nivel de agua, en la hidráulica este parámetro es de vital importancia para la caracterización para el análisis de tránsito de flujo (24).

2.2.3.3. Velocidad de flujo de agua

La dinámica de fluidos es medido en unidades de metros sobre segundo (m/s) este parámetro es importante para la determinación de la intensidad (40).

El parámetro hidráulico que están en función de la pendiente del río, rugosidad o altura de agua (24).

2.3. Definición de Términos

Cuenca: es el área que está delimitada por la divisoria de aguas de Escorrentia superficial; donde intervienen los sistemas de drenaje natural y de desembocadura (24)

Estación Climatológica: zona equipada con instrumental que capta información meteorológica que la mide y registra; por medio automático o de un operario capacitado (8).

Fenómeno El Niño: Calentamiento extraordinario de la temperatura de las aguas ubicadas en el pacifico oriental la que influencia de manera significativa en el clima a nivel mundial (8).

Intensidad: En hidrología es la altura de precipitación por un intervalo de tiempo de duración, por lo general su unidad es en (mm/h) (24).

Mapa temático: son presentaciones en papel de alguna representación de un tema, se apoya en la topografía utiliza variedad de colores, valoraciones, organizaciones y técnicas (2).

Ordenamiento territorial: Es la ocupación ordenada y uso adecuado del territorio, está basado en un proceso técnico, administrativo y político para la toma de decisiones en el ámbito social, económico (2).

Red de drenaje: Es la red encargada de canalizar los aportes de los tributarios, sistema que inicia en la cabecera y tiene un punto de desfogue en la parte baja del sistema (24).

Sistemas de Información Geográfica (SIG): Son una tecnología que nos ayuda analizar información espacial, utilizando herramientas y métodos que actúan de manera secuencial, ordenada y lógica (2).

Sistema nacional de gestión del riesgo de desastres: Sistema interinstitucional que evalúa, identifica y reduce los riesgos relacionados a los peligros (2).

Soil Conservation Service (SCS): Organismo perteneciente a la EEUU con la finalidad de preservar, defender sosteniblemente los recursos naturales y el suelo (24).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

- Existe zonas de niveles de alto peligro a inundación por máximas avenidas en la sub cuenca del rio Shullcas.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- Con las precipitaciones máximas diarias, la probabilidad de ocurrencia y las curvas IDF se logrará determinar las intensidades máximas de precipitación en la sub cuenca del rio Shullcas
- Con el área de la cuenca, desnivel y longitud del rio principal y el tiempo de concentración se logrará anticipar el comportamiento de los parámetros geomorfológicos frente a avenidas en la sub cuenca del rio Shullcas
- Con el número de curva en condiciones normales y en condiciones húmedas, las abstracciones por retención superficial se logrará determinar el potencial de Escorrentia del suelo y cobertura vegetal en la sub cuenca del rio Shullcas
- Con el Hidrograma de caudal máximo, topografía del cauce y el coeficiente de Manning se logrará simular el tránsito de avenidas en la sub cuenca del rio Shullcas
- Con la simulación en el software Hec Ras se logrará conocer el tirante de lámina de agua en la sub cuenca del rio Shullcas
- Con la simulación en el software Hec Ras se logrará conocer la velocidad de flujo de agua en la sub cuenca del rio Shullcas

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Máximas avenidas: Es la representación matemática del tránsito del flujo del caudal máximo de Escorrentia superficial sobre una superficie terrestre, el objetivo del

modelo hidrológico es determinar estos caudales extraordinarios anticipadamente con la hipótesis de que no haya sucedido o que es probable que acontezca en el futuro. en estos modelos hidrológicos se estudian los flujos en la superficie y los que se infiltraron al sub suelo (Kumar et al., 2015, p. 1).

Niveles de peligro a inundación: Es la probabilidad de que un suceso, perjudicialmente dañino, originado naturalmente como la inundación, a causa de las continuas precipitaciones intensas que superan el contenido de retención e infiltración del suelo, superando la capacidad de carga del río o arroyo, dando lugar a las llanuras de inundación de tierras aledañas, estos eventos se caracterizan por su nivel de intensidad y el periodo de retorno o probabilidad de ocurrencia dado (Centro Nacional de estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014, p. 1).

2.5.2. Definición operacional de la variable

Máximas avenidas: Se determinó las máximas avenidas a través de la evaluación intensidades máximas de precipitación, parámetros geomorfológicos de la cuenca y el potencial de escorrentía de suelo y cobertura vegetal.

Niveles de peligro a inundación: La peligrosidad se estima en base a los umbrales de intensidad de la altura de la lámina de agua y la velocidad del flujo, por su frecuencia o periodo de retorno cada que tiempo se inunda un determinado sector clasificándolo en niveles (alto, medio y bajo)

2.5.3. Operacionalizacion de la variable

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
máximas avenidas	Es la representación matemática del tránsito del flujo del caudal máximo de Escorrentia superficial sobre una superficie terrestre, el objetivo del modelo hidrológico es determinar estos caudales extraordinarios anticipadamente con la hipótesis de que no haya sucedido o que es probable que acontezca en el futuro. en estos modelos hidrológicos se estudian los flujos en la superficie y los que se infiltraron al sub suelo (Kumar et al., 2015, p. 1).	Se determinó las máximas avenidas a través de la evaluación intensidades máximas de precipitación, parámetros geomorfológicos de la cuenca y el potencial de escorrentía de suelo y cobertura vegetal.	<ul style="list-style-type: none"> Intensidades máximas de Precipitación Parámetros geomorfológicos de la cuenca Potencial de escorrentía de Suelo y Cobertura vegetal 	<ul style="list-style-type: none"> Precipitaciones Máximas diarias Probabilidad de ocurrencia Curvas IDF Área de la Cuenca (km²) Desnivel y longitud del rio principal (msnm/km) Tiempo de concentración (minutos) Número de curva en condiciones normales Numero de curva en condiciones húmedas Abstracciones por retención superficial 	<ul style="list-style-type: none"> Ficha documental (registro histórico de precipitaciones máximas en 24 horas) Software Excel Computadora y unidades de almacenaje Ficha documental Computadora y unidades de almacenaje Software Arc Gis Ficha documental Computadora y unidades de almacenaje Software Arc Gis 	<p>Escala de Razón</p> <p>Escala de Razón</p> <p>Escala de Razón</p>
Niveles de peligro a inundación	Es la Probabilidad de que un suceso, perjudicialmente dañino, originado naturalmente como la inundación, a causa de las continuas precipitaciones intensas que superan el contenido de retención e infiltración del suelo, superando la capacidad de carga del rio o arroyo, dando lugar a las llanuras de inundación de tierras aledañas, estos eventos se caracterizan por su nivel de intensidad y el periodo de retorno o probabilidad de ocurrencia dado (Centro Nacional de estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014, p. 1).	La peligrosidad se estima en base a los umbrales de intensidad de la altura de la lámina de agua y la velocidad del flujo, por su frecuencia o periodo de retorno cada que tiempo se inunda un determinado sector clasificándolo en niveles (alto, medio y bajo)	<ul style="list-style-type: none"> Tránsito de avenidas Tirante de lámina Velocidad de flujo de agua 	<ul style="list-style-type: none"> Hidrograma de caudal máximo (m³/s) Topografía del cauce (msnm) Coefficiente de Manning (adimensional) Nivel alto (m) Nivel medio(m) Nivel bajo (m) Nivel alto (m/s) Nivel medio(m/s) Nivel bajo (m/s) 	<ul style="list-style-type: none"> Computadora y unidades de almacenaje Software Hec Ras Estación Total, nivel de ingeniero, GPS Computadora y unidades de almacenaje Software Hec Ras Computadora y unidades de almacenaje Software Hec Ras 	<p>Escala de razón</p> <p>Escala de razón</p> <p>Escala de razón</p>

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

El **Método Científico** como la aplicación del proceso de investigación científica en cualquiera de sus modalidades se generan nuevos conocimientos, los cuales producen nuevas ideas e interrogantes para estudiar (41)

El método científico se aplicó a este trabajo en todas sus etapas, empezando desde la observación de un problema en la subcuenca del río Shullcas. Luego se formuló la pregunta de investigación y la respuesta tentativa (hipótesis). Se ejecutó un diseño documental, no experimental para probar la hipótesis formulada. A partir de los resultados obtenidos, se establecieron discusiones que llevaron a las respectivas conclusiones.

3.2. Tipo de investigación

La **investigación aplicada** como la encargada de resolver problemas a partir de conocimiento existente; asimismo, describen a la **investigación cuantitativa** como una serie de etapas que son secuenciales y de orden riguroso, se parte de una idea donde, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco teórico, de las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas(diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones (41).

Este trabajo utilizo la **Investigación aplicada** ya que la utilización de los conocimientos en la práctica servirá para poder aplicarlos en la resolución de problema, en provecho de la sociedad; **la investigación es de tipo cuantitativa**, ya que sigue las etapas propias de este tipo de investigación, teniendo en cuenta además que se cuantifican variables de estudio.

3.3. Nivel de investigación

Una investigación de nivel descriptiva se estudia una o más variables de manera autónoma; es decir, no interesa la relación de las variables. Asimismo, respecto a las variables complejas, se definen como aquellas que no pueden ser medidas directamente, por lo que, es necesario descomponerlas en elementos más simples como dimensiones y/o indicadores (41).

Este trabajo se realizó a un nivel de **investigación descriptivo**, ya que se estudia dos variables (complejas que tienen elementos o indicadores cuantitativos) de manera secuencial; primero se realiza el modelamiento hidrológico de máximas avenidas y luego se estima el nivel de peligro de inundación de sub cuenca baja del río Shullcas; es decir, este trabajo no tiene como objetivo estudiar las relaciones de las variables.

3.4. Diseño de la investigación

Un diseño de investigación o enfoque cuantitativo se refiere a la estrategia genérica para la recolección de datos que servirán para lograr los objetivos de estudio; entre estos diseños se menciona al diseño documental que utiliza datos secundarios y al diseño no experimental que utiliza datos primarios. Según los mismos autores mencionan utilizó un **diseño no experimental longitudinal o evolutivo** que este diseño consiste en la recolección de datos en diferentes momentos o periodos para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias (41).

Este trabajo de investigación utiliza dos diseños de investigación, el **diseño documental** y el **diseño no experimental** o también llamado diseño de campo, es decir, para el logro de cada objetivo específico se utilizaron datos de fuentes documentales (datos secundarios) y de fuentes primarias. Lo cual este trabajo fue no experimental, ya que no tuvo como eje central determinar el efecto de una más variable sobre otras, manipulando y controlando otras variables.

3.5. Población y Muestra

Población: La población de esta investigación es la Sub cuenca del río Shullcas.

Muestra: La muestra está conformada por la sub cuenca baja del río Shullcas.

Muestreo: El muestreo fue no probabilístico- intencional teniendo como criterio de selección el nivel de exposición dado que en la parte baja de la sub cuenca se encuentra la zona urbana. (41)

3.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Dentro de cada diseño de investigación cuantitativa, existen técnicas e instrumentos para recolectar datos, es así que, dentro del diseño documental se encuentra por ejemplo la técnica de análisis documental y como instrumento ficha documental; teniendo en cuenta que define al instrumento como la herramienta o material que sirve para obtener y almacenar los datos. El autor también menciona que, dentro del diseño no experimental se encuentran las técnicas de observación, entrevista, encuesta; cada técnica con instrumentos respectivos, como, por ejemplo, lista de cotejo, guía de entrevista y cuestionario (42).

En este trabajo de investigación se utilizaron las técnicas e instrumentados detallados en la siguiente tabla.

Tabla 8

Técnica e instrumentos utilizados en esta y trabajo de investigación

Técnicas	Instrumentos
<ul style="list-style-type: none"> • Análisis documental 	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha documental • Computadora y unidades de almacenaje • Software excel • Software Arc Gis • Software Hec Ras • Estación Total • Nivel de Ingeniero • GPS • Software Hec Hms

-
- Entrevista
 - Guía de entrevista
 - Plataforma Zoom
-

Nota: Elaboración propia (2020).

3.6.1. Validez y Confiabilidad: Respecto a los datos secundarios obtenidos a través de la técnica de análisis documental e instrumento ficha documental, la validez y confiabilidad se garantiza por la revisión de ficha documentales oficiales de organismos certificados en la medición de los datos, por ejemplo, los datos utilizados de precipitaciones máximas en 24 horas fueron medidos oficialmente por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú SENAMHI, las Cartas Nacionales (información de relieve e hidrográfica) en formato shapefile fueron obtenidos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y los Mapas de suelo cobertura Vegetal en formato shapefile del Ministerio del Ambiente (MINAM). Evidencias de la validez y confiabilidad de estos datos se muestra en el anexo.

En cuanto a la obtención de datos primarios a través de la técnica de entrevista; el instrumento, es decir, la guía de entrevista, fue validada por juicio de expertos (Ver Anexos)

3.7. Procesamiento de la Información:

Se utilizó la siguiente información

- a) Imágenes Satelitales ASTER GDEM descargado del Ministerio del Ambiente MINAM.
- b) Cartas Nacionales en escala 1: 100 000 en formato shapefile, Fuente: IGN (Instituto Geográfico Nacional)
- c) Mapa de Cuencas Hidrográficas del Peru en formato shapefile, Fuente: ANA (Autoridad Nacional del Agua).
- d) Mapa del Uso actual de Tierras en formato shapefile, Fuente: (MINAM Ministerio del ambiente del Perú).
- e) Mapa temático de curva Número (CN) Fuente:(Autoridad Nacional del Agua).
- f) Mapa de Cobertura Vegetal actualizado en formato shapefile, Fuente: MINAM (Ministerio del ambiente del Peru).

- g) Mapa de Suelos del Perú en formato shapefile, Fuente: ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales) perteneciente al Ministerio del ambiente del Perú.
- a) Información hidrometeorológicas de precipitaciones Máximas en 24 horas proporcionados por: SENAMHI
- b) Determinar el material del lecho de Río (época de estiaje) con el fin de determinar el coeficiente de manning en la zona de intervención.
- c) Levantamiento topográfico del área de intervención.
- d) Entrevista a pobladores de las zonas identificadas con peligro a inundación.

3.7.1. Metodología para la determinación de las máximas avenidas

Para lograr el modelamiento hidrológico de máximas avenidas, se siguió los siguientes pasos:

- Determinación de las intensidades máximas de precipitación
- Determinación de parámetros geomorfológicos de la cuenca
- Determinación del potencial de escorrentía del suelo y cobertura vegetal
- Determinación de las máximas avenidas

3.7.1.1. Determinación de las intensidades máximas de precipitación

El análisis de la información de las intensidades máximas se basó sobre las bases teóricas del Manual de Hidrología y Drenaje del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

a. Tratamiento probabilístico de la información hidrológica

Tabla 9

Parámetros estadísticos según el método de la distribución de Gumbel

Cálculo variables probabilísticas	
$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} =$	30.50 mm
$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} =$	8.46 mm

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 6.59 \text{ mm}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 26.69 \text{ mm}$$

Nota: Elaboración propia (2020).

Tabla 10

Función de distribución de probabilidad observada $F_o(xm)$

m	PP max (x)	$F_o(x)$	\bar{x}	S	α	μ	$F(x)$	$\Delta = F_o(x) - F(x)$
1	19.2	0.0476	30.50	8.46	6.59	26.69	0.0444	0.0032
2	22.5	0.0952	30.50	8.46	6.59	26.69	0.1514	0.0562
3	23.5	0.1429	30.50	8.46	6.59	26.69	0.1975	0.0547
4	24.2	0.1905	30.50	8.46	6.59	26.69	0.2326	0.0421
5	24.6	0.2381	30.50	8.46	6.59	26.69	0.2534	0.0153
6	24.9	0.2857	30.50	8.46	6.59	26.69	0.2694	0.0164
7	25.5	0.3333	30.50	8.46	6.59	26.69	0.3019	0.0314
8	28.7	0.3810	30.50	8.46	6.59	26.69	0.4785	0.0975
9	29.1	0.4286	30.50	8.46	6.59	26.69	0.4997	0.0711
10	29.2	0.4762	30.50	8.46	6.59	26.69	0.5049	0.0287
11	29.3	0.5238	30.50	8.46	6.59	26.69	0.5101	0.0137
12	32.0	0.5714	30.50	8.46	6.59	26.69	0.6396	0.0682
13	32.1	0.6190	30.50	8.46	6.59	26.69	0.6439	0.0249
14	32.2	0.6667	30.50	8.46	6.59	26.69	0.6482	0.0185
15	32.6	0.7143	30.50	8.46	6.59	26.69	0.6649	0.0493
16	32.8	0.7619	30.50	8.46	6.59	26.69	0.6731	0.0888
17	33.0	0.8095	30.50	8.46	6.59	26.69	0.6811	0.1284
18	33.2	0.8571	30.50	8.46	6.59	26.69	0.6890	0.1682
19	42.4	0.9048	30.50	8.46	6.59	26.69	0.9118	0.0071
20	58.9	0.9524	30.50	8.46	6.59	26.69	0.9925	0.0401

Nota: Elaboración propia (2020).

El resultado del máximo valor absoluto de la diferencia entre $F_o(x) - F(x)=0.1682$ al cual le denominaremos el Δ teórico, se comparó con el Δ tabular $d= 0.29$, por lo tanto, los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5% (Porcentaje que se utiliza en estudios hidrológicos) y un tamaño muestral de $n=20$.

b. *Precipitaciones Máximas para diferentes periodos de retorno*

En la tabla se muestra las precipitaciones máximas probables para cada periodo de retorno mediante la distribución de frecuencia de Gumbel

Tabla 11

Precipitaciones Máximas probables para diferentes Periodos de Retorno

Periodo Retorno	Variable Reducida	Precipitaciones (mm)	Probabilidad de ocurrencia	Corrección intervalo fijo
<i>Años</i>	<i>YT</i>	<i>XT'(mm)</i>	<i>F(xT)</i>	<i>XT (mm)</i>
25	3.1985	47.7804	0.9600	53.9919
100	4.6001	57.0228	0.9900	64.4358
500	6.2136	67.6622	0.9980	76.4582

Nota: Elaboración propia (2020).

c. *Precipitaciones Máximas instantáneas*

Tabla 12

Precipitaciones máximas instantáneas para diferentes tiempos de duración

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración		
		25 años	100 años	500 años
24 hr	X24	53.9919	64.4358	76.4582
18 hr	X18 = 90%	48.5927	57.9922	68.8124
12 hr	X12 = 79%	42.6536	50.9043	60.4020
8 hr	X8 = 64%	34.5548	41.2389	48.9333
6 hr	X6 = 56%	30.2354	36.0840	42.8166
5 hr	X5 = 50%	26.9959	32.2179	38.2291
4 hr	X4 = 44%	23.7564	28.3517	33.6416
3 hr	X3 = 38%	20.5169	24.4856	29.0541
2 hr	X2 = 31%	16.7375	19.9751	23.7021
1 hr	X1 = 25%	13.4980	16.1089	19.1146

Nota: Elaboración propia (2020).

d. *Intensidades Máximas diaria*

Para transformar las precipitaciones a intensidades, se tiene que dividir las precipitaciones máximas diarias (mm) entre el tiempo de duración (hr).

Tabla 13

Intensidades máximas diarias para diferentes tiempos de duración

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno		
Hr	min	25 años	100 años	500 años
24 hr	1440	2.2497	2.6848	3.1858
18 hr	1080	2.6996	3.2218	3.8229
12 hr	720	3.5545	4.2420	5.0335
8 hr	480	4.3193	5.1549	6.1167
6 hr	360	5.0392	6.0140	7.1361
5 hr	300	5.3992	6.4436	7.6458
4 hr	240	5.9391	7.0879	8.4104
3 hr	180	6.8390	8.1619	9.6847
2 hr	120	8.3687	9.9875	11.8510
1 hr	60	13.4980	16.1089	19.1146

Nota: Elaboración propia (2020).

e. *Tratamiento matemático de las intensidades*

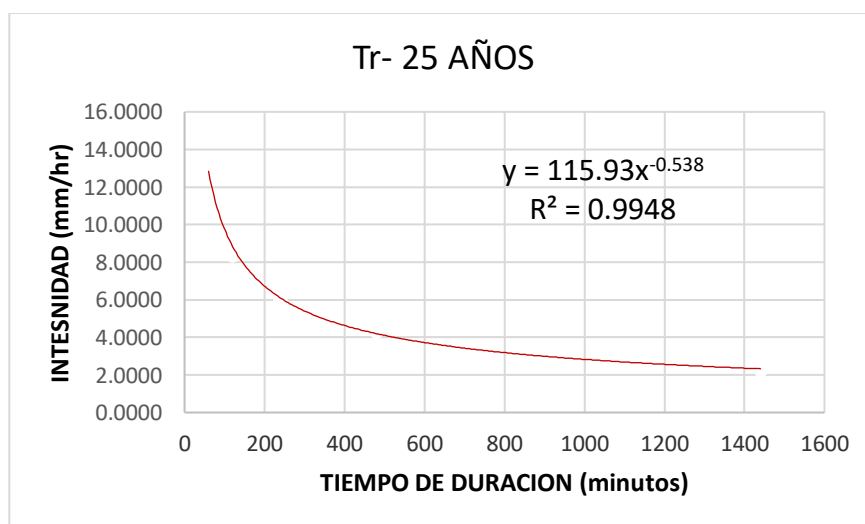


Figura 16 Cálculo del parámetro de ajuste “n” para un Tr= 25 años



Figura 17 Calculo del parámetro de ajuste “n” para un Tr= 100 años

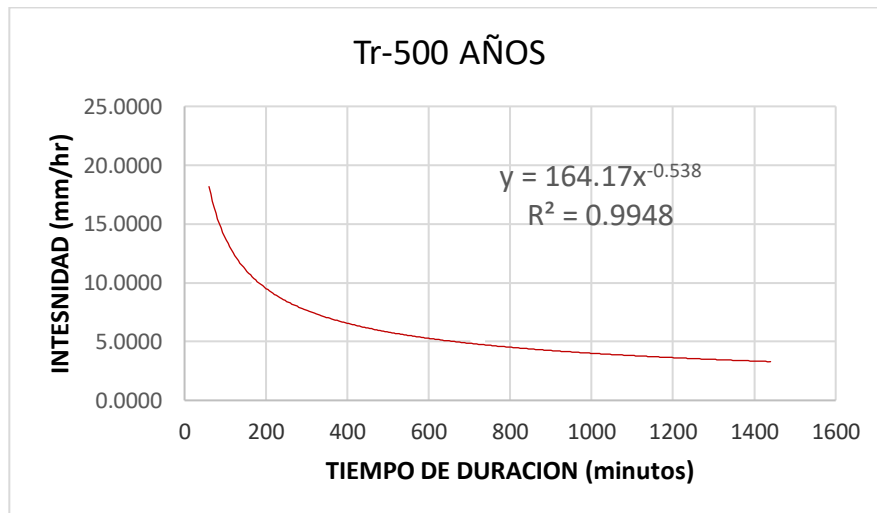


Figura 18 Calculo del parámetro de ajuste “n” para un Tr= 500 años

Para determinación de los parámetros de ajuste “k y m”, se realiza una gráfica de dispersión donde se plotea un gráfico que relaciona el periodo de retorno (años) vs constante de regresión potencial que se determinó para cada periodo de retorno, utilizando nuevamente una regresión potencial por el método de mínimos cuadrados, donde el valor R^2 es cercano a 1 lo que indica que la representación es la aproximada por lo tanto los valores de $K=80.29$ y el valor de $m= 0.1159$

Tabla 14

Resumen de aplicación de regresión potencial

Periodo de Retorno (años)	Coefficiente de regresión	Exponente de Regresión
25	115.9300	0.53800000
100	138.3500	0.53800000
500	164.1700	0.53800000
Promedio =	139.4833	0.53800000

Nota: Elaboración propia (2020).

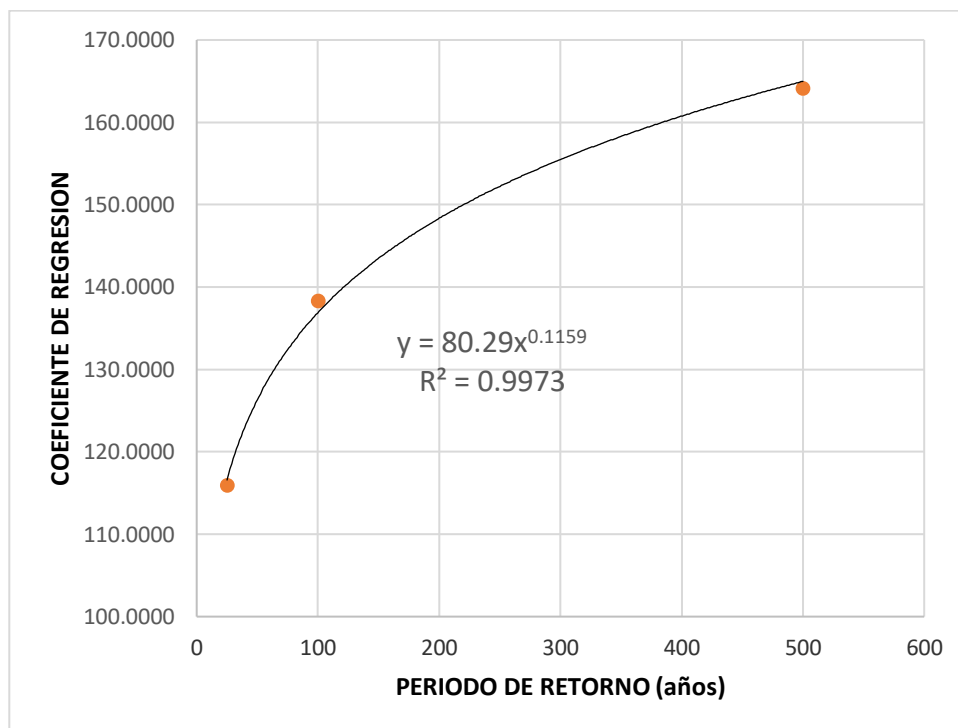


Figura 19 Resumen de aplicación potencial

f. Ecuación para determinación de Curvas IDF

$$I = \frac{80.29 \cdot T^{0.1159}}{t^{0.538}}$$

Figura 20 Ecuación de la Intensidad válida para la Sub Cuenca Shullcas

Tabla 15*Calculo de las Intensidades para cada Tiempo de duración*

Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)		
	25	100	500
5	47.24	58.10	73.88
10	32.49	39.96	50.81
15	26.10	32.10	40.82
20	22.34	27.48	34.94
25	19.81	24.36	30.98
30	17.95	22.08	28.07
35	16.52	20.31	25.83
40	15.37	18.90	24.03
45	14.42	17.74	22.55
50	13.62	16.75	21.31
55	12.94	15.91	20.24
60	12.35	15.18	19.31
65	11.82	14.54	18.49
70	11.36	13.97	17.77
75	10.94	13.46	17.12
80	10.57	13.00	16.53
85	10.23	12.58	16.00
90	9.92	12.20	15.51
95	9.63	11.85	15.06
100	9.37	11.52	14.65
105	9.13	11.22	14.27
110	8.90	10.95	13.92
115	8.69	10.69	13.59
120	8.49	10.44	13.28
125	8.31	10.22	12.99
130	8.13	10.00	12.72
135	7.97	9.80	12.46
140	7.81	9.61	12.22
145	7.67	9.43	11.99
150	7.53	9.26	11.77
155	7.39	9.09	11.57
160	7.27	8.94	11.37
165	7.15	8.79	11.18
170	7.03	8.65	11.00
175	6.93	8.52	10.83
180	6.82	8.39	10.67

Nota: Elaboración propia (2020).

3.7.1.2. Determinación de los parámetros geomorfológicos

a. Determinación de los parámetros de superficie y relieve

Para este fin se trabajó con las cartas nacionales 24m y 24n en formato shapefile del IGN.

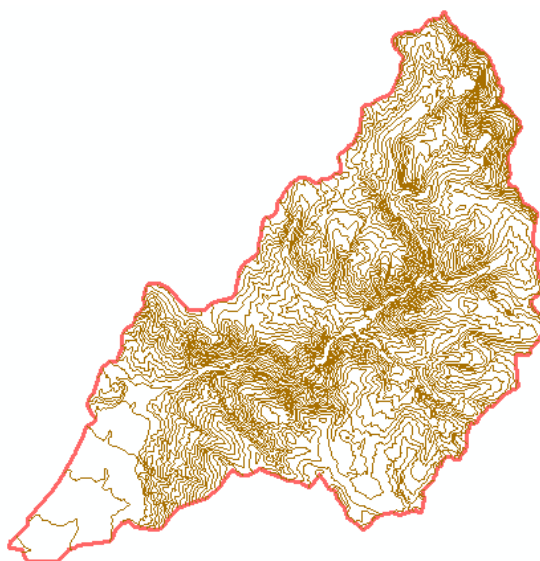


Figura 21 Curvas de nivel de las cartas 24m y 24n

b. Creación de un modelo TIN

Para determinar los parámetros geomorfológicos de la cuenca, es necesario llevarlo a una superficie TIN los pasos para llevarlos son los siguientes:

- Convertir de shape file a formato Raster con lo herramienta (Topo to Raster)
- Segundo Se tiene que corregir los vacios del raster con la herramienta (Fill)
- Luego se tiene que dar la dirección de flujo de la red hidrográfica con la herramienta (Flow Direction)
- Siguiendo se creará un raster, donde se muestre el tránsito de flujo por la cuenca con la herramienta (Flow Accumulation).
- Finalmente Se delimitará la cuenca con el punto de drenaje al Rio Mantaro con la herramienta (Catchment Grid Delineation)

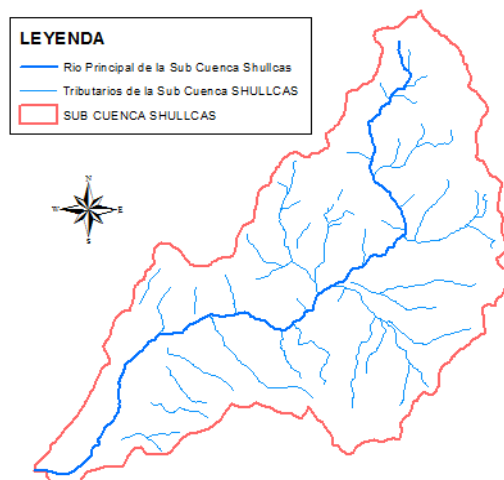


Figura 24 Determinación de la longitud del cauce principal

3.7.1.3. Determinación del potencial de Escorrentia de suelo y cobertura vegetal

La metodología del SCS se basa según el tipo de suelo de los Estados Unidos de América de esta manera el uso de suelo se reclasificó englobando en características más simples para su reconocimiento como se muestra en la tabla a continuación, utilizaremos el Arc Map 10.3 para poder clasificar esta información.

Tabla 16

Reclasificación para los usos de suelo y grupo hidrológico

DESCRIPCION DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLOGICO			
	A	B	C	D
Cuerpos de agua	100	100	100	100
Nevados	98	98	98	98
Centros poblados	77	85	90	92
Cultivos/Áreas intervenidas	62	71	78	81
Matorral arbustivo abierto	45	66	77	83
Pradera en zona de clima frio	68	79	86	89
Sabana de árboles leñosos	45	66	77	83
Sabana hidromorfica	25	55	70	77
Selva lluviosa tropical	25	55	70	77
Selva lluviosa tropical con bambúes	25	55	70	77
Selva temporal de hojas anchas	25	55	70	77
Selva hidrofítica	39	61	74	80
Desierto en zona de clima árido	72	81	88	91

Nota: Tabla original del SCS Valores del N° de curva (2012).

a. Valores de uso de suelo

Para clasificar los usos de suelo, utilizando la data del MINAM, se reclasifico los valores para su mejor manejo de la información.

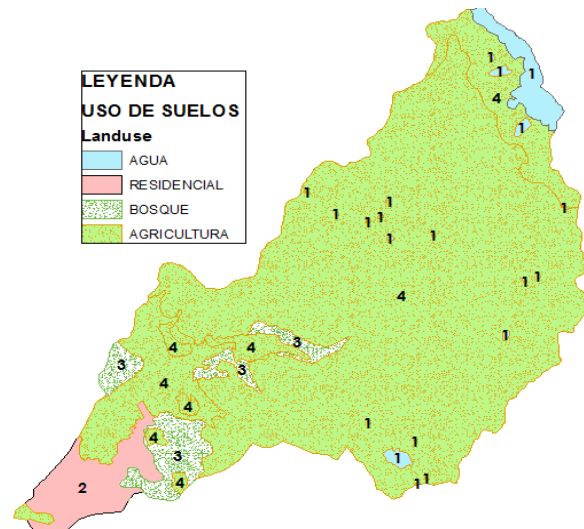


Figura 25 Mapa de uso de suelos

b. Valores del tipo Hidrológico de suelo

Para los valores del tipo hidrológico de suelo, se clasifico dentro del tipo que le corresponde, según las bases teóricas ya sea de tipo A, B, C y D

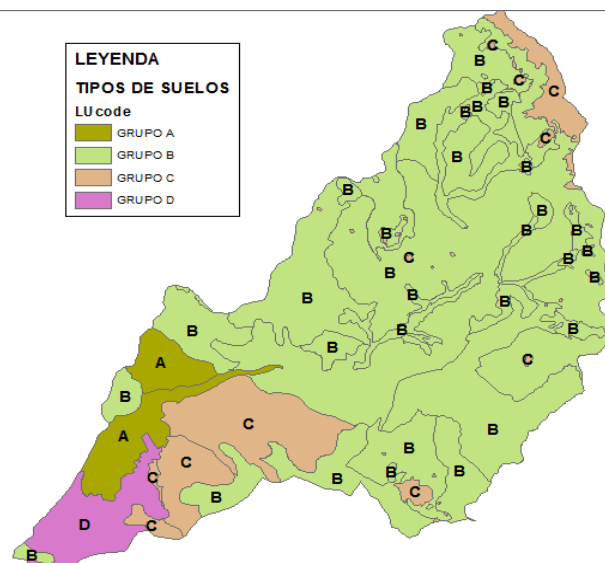


Figura 26 Mapa de tipo hidrológico de suelo de acuerdo a la metodología del SCS

c. *Estimación del Numero de curva en condiciones normales CN(II)*

La Estimación de Numero de curva se consideró para condiciones húmedas CN (III) en estas condiciones son las generadoras de caudales máximos, este geo portal del ANA, permite descargar información que puede ser procesada en software como el ARC GIS 10.3, dicha información tiene rangos de zonas determinadas conteniendo el valor del Numero de curva dependiendo del contenido de humedad antecedente de suelo, como se muestra en la figura siguiente.

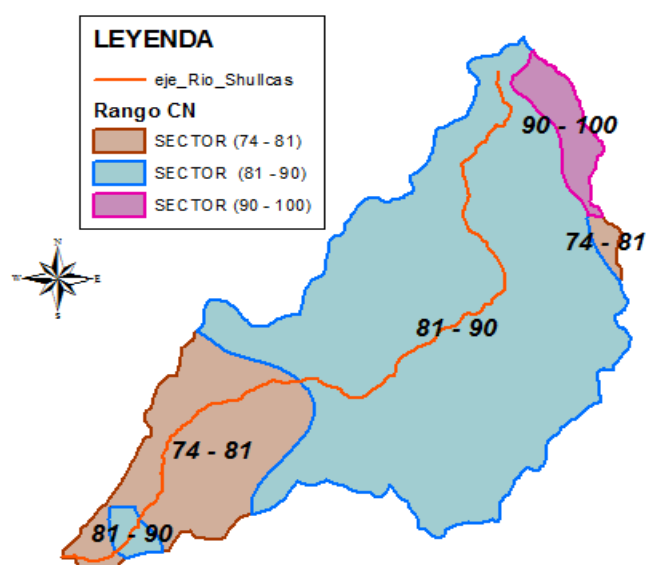


Figura 27 Mapa temático del Numero de Curva en base a la Metodología del SCS (ANA)

En la siguiente tabla se muestra el resultado para el numero de curva para condiciones de antecedente de humedad CN (II), según el tipo hidrológico y uso de suelo con su correspondiente área (km²).

Tabla 17

Cálculo del Número de Curva CN (II) para Condiciones Normales

USO DEL SUELO	GRUPO HIDROLOGICO	Área (Km ²)	Rango CN (II) (según Ana)		CN (II)	CN (II) PONDERADO
			Min	Max		
AGUA	C	8.514	90	100	98	
AGRICULTURA	B	162.549	81	90	81	81
	B	1.814	74	81	81	
RESIDENCIAL	D	2.847	81	90	85	

BOSQUE	A	42.519	74	81	77
TOTAL		218.243			

Nota: Elaboración Propia (2020).

d. Estimación del CN(III) en condiciones húmedas

En la siguiente ecuación se transforma los valores de de un CN(II) para condiciones de antecedente de humedad del suelo CN (III)

$$CN(III) = \frac{23 \times (81)}{10 + 0.13(81)}$$

$$CN(III) = 91$$

3.7.1.4. Determinación de las máximas avenidas para diferentes periodos de retorno

Se utilizó el software Hec Hms 4.4, se necesita información pluviométrica como los hietogramas de Precipitación total que se obtienen a partir de las curvas IDF (ver hoja de cálculo en Anexos), información geomorfológica de la cuenca y del rio principal y parámetros del potencial de escurrimiento propios del tipo de suelo-cobertura vegetal.

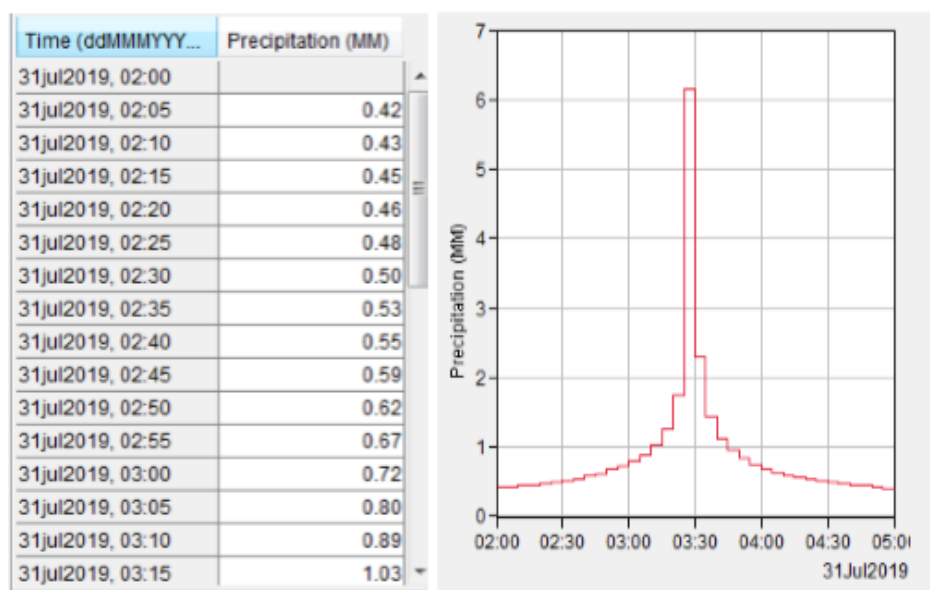


Figura 50: Ingreso del Hietograma de precipitación al Hec Hms

En las siguientes figuras se muestran el resultado del modelamiento hidrológico, del Hec Hms donde muestra los Hidrogramas de salida (método de Transformacion SCS Hidrograma Unitario) y las perdidas por infiltración (Método de Perdidas SCS-Numero de Curva) para los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años, respectivamente.

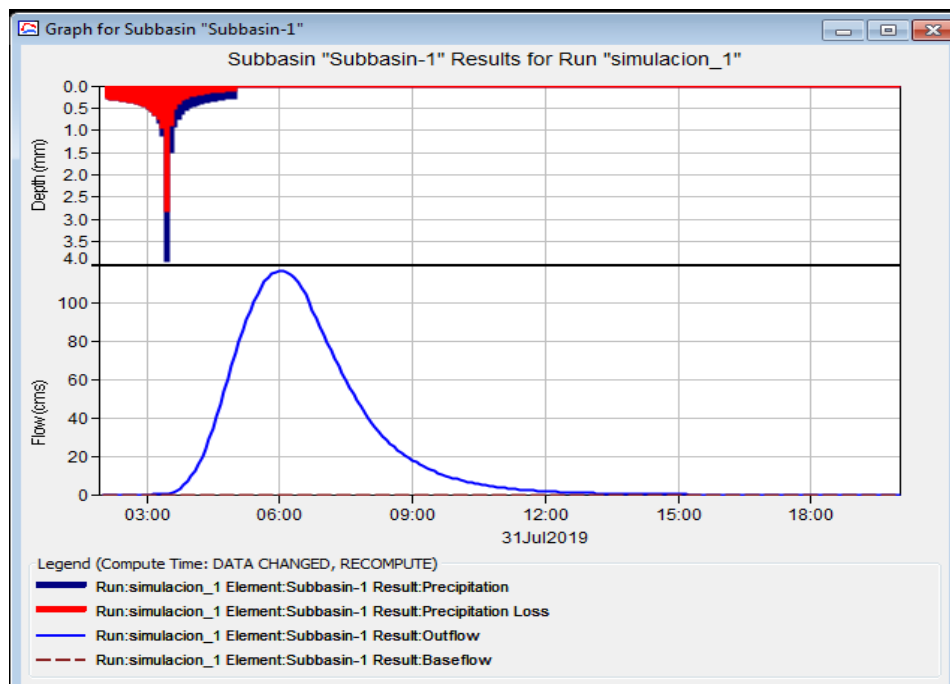


Figura 28 Hidrogramas de caudales de avenidas para Tr= 25 años

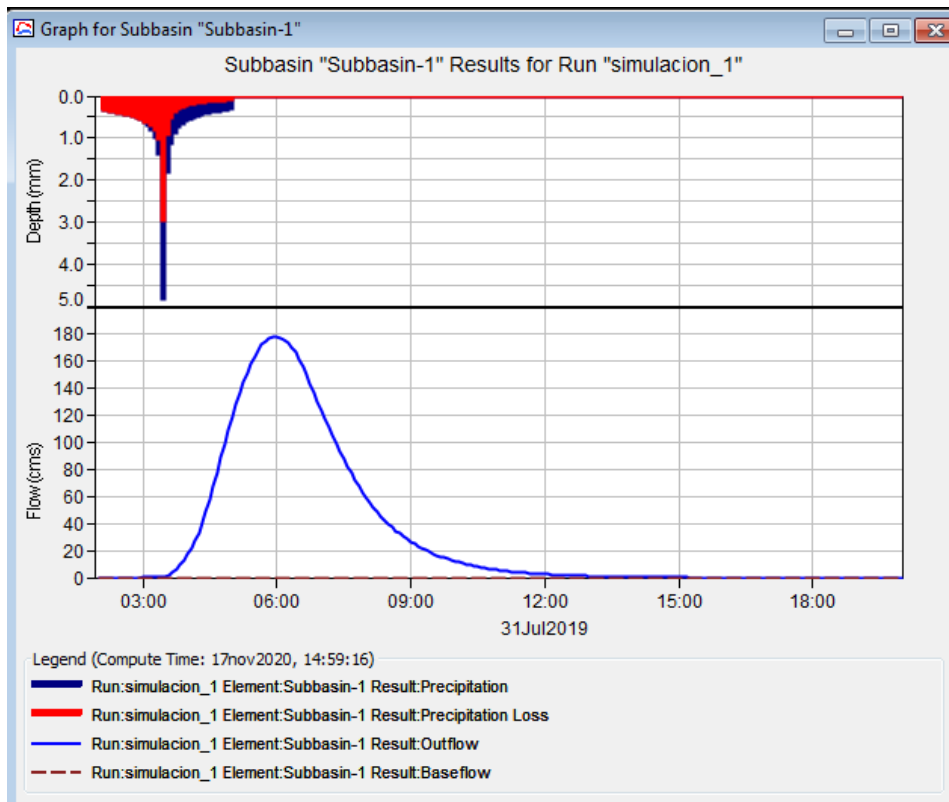


Figura 29 Hidrogramas de caudales de avenidas para $Tr= 100$ años

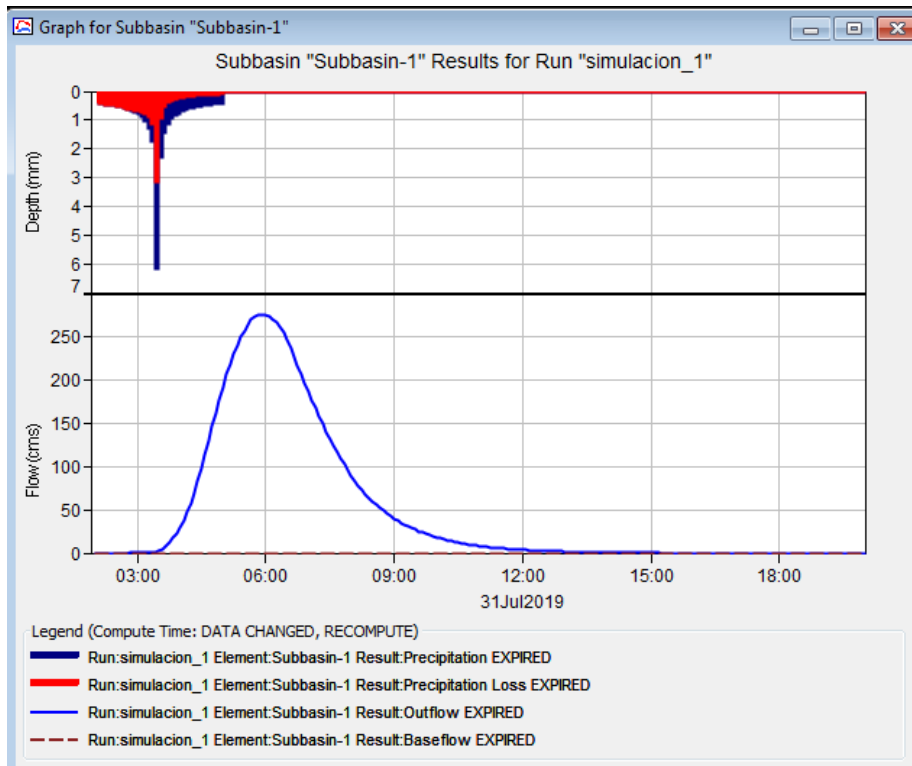


Figura 30 Hidrogramas de caudales de avenidas para $Tr= 500$ años

3.7.2. Estimación de los niveles de peligros a inundación

Para estimar los niveles de peligro a inundación, se siguió los siguientes pasos:

- Determinación del tránsito de máximas avenidas
- Conocer los niveles de los tirantes de lámina de agua por máximas avenidas
- Conocer las velocidades de flujo de agua
- Determinación de los niveles de peligro a inundación

3.7.2.1. Determinación del Tránsito de máximas avenidas

El área de Evaluación, fue el río Shullcas; que divide en la orilla derecha al distrito de el tambo y en la orilla izquierda al distrito de Huancayo, para el estudio de inundabilidad se consideró el área expuesta (zona urbana), ubicado en la sub cuenca baja comprendido desde el Puente Huincho hasta la desembocadura al Río Mantaro en su trayecto el río recorre los sectores de (Cullpa Alta, Cullpa Baja, Cochás Chico, Cochás Grande, Incho, Aza, y Vilcacoto, la longitud del río en análisis es de 8920.148 metros.

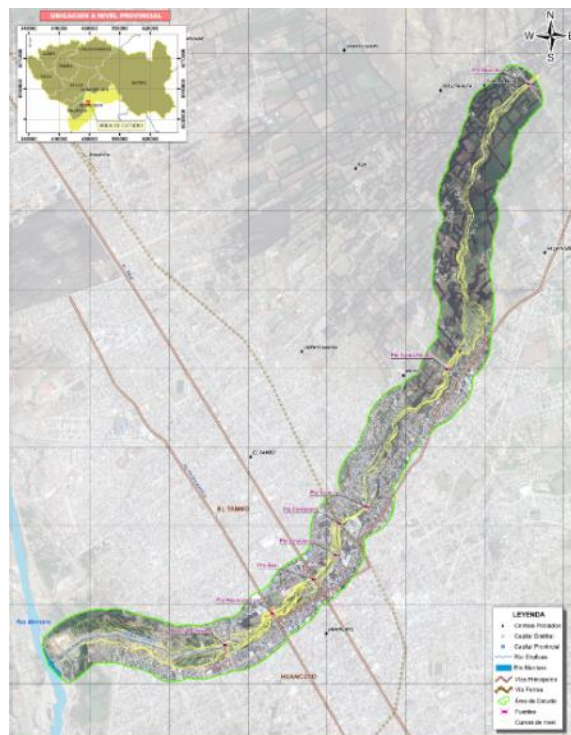


Figura 31 Ubicación del área de estudio

a. *Topografía de la zona de estudio*

La geometría será en base al levantamiento topográfico que se realizó con la estación total (Panel fotográfico ver anexos), se procedió al procesamiento de la información en el software Arc Gis 10.3, donde se georreferencio en el Datum WGS84, en la zona 18S y se representó las curvas de nivel a cada metro.

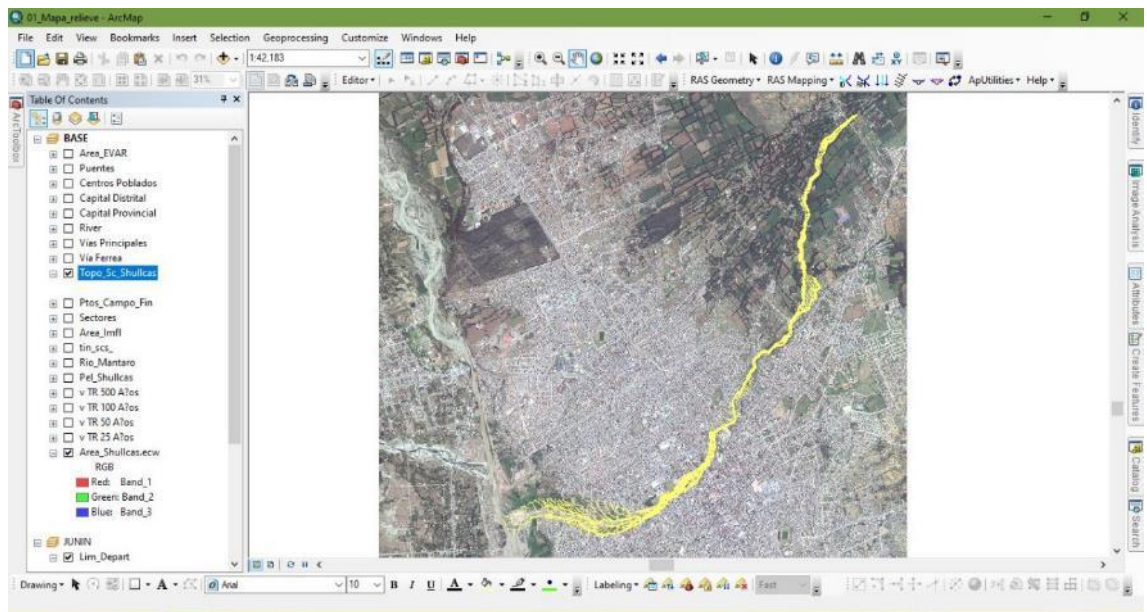


Figura 32 Topografía del área de intervención

b. *Estimación del coeficiente de Manning:*

Para la elección del coeficiente manning se constató in situ el tamaño de los materiales en el lecho de rio de la sub cuenca baja predominando los valores aproximados entre 3” a 15”, este tipo de materiales de arrastre es lo que se evidencia hasta la desembocadura al rio Mantaro y otro factor es la forma del cauce del rio, dentro de la tabla de coeficiente de rugosidades de manning en el apartado de las corrientes naturales el valor elegido fue de $n=0.035$, que se caracteriza por ser limpias meandros, embalses y remolinos de poca intensidad



Figura 33 Verificación In situ de material del lecho de río

c. caudales máximos de Hidrogramas:

Para simulación en el Hec Ras se carga, los caudales pico de los Hidrogramas (resultante del modelo hidrológico) en flujo permanente para los distintos periodos de retorno.

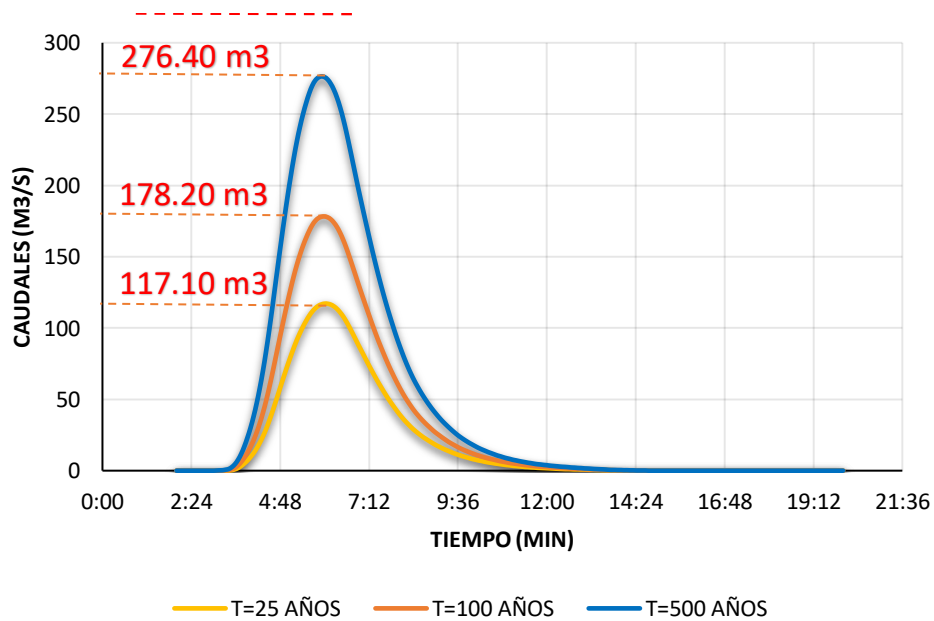


Figura 34 Hidrogramas para diferentes Periodos de Retorno

Simulación de tránsito de avenidas para diferentes periodos de retorno

Utilizando el software Hec Ras 5.0.6 ingresando para un flujo permanente los caudales pico de los hidrogramas, la geometría de la topografía levantada en campo, y los valores de los coeficientes de manning tanto para el eje y los márgenes derecho e izquierdo del rio, se procede a simular el Plan, mostrando como resultado las llanuras de inundación.

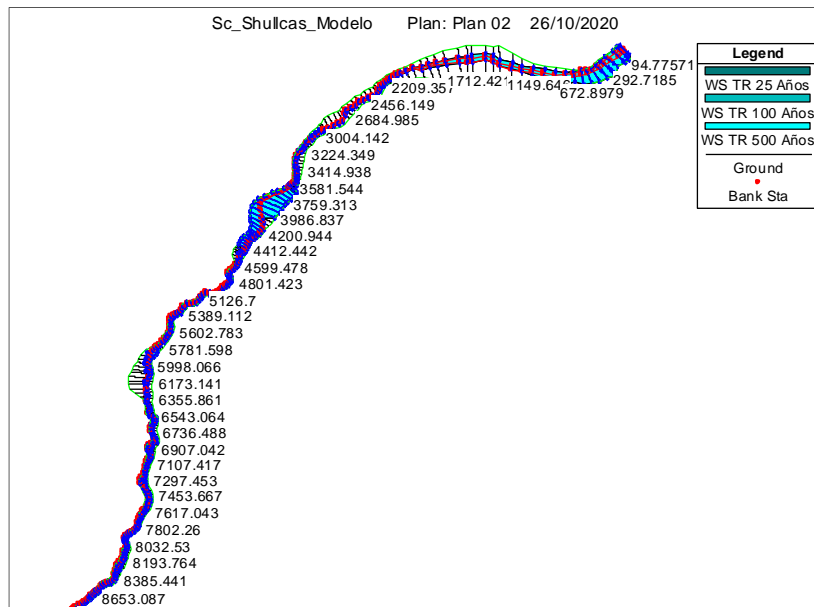


Figura 35 Simulación de tránsito de avenidas

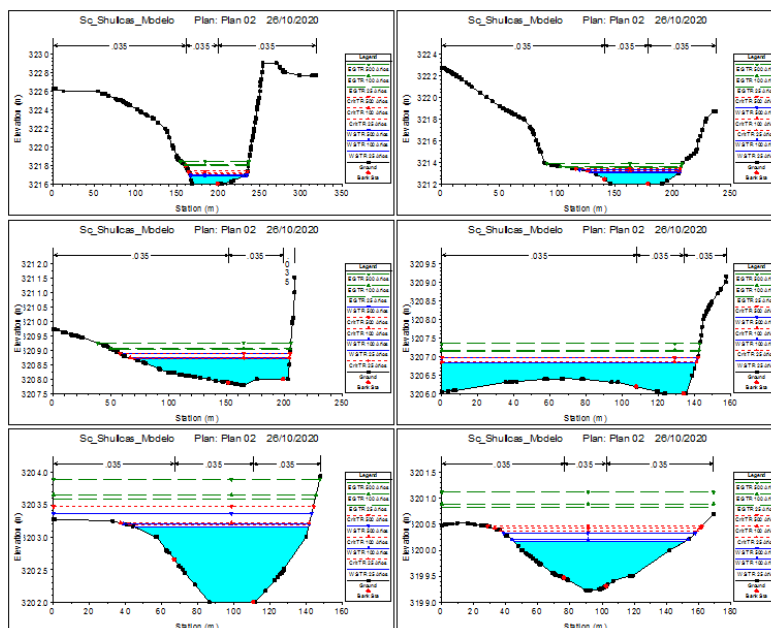


Figura 36 Secciones transversales del tránsito de avenidas

3.7.2.4 Determinación de los niveles de peligro a inundación

Generación de los mapas de intensidad

Una vez importados los raster de velocidad y tirante para cada periodo de retorno analizado, el paso siguiente es generar la intensidad para ello se realizará la multiplicación del raster de velocidad por la del raster de tirante; en tal sentido el resultado del raster de intensidad se reclasificará y se obtendrá el raster de intensidad por niveles (bajo, medio, alto y muy alto).

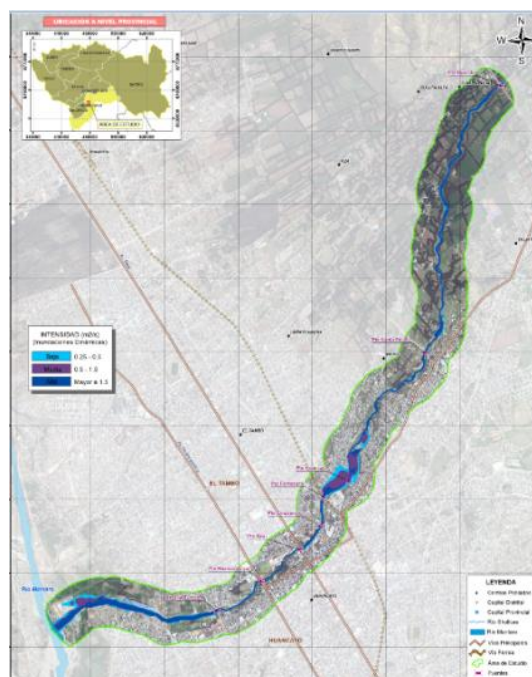


Figura 39 Generación de los raster de intensidad

Finalmente, se generó el mapa de los niveles de peligro a inundación en base a la intensidad de la inundación y su probabilidad de ocurrencia como se muestra en la siguiente figura, para visualizarlo con mayor detalle ver anexos (Mapa de peligro a inundación fluvial).

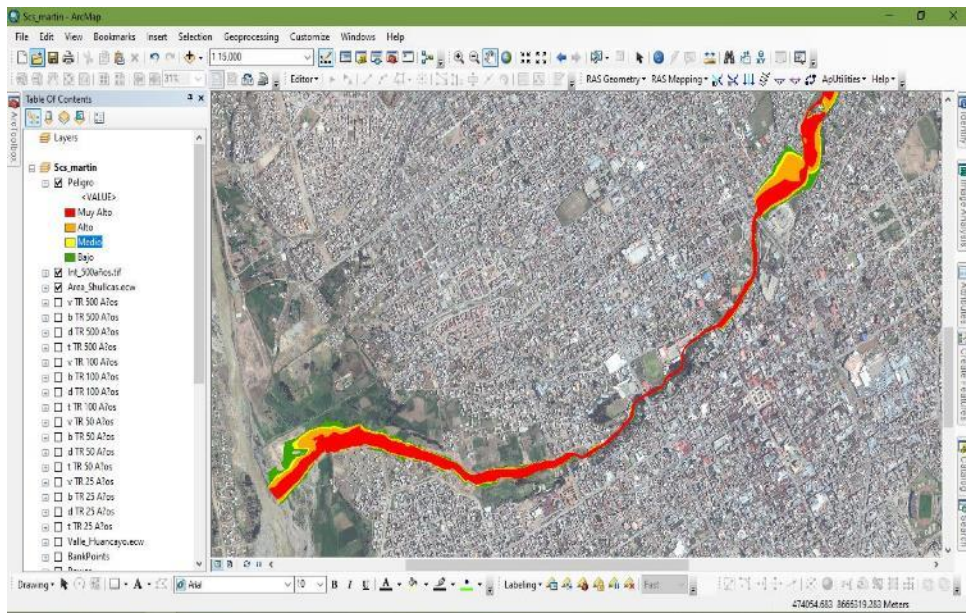


Figura 40 Generación de los raster de peligro a inundación

CAPITULO IV RESULTADOS

4.1. Determinación de las intensidades máximas de precipitación

A continuación, se muestran el resultado precipitaciones máximas diarias y su probabilidad de ocurrencia para los periodos de retorno, de 25, 100 y 500 años

Tabla 18

Resultado de las precipitaciones máximas diarias y su probabilidad de ocurrencia

PERIODO RETORNO (T)	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA PP (max)	PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS (P) (mm)
Años		
25	96 %	53.9919
100	99 %	64.4358
500	100 %	76.4582

Nota: Elaboración Propia (2020).

A continuación, se obtuvo las curvas IDF, grupo de familias de curvas representativas, válidas para la sub cuenta del río Shullcas,

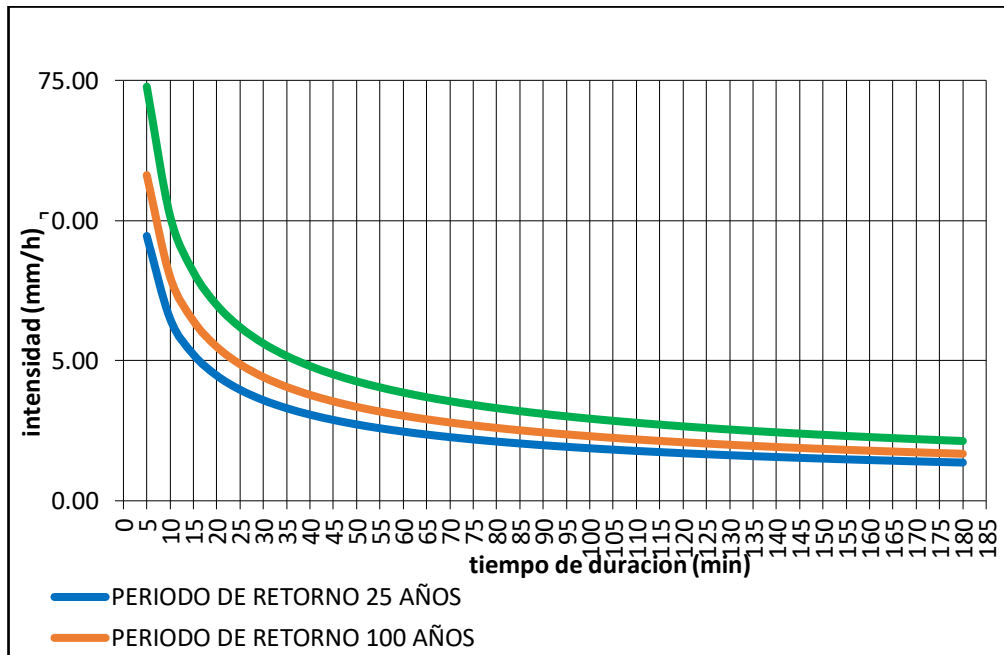


Figura 41 Curvas IFD válidas para la sub cuenta de río Shullcas. Tomado Manual de Hidrología y Drenaje (2008).

4.2. Determinación de los parámetros geomorfológicos de la cuenca:

En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos de las características propias de la cuenca, parámetros intrínsecos, que han sido determinadas a partir de los SIG.

Tabla 19

Características físicas de la Cuenca

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Área de la cuenca	Km ²	218.243
Cota Máxima de la cuenca	m.s.n.m.	5533.769
Cota Mínima de la cuenca	m.s.n.m.	3194.620

Nota: Elaboración Propia (2020).

En la siguiente tabla se muestra los parámetros determinados de la red hidrográfica del cauce principal del Rio Shullcas, muestran características intrínsecas del rio Shullcas.

Tabla 20

Cuadro de Resultado de la red hidrográfica de la cuenca

PARAMETRO	UND	RESULTADO
Longitud del Rio Principal	km	34.530
Cota Máxima del Rio Principal	m.s.n.m.	4746.061
Cota Mínima del Rio Principal	m.s.n.m.	3194.620

Nota: Elaboración Propia (2020).

Se muestran los resultados referentes al Tiempo de concentración(tc) y el tiempo de retardo tc, son parámetros de análisis del comportamiento o la respuesta de la cuenca en base a su relieve y red hidrográfica.

Tabla 21

Cuadro de Cálculo del Tiempo de Concentración

PARAMETRO	UND	RESULTADO
Tiempo de Concentración (Tc)	min	201.01
	Horas	3.35
Tiempo de Retardo (Tr)	min	120.61

Nota: Elaboración Propia (2020).

4.3. Determinación del potencial de escorrentía de suelo y cobertura vegetal:

En la siguiente tabla se muestra el resultado de los cálculos en base al número de curva de las abstracciones o pérdidas por la retención superficial siguiendo la Metodología del SCS

Tabla 22

Resultados de parámetros de potencial de escorrentia suelo y cobertura vegetal

PARAMETRO	UND	VALOR
Numero de curva condiciones normales CN(II)	s/U	81
Numero de curva condiciones húmedas CN(III)	s/U	91
almacenamiento (S)	mm	25.12
abstracción inicial (Ia)	mm	5.02
Abstracción continua (Fa)	mm	20.10

Nota: Elaboración Propia (2020).

4.4. Determinación del tránsito de avenidas

El resultado del modelamiento hidrológico, del Hec Hms, muestra los hidrogramas de avenidas se tomará los caudales pico de estos hidrogramas, a su vez el programa reporta los volúmenes tanto de la precipitación total, el volumen por pérdidas y la diferencia de ambos el exceso de volumen o volumen neto.

Tabla 23

Resumen de los caudales picos de os Hidrogramas

T	Caudal de Máximas avenidas Q (m ³ /s)	Volumen de Precipitación (mm)	Volumen de abstracciones (mm)	Exceso de volumen (mm)
25	117.10	20.47	14.59	5.88
100	178.20	25.18	16.20	8.98
500	276.40	31.98	18.02	13.96

Nota: Elaboración Propia (2020).

4.5. Determinación del tirante de lámina de agua

Se clasifico de forma cualitativa utilizando el Arc Map de acuerdo a las metodologías del (INETER & COSUDE) y de manera cuantitativa en base al modelamiento de transito de avenidas simulado en el Hec Ras

Tabla 24

Niveles Tirantes de la lámina de agua para diferentes periodos de retorno

T	TIRANTE MINIMO H (m)	TIRANTE MAXIMO H (m)
25	0.0002	13.70
100	0.0002	13.91
500	0.0002	14.62

Nota: Elaboración Propia (2020).

4.6. Determinación de la velocidad de flujo de agua

Se clasifico de forma cualitativa utilizando el Arc Map de acuerdo a las metodologías del (INETER & COSUDE) y de manera cuantitativa en base al modelamiento de transito de avenidas simulado en el Hec Ras

Tabla 25

Velocidades de flujo de agua para diferentes periodos de retorno

T	VELOCIDAD MINIMA V (m/s)	VELOCIDAD MAXIMA V(m/s)
25	0.000	10.67
100	0.000	10.91
500	0.000	11.59

Nota: Elaboración Propia (2020).

4.7. Determinación del nivel de peligro a inundación

Se identificó tres zonas de peligro a inundación para los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años, los niveles más altos se darán en las zonas circundantes a la

rivera del río Shullcas y según el alejamiento de las riveras del río los niveles de peligro descienden.

Tabla 26

Zonas afectadas por inundación fluvial del río Shullcas

ITEM	ZONA INUNDABLE	UBICACION
1	Residencial las Lomas de San Antonio	240 m aguas arriba del Puente Santa Felicia
2	Urbanización San Carlos	Ubicado aguas arriba del Puente Huancas cercanos la rivera del Río Shullcas
3	Barrio Salcedo	Aguas arriba del Puente Ferrocarril

Nota: Elaboración Propia (2020).

CAPITULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

• **Discusión 1:**

A partir de la investigación realizada se **acepta la hipótesis específica 1 como válida** ya que “**con las precipitaciones máximas diarias, la probabilidad de ocurrencia y las curvas IDF se logrará determinar las intensidades máximas de precipitación en la sub cuenca del rio Shullcas**”, ya que se obtuvo del objetivo específico 1 **los siguientes resultados:** las precipitaciones máximas diarias PP (max) en 24 horas utilizando la distribución de probabilidad de Gumbel resulto para un T=25 años una PP (max) =53.99 mm con una probabilidad de ocurrencia del 96%, para un T=100 años una PP (max) =64.43 mm con una probabilidad de ocurrencia del 99%, y un T=500 años una PP (max) =76.45 mm con una probabilidad de ocurrencia del 100%, y según el análisis de las curvas IDF las intensidades máximas (I) se darán en los intervalos de tiempos de menor duración como son de 5 minutos, para un T=25 años una I= 47.24 mm/hr, para un T=100 años una I= 58.10 mm/hr y para un T=500 años una I= 73.88 mm/hr,

Cachuan (2017), determino las precipitaciones máximas PP (max) en 6 horas en base a la distribución de probabilidad de Gumbel resulto para un T=2 años una PP (max) =21.623 mm, para un T=5 años una PP (max) =23.239 mm, para un T=10 años una PP (max) =24.309 mm, para un T=25 años una PP (max) =25.661 mm, para un T=50 años una PP (max) =26.664 mm y para un T=100 años una PP (max) =27.66 mm que difieren aproximadamente a la mitad del resultado de esta investigación a consecuencia de la data de SENAMHI de la Precipitación máxima en 24 horas, y también determino las curvas IDF lo cual se asemeja a lo determinado en esta investigación donde las intensidades máximas(I) se dará para el intervalo de 10 minutos considerando 6 periodos de retorno, para un T=2 años una I= 41.42 mm/hr, T=5 años una I= 44.516 mm/hr, T=10 años una I= 46.566 mm/hr, T=25 años una I= 49.156 mm/hr, T=50 años una I= 51.078 mm/hr y un T=100 años una I= 52.985 mm/hr,

Mamani (2017), determinación de las intensidades de la lluvia lo sectorizo en base al método de polígonos de Thiesen (la cual utiliza estaciones meteorológicas dentro y

fuera del área de estudio). En la presente investigación se eligió una estación meteorológica representativa y base a utilizar que fue escogida en base a un análisis de consistencia de datos, análisis de doble masa y su correlación de Pearson, con la hipótesis que los registros de precipitaciones máximas son válidos para la cuenca en estudio; de igual forma en el modelamiento hidrológico nose sectorizo microcuencas por cada tributario que aporta al río Shullcas debido a que no se dispone de información del aporte en caudal al río de cada tributario.

• **Discusión 2:**

A partir de la investigación realizada **se acepta la hipótesis específica 2 como válida ya que “con el área de la cuenca, desnivel y longitud del río principal y el tiempo de concentración se logrará anticipar el comportamiento de los parámetros geomorfológicos frente a avenidas en la sub cuenca del río Shullcas”, ya que se obtuvo del objetivo específico 2 lo siguientes resultados:** en base a la creación de la superficie TIN (Triangulo irregular de nodos): el área de la sub cuenca es de 218.243 km², longitud del río shullcas 33.65 km, el desnivel del río la cota máxima 5533.769 msnm y cota mínima 3194.62 msnm y un tiempo de concentración que se determina a partir de los parámetros antes mencionados de 201.01 minutos vale decir 3.35 horas Cachuan (2017), en referencia a los parámetros geomorfológicos. Sin embargo, hay diferencias en algunos parámetros calculados y/o utilizados, como ejemplo, el área que es de 226.581 Km² superficie creada a partir de imágenes satelitales del servidor LAND SAT con una resolución espacial de 30x30 m, así mismo la longitud de río principal: 19.064 km, donde la determinación de la longitud fue en base al orden de corriente de la red hidrográfica establecido por el método de Horton, donde obtuvo un valor de orden de corriente igual a (4) y es ahí donde estima que es la longitud principal del río, y con cotas del río principal máxima de 3850 msnm y cota mínima 3172 msnm, lo cual influencia en la determinación del tiempo de concentración que fue igual a 2.358 horas.

INDECI y PNUD (2011) en su estudio de “Mapa de peligros, plan de usos del suelo ante desastres y medidas de mitigación de la ciudad de Huancayo” estudio que se encuentra dentro de la plataforma del SIGRID perteneciente a CENEPRED da validez a los resultados presentados en la presente investigación donde los parámetros geomorfológicos determinados como el área de la sub cuenca del Río Shullcas es de

217.95 km² y que la longitud del Río principal es de 31 km y nace en las lagunas Chuspicocha, Peñacocha y lasuntay que son derivados del Nevado de Huaytapallana.

También el INDECI (2011), en su estudio “Probable desembalse de la Laguna Chuspicocha, en el Nevado de Huaytapallana y su Impacto en la ciudad de Huancayo”, donde se realizó un modelamiento numérico de inundación por rotura de la presa de la Laguna Chuspicocha, donde se generó topografía a partir un MDT en base a imágenes satelitales ALOS PALSAR de resolución 12.5 x 12.5 m.

• **Discusión 3:**

A partir de la investigación realizada se **acepta la hipótesis específica 3 como válida ya que “con el número de curva, las abstracciones por retención superficial y la precipitación efectiva se logrará determinar el potencial de Escorrentia del suelo y cobertura vegetal en la sub cuenca del río Shullcas”, ya que se obtuvo del objetivo específico 3 los siguientes resultados:** se obtuvo mediante el método de pérdidas que enmarca el Service Conservation Soil (SCS) de los EEUU como resultados: un CN(II)= 81, el CN(III)= 91 las abstracciones S=25.12mm, Ia=5.02 mm, Fa= 20.10 mm

Cachuan (2017), caracteriza estos parámetros como potencial máximo de retención del suelo teniendo como resultados similares al de nuestra investigación y son un CN(II)= 82.445, el CN(III)= 91.527, las abstracciones S=23.514 mm, Ia=4.702 mm, Fa= 18.811 mm

Por otra parte Mamani (2017), realizó un modelo hidrológico de río Ayaviri utilizando el método que convierte la lluvia en Escorrentia del SCS y las pérdidas en base al número de curva del SCS; la diferencia que reside con nuestra investigación es que, para el modelamiento hidrológico, se generó microcuencas (áreas de drenaje por cada tributario), que aporta sus aguas al río Ayaviri

• **Discusión 4:**

A partir de la investigación realizada se **acepta la hipótesis específica 4 como válida ya que “con el Hidrograma de caudal máximo, topografía del cauce y el coeficiente de Manning se logrará simular el tránsito de avenidas en la sub cuenca del río Shullcas”, ya que se obtuvo del objetivo específico 4 los siguientes resultados:** se obtuvo como resultados: un trabajo de campo en la topografía realizado

con estación total y luego procesado la superficie generando una superficie TIN, también IN SITU se verifico un coeficiente de manning igual a 0.035 en el eje y a los márgenes del rio, y los caudales máximos de los Hidrogramas para un T=25 años un Q= 117.10 m³/s, para un T=100 años un Q= 178.20 m³/s y para un T=500 años un Q= 276.40 m³/s

INDECI y PNUD (2011) en su estudio de “Mapa de peligros, plan de usos del suelo ante desastres y medidas de mitigación de la ciudad de Huancayo” determino caudales máximos para el Rio Shullcas, que se asemejan a los resultados de esta investigación y de la misma manera sirvió para calibrar el modelo hidrológico, dicho estudio utiliza el método regional, en base al estudio de caudales máximos registrados en la Estación Chamiceria, con un periodo de registro de 32 años tomados desde (1975-2010), se consideró dos puntos uno de Ingreso en la estación chamicera y otro en el punto de salida drenaje al Rio Mantaro, Para la estación Chamiceria T=10 años un Q= 70 m³/s, para un T=50 años un Q= 119 m³/s, para un T=100 años un Q= 140 m³/s, para un T=500 años un Q= 189 m³/s y para un T=1000 años un Q= 210 m³/s, Para el punto de salida drenaje al Rio Mantaro T=10 años un Q= 82 m³/s, para un T=50 años un Q= 139 m³/s, para un T=100 años un Q= 164 m³/s, para un T=500 años un Q= 221 m³/s y para un T=1000 años un Q= 246 m³/s

Gamion (2014), realizo un modelo de flujo de escombros y lodo en un sector de 1km perteneciente a la cuenca baja del Rio Shullcas, realizo un levantamiento topográfico con estación total en el tramo de análisis que inicia en el Puente Conunchaca y finaliza en el Puente Huincho del rio Shullcas, la simulación lo llevo a cabo en el FLO 2D, estableció un coeficiente de manning de 0.035. que coincide con lo establecido en esta investigación.

Mamani (2017), también realizo la metodología del INETER y COSUDE, (2005), la diferencia con nuestra investigación fue la topografía o geometría que utilizo para la simulación hidráulica en el Hec Ras, donde se creó un modelo de elevación digital (MDT) a partir de imágenes satelitales ASTER GDEM de 30 x 30 m de resolución analizado bajo los Sistemas de Información geográfica (SIG). Para esta investigación se realizó el levantamiento topográfico de la población expuesta (zona urbana), si bien los MDT son útiles para la determinación de parámetros de relieve e hidrográficos; para la realización de simulación de transito de avenidas es necesario tener una buena

topografía que defina la sección de río para alcanzar mayor precisión en la simulación hidráulica.

Carrea (2017), realizó el tránsito de máximas avenidas del Río Catamayo del Ecuador, la diferencia que reside con esta investigación es que para el modelamiento hidrológico considero el ingreso del caudal base en el Río Catamayo. En la presente investigación no se consideró el caudal base dado que solo se plantea la generación de caudales en base a la precipitación. (modelo precipitación-Escorrentia)

• **Discusión 5:**

A partir de la investigación realizada **se acepta la hipótesis específica 5 como válida ya que con “el software Hec Ras se logrará determinar el tirante de lámina de agua en la sub cuenca del río Shullcas”, ya que se obtuvo del objetivo específico 5 lo siguientes resultados:** simulado el tránsito de avenidas esta información en formato Raster ya puede ser exportada para poder confeccionar mapas temáticos de los tirantes teniendo como resultados: para un T=25 años un tirante máximo 13.70 m, T=100 años un tirante máximo 13.91 m, T=500 años un tirante máximo 14.62 m

INDECI (2011), en su estudio “Probable desembalse de la Laguna Chuspicocha, en el Nevado de Huaytapallana y su Impacto en la ciudad de Huancayo”, en su simulación hidráulica del desembalse del presa Chuspicocha la cual se encuentra en la zona cabecera vale decir donde inicia el río Shullcas en su modelo en el FLO-2D muestra tirantes de lámina hasta de 9.00 m y en la parte central del Río en la zona urbana llegar hasta los 6.00 m, el tránsito del aluvión llegaría al punto de drenaje en aproximadamente 2 horas iniciado el desembalse determinando que la población expuesta sería 7504 habitantes.

• **Discusión 6:**

A partir de la investigación realizada **se acepta la hipótesis específica 6 como válida ya que con “en el software Hec Ras se logrará determinar la velocidad de flujo de agua en la sub cuenca del río Shullcas”, ya que se obtuvo del objetivo específico 6 lo siguientes resultados:** se obtuvo como resultados: para un T=25 años una velocidad máxima 10.67 m/s, T=100 años una velocidad máxima 10.91 m/s, T=500 años una velocidad máxima 11.59 m/s

Gamion (2014), simuló el tránsito de flujo de escombros y lodo con el FLO 2D en aproximadamente 1 km, los caudales de ingreso lo llevo en dos escenarios en base al potencial de Escorrentia del número de curva para un caso normal CN= 73, con velocidades máximas hasta de 1.3 m/s, y un caso extremo CN=75, con velocidades máximas hasta 1.5 m/s. en contraposición a las velocidades obtenidas en nuestro tránsito de avenidas en una longitud de 8.92 km y utilizando el potencial de Escorrentia con un CN= 91.

• **Discusión 7:**

A partir de la investigación realizada **se acepta la hipótesis general como válida ya que “Existe zonas de niveles de peligro alto a inundación por máximas avenidas en la sub cuenca del rio Shullcas”, donde se obtuvo como resultados:** las zonas de peligro a inundación son la Zona 1 – Residencial las Lomas de San Antonio ubicado a 240 m aguas arriba del Puente Santa Felicia, Zona 2 – Ubicado aguas arriba del Puente Huancas perteneciente a la Urbanización San Carlos y Zona 3-Aguas arriba del Puente Ferrocarril (Barrio Salcedo).

INDECI (2011), en su estudio “Probable desembalse de la Laguna Chuspicocha, en el Nevado de Huaytapallana y su Impacto en la ciudad de Huancayo”, en el análisis de vulnerabilidad considera a la zona ubicada aguas arriba del puente Huancas, coincidiendo con las zonas de peligro a inundación que estimo esta investigación, también muestra zonas aguas arriba del Puente Conunchaca (Vilcacoto) y viviendas que se encuentran en la margen izquierda según el sentido flujo, específicamente aguas abajo del Puente Ferrocarril hasta la desembocadura al Rio Mantaro.

Según Centro Nacional de estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (2014) organismo público perteneciente al SINAGERD, donde muestra la cartografía de peligros naturales a inundación en su portal web del SIGRID, las zonas susceptibles con peligro a inundarse en el Rio Shullcas son en la desembocadura al Rio Mantaro y otras ubicadas fuera de la periferie del área de estudio individualmente ubicadas en las quebradas inactivas. En esta investigación el modelamiento fue más a detalle utilizando un modelo hidrológico y transito de avenidas contrariamente a la metodología CENEPRED para evaluar el peligro a inundación, se basa en superposición de capas con información (geología, geomorfología, meteorología,

hidrología e hidrografía) donde se maneja una ponderación de valores de los parámetros y descriptores, para poder determinar el nivel de peligrosidad (p. 41).

según INDECI y PNUD (2011) en su estudio “Mapa de peligros, plan de usos del suelo ante desastres y medidas de mitigación de la ciudad de Huancayo”, con el fin de evaluar y clasificar los peligros en las ciudades de Huancayo, Tambo y Chilca la metodología que evaluó el peligro por fenómenos geológicos e hidrológicos en el río Shullcas, muestran el nivel de peligro a inundaciones por lluvias extraordinarias en nivel alto a todas las zonas aledañas a la rivera del río ,con un valor de (51-100%), que se visualiza en el Mapa de Peligros Geológicos e Hidrológicos.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES:

- **Conclusión 1:** Se logró determinar las intensidades máximas de Precipitación de la sub cuenca del rio shullcas representado en las Curvas IDF y Precipitaciones máximas para un T=25 años una PP (max) =53.99 mm con P= 96% con una I= 47.24 mm/hr, para un T=100 años una PP (max) =64.43 mm P= 99%, con una I= 58.10 mm/hr y un T=500 años una PP (max) =76.45 mm P= del 100%. Con una I=73.88 mm/hr.
- **Conclusión 2:** Se logró determinar los parámetros geomorfológicos de la sub cuenca del rio shullcas con un área de la sub cuenca es de 218.243 km², longitud del rio shullcas 33.65 km, el desnivel del rio la cota máxima 5533.769 msnm y cota mínima 3194.62 msnm y un tiempo de concentración de 201.01 minutos.
- **Conclusión 3:** Se logró determinar el potencial de escorrentía de suelo y cobertura vegetal de la sub cuenca del rio shullcas en base a los indicadores de los números de curva en condición normal y húmeda de CN(II)= 81, el CN(III)= 91 las abstracciones por retención superficial de S=25.12mm, Ia=5.02 mm, Fa= 20.10 mm
- **Conclusión 4:** Se logró determinar el tránsito de avenidas en la sub cuenca del rio shullcas en base a un trabajo topográfico realizado con estación total y conociendo un coeficiente de manning del lecho de rio y márgenes de 0.035, y los caudales máximos de los Hidrogramas para un T=25 años un Q= 117.10 m³/s, para un T=100 años un Q= 178.20 m³/s y para un T=500 años un Q= 276.40 m³/s
- **Conclusión 5:** Se logró determinar los niveles del tirante de lámina de agua por máximas avenidas de la sub cuenca del rio shullcas, los tirantes máximos son para un T=25 años un tirante 13.70 m, T=100 años un tirante 13.91 m, T=500 años un tirante 14.62 m
- **Conclusión 6:** Se logró determinar las velocidades de flujo de agua por máximas avenidas de la sub cuenca del rio Shullcas, siendo las velocidades máximas para un T=25 años una velocidad 10.67 m/s, T=100 años una velocidad 10.91 m/s, T=500 años una velocidad 11.59 m/s

- **Conclusión 7:** Se logró determinar los niveles de peligro a inundación por las máximas avenidas en la sub cuenca del río Shullcas siendo las zonas más probables a inundarse la Zona 1 – Residencial las Lomas de San Antonio ubicado a 240 m aguas arriba del Puente Santa Felicia, Zona 2 – Ubicado aguas arriba del Puente Huancas perteneciente a la Urbanización San Carlos y Zona 3-Aguas arriba del Puente Ferrocarril (Barrio Salcedo).

CAPITULO VII

RECOMENDACIONES

- **Recomendación 1:** Se recomienda a las autoridades competentes la realización de cartografía de intensidades máximas de precipitación por el método de isoyetas a nivel nacional.
- **Recomendación 2:** Se recomienda la utilización imágenes satelitales de mayor resolución, como las imágenes LIDAR, para estimar parámetros geomorfológicos.
- **Recomendación 3:** Se recomienda a las autoridades competentes la actualización de la cartografía sobre el uso y tipo de suelo a nivel nacional, ya que estos parámetros son variables en el tiempo.
- **Recomendación 4:** Se recomienda para mayor aproximación a un evento real de una simulación de transito de avenidas trabajar con información topográfica levantada por estación total o por vehículos aéreos no tripulados Drones.
- **Recomendación 5:** Se recomienda en base al mapa de velocidades, conocer las zonas donde se deposita los sedimentos (velocidades mínimas), para proponer obras de descolmatación del río.
- **Recomendación 6:** Se recomienda en base al mapa de tirantes máximos proponer obras de protección en las zonas de probable inundación.
- **Recomendación 7:** Se recomienda a las autoridades competentes proponer el desarrollo de cartografía de delimitación de fajas marginales en toda la rivera del río Shullcas con el fin evitar que población construya sus viviendas en zonas de peligro a inundación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. GLOBAL perspectives on loss of human. Jonkman, Sebastian. 34, 2005, Nat. Hazards, págs. 151–175.
2. CENTRO Nacional de estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (Perú). Manual para la evaluación de riesgos originados por inundaciones fluviales. Lima : CENEPRED, 2014. 48pp.
3. LAS crecidas del Ebro medio en el comienzo del siglo XXI por Miguel Sánchez [et al.]. Universidad de Zaragoza y Asociación de Geógrafos Españoles, (4): 1853-1862, 2015.
4. ORGANIZACIÓN panamericana de la salud [en línea]. Austirias: OPS. [Fecha de consulta: 20 de octubre del 2020]. Disponible en <https://www.sanidadambiental.com/wp-content/uploads/2020/04/informe-salud-cambio-climatico.pdf>
5. INSTITUTO del Mar Perú [en línea]. Perú: IMARPE. [Fecha de consulta: 20 de octubre del 2020]. Disponible en <http://190.116.33.230/browse?type=subject&order=ASC&rpp=85&value=Fen%C3%B3meno+El+Nicho>
6. ROJAS-PORTOCARRERO, Wendy. Percepción de riesgo ante las inundaciones en personas que habitan en zonas vulnerables de Lima, Perú. Rev Cubana Salud Pública [en línea]. vol.45, no2, 2019. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2012] Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-34662019000200005
7. GOBIERNO Regional de Junín, Resolución Ejecutiva Regional.Nº 126-2019-GRJ/GR: Junín, 2019, p. 66.
8. INDECI (Perú), Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales. Lima: INDECI, 2011. 85 pp.
9. ESTIMACIÓN de áreas vulnerables a inundaciones en zonas urbanas Morelia, Michoacán, México D.F. por Anastasia Alarcón. Revista Tecnología y ciencias del agua, (11): 1-26, 2020.
10. LOPEZ, Diana y GOMEZ, Diego. Determinación de la cota de inundación del río Arauca en la vereda barrancones, Municipio de Arauca mediante un modelo hidrodinámico. Tesis (Especialización en Recursos Hídricos) Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2019. 88 pp.
11. MODELACIÓN hidrológica para la gestión del riesgo de inundaciones en la cuenca del río Daymán por Vanessa Erasun [et al.]. En XXVIII Congreso latinoamericano de hidráulica Buenos Aires, Argentina, septiembre de 2018, pp. 1-2.
12. CAMARCO, William. Modelación hidrologico-hidraulica de eventos de inundacion en el rio Bogota (sector tocanzipa-chia) usando hec-ras. Revista Ambiental Agua, Aire y suelo, (7): 1-7, 2016.

13. CARRERA, Wilson. Modelación hidrológica de eventos de crecida para el sistema de alerta temprana ante inundaciones en la cuenca del río Catamayo. Tesis (Pregrado de Ingeniería Civil) Quito: Universidad Central del Ecuador, 2017. 308 pp.
14. TINOCO, Tito. Modelamiento del riesgo de inundación por la ocurrencia de descargas máximas del río Santa, sector Challhua, Huaraz-Ancash. Revista Aporte Santiaguino, (12): 214-227. 2019.
15. RIESGO de inundación de la ciudad de Iquitos, Perú por Henry Soria-Díaz [et al.]. Revista Ciencia Amazónica, (5): 11-24. 2015.
16. MODELACIÓN hidrológica semidistribuida en la región hidrográfica del Titicaca: caso de estudio cuenca del río Ramis, Perú por Efrain Lujano [et al.]. Revista Altoandina, (18): 431-438. 2016.
17. MAMANI, Hipolito. Modelamiento de máximas avenidas que generan riesgo de inundación en la ciudad de Ayaviri-Puno. Tesis (Pregrado de Ingeniería Agrícola), Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2014. 278 pp.
18. PACHA, Yénica. Modelamiento hidrológico e hidráulico para avenidas de la sub cuenca Quillcay, con fines de protección del sector nueva florida, distrito de independencia, 2013. Tesis (Pregrado de Ingeniería Agrícola), Huaraz: Universidad Nacional de Santiago Antúnez de Mayolo, 2015. 149 pp.
19. CUADROS, José. Modelamiento Hidrológico de la sub cuenca del río Pachachaca con precipitación proveniente de satélite, departamento de Apurímac. Tesis (Pregrado de Ingeniería Agrónoma) Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín Arequipa, 2020. 261 pp.
20. UNA revisión crítica de la recopilación de datos hidrológicos para evaluar el riesgo de preservación de la arqueología urbana anegada: un estudio de caso de la ciudad de York, Reino Unido. Holden, J, [et al.]. 11, 2009, Journal of environmental management, 90, 3197-3204 pp.
21. MEJÍA, Andrés. Localización y caraterización de manantiales en los municipios de San José del Rincón y Jocotitlán en el Estado de México. 2013.
22. TODINI, Ezio. Hydrological catchament modelling: past, present and future. Hydrology and Earth System Sciences, (11): 468-482 pp., 2007.
23. KAVETSKI, Dmitri y FENICIA, Fabrizio. Elements of a flexible approach for conceptual hydrological modeling: Application and experimental insights. Water Resources Research, (47): 1-19, 2011.
24. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. [En línea] [Fecha de consulta: 20 de Octubre de 2020.] Disponible en http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf.

25. MANEJO y Gestión de Cuencas Hidrográficas por Absalon Vásquez [et al.]. Lima: Universidad Nacional Agrónoma La Molina, 2016. 400pp.
26. MOCHICA, Elmer. Análisis de máximas avenidas con fines de diseño de defensa del Riochichanaco de la ciudad de Sandia. Tesis (Pregrado de Ingeniería Agrónoma), Puno: Universidad Nacional del Altiplano Puno, 2013. 131 pp.
27. EPISODIOS de intensidad extrema de precipitación en Barcelona. Riesgos de inundaciones súbitas por María Martínez [et al.]. En XIII CTV 2019 Proceedings: XIII International Conference on Virtual City and Territory: “Challenges and paradigms of the contemporary city”: UPC, Barcelona, October 2-4, 2019. Barcelona: CPSV, 2019, pp. 1-12
28. CARDICH, Kevin. Modelación de máximas avenidas en la cuenca del rio Lurín utilizando modelos hidrológicos e hidráulicos. Tesis (Pregrado de Ingeniería Agrícola), Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2017. 186 pp.
29. ESTUDIO de máximas avenidas para la protección de zonas de posible inundación ubicada en el tramo La Oroya- 40 km aguas abajo Cuenca del Río Mantaro por Douglas Sarango [et al]. Revista del Instituto de Investigación, (20): 27-38, 2015.
30. QUIJANO, Juan. Parámetros morfométricos, geomorfológicos y correlación estructural en cinco cuencas hidrográficas de la cuenca Amagá. Tesis (Pregrado de Geología), Medellín: Universidad EAFIT, 2014. 85 pp.
31. MODELING surface water dynamics in the Amazon Basin using MOSART-Inundation v1.0: impacts of geomorphological parameters and river flow representation por Xiangyu Luo [et al.]. Geosciencitific Model Development, (10): 1233-1259, 2017.
32. HAMDY, Abdelhamid, ABD, Ahmed y ABDELAZIZ, Shokry. Multivariate statistical analysis of geomorphological parameters for Sinai Peninsula. Alexandria Engineering Journal, (1): 1-14, 2020.
33. AUTORIDAD Nacional del Agua (Perú) Estudio de Máximas avenidas en las cuencas de la zona centro de la vertiente del Pacífico. Lima: ANA, 2010. 1-185 pp.
34. ESCUDER, Ignacio, MATHEU Enrique y CASTILLOS, Jessica. Análisis y evaluación de riesgos de inundación: estimación. Tesis (Pregrado de Ingeniería Civil) España: Universidad Politécnica de Valencia, 2010. 41 pp.
35. INUNDACIONES Fluviales. [en línea]. Nicaragua: INETER y COSUDE. [Fecha de consulta: 20 de octubre del 2020]. Disponible en https://www.shareweb.ch/site/DRR/Documents/About%20Us/Publication_Nicargua_InundacionesFluviales_MET-ALARN_2005.pdf
36. MAYTA, Carlos y MAMANI, Efraín. Modelación hidráulica de la defensa de Calana con el fin de determinar la vulnerabilidad ante máximas avenidas. Tesis (Pregrado de Ingeniería Civil) Tacna: Universidad Privada de Tacna.
37. IL, Kin, JUN, Keum y YEUN, Han. Real-Time Urban Inundation Prediction Combining Hydraulic and Probabilistic Methods. Revista Water, (11):1-18, 2019.

38. FLOOD Hydraulic Analyses: A Case Study of Amik Plain, Turkey por Faith Unes [et al.]. Revista Water, (12): 2-18, 2020.
39. CABALLERO, Rubén y NUNURA, Gioconda. Análisis del desempeño hidráulico y estructural del puente Pasamayito ante máximas avenidas. Revista: Ciencia, tecnología e innovación, (6): 1-19, 2019.
40. BROWN, Oscar, GALLARDO, Yurisbel y VALDEZ, J. Curva de intensidad frecuencia y duración de inundaciones (IFD) para el municipio Venezuela, provincia Ciego de Ávila, Cuba. Revista Suelo y Agua, (22): 63-67, 2013.
41. Hernández, Roberto y Mendoza, Christian. Metodología de la investigación. México DF : McGraw-Hill Interamericana, 2018.
42. Arias, Fidas. El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. Caracas : Episteme, 2012.

ANEXOS

Anexo 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES			METODOLOGIA
			VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL				
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son los niveles de peligro a inundación por las máximas avenidas en la sub cuenca del río Shullcas? 	<ul style="list-style-type: none"> Determinar los niveles de peligro a inundación por las máximas avenidas en la sub cuenca del río Shullcas 	<ul style="list-style-type: none"> Existe zonas de niveles de peligro alto a inundación por máximas avenidas en la sub cuenca del río Shullcas. 	Máximas avenidas	<ul style="list-style-type: none"> Intensidades máximas de Precipitación 	<ul style="list-style-type: none"> Precipitaciones Máximas diarias Probabilidad de ocurrencia Curvas IDF 	<p>Método: Método Científico</p> <p>Tipo: Investigación aplicada</p> <p>Nivel: Descriptivo</p> <p>Diseño: No experimental, de corte longitudinal.</p> <p>Población: Sub cuenca del río Shullcas.</p> <p>Muestra: Sub cuenca baja del río Shullcas.</p> <p>Muestreo: El muestreo fue no probabilístico-intencional, teniendo como criterio de selección el nivel de exposición de la zona urbana</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS				
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son las intensidades máximas de precipitación en la sub cuenca del río Shullcas? 	<ul style="list-style-type: none"> Determinar las intensidades máximas de precipitación en la sub cuenca del río Shullcas 	<ul style="list-style-type: none"> Con las precipitaciones máximas diarias, la probabilidad de ocurrencia y las curvas IDF se logrará determinar las intensidades máximas de precipitación en la sub cuenca del río Shullcas 		<ul style="list-style-type: none"> Parámetros geomorfológicos de la cuenca 	<ul style="list-style-type: none"> Área de la cuenca (km²) desnivel y longitud del río principal (msnm/km) Tiempo de concentración (minutos) 	
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son los parámetros geomorfológicos de la sub cuenca del río Shullcas? 	<ul style="list-style-type: none"> Determinar los parámetros geomorfológicos de la sub cuenca del río Shullcas 	<ul style="list-style-type: none"> Con el área de la cuenca, desnivel y longitud del río principal y el tiempo de concentración se logrará anticipar el comportamiento de los parámetros geomorfológicos frente a avenidas en la sub cuenca del río Shullcas 		<ul style="list-style-type: none"> Potencial de Escorrentia de Suelo y Cobertura vegetal 	<ul style="list-style-type: none"> Número de curva en condiciones normales Numero de curva en condiciones húmedas Abstracciones por retención superficial 	
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles es el potencial de escorrentía del suelo y cobertura vegetal de la sub cuenca del río Shullcas? 	<ul style="list-style-type: none"> Determinar el potencial de Escorrentia de suelo y cobertura vegetal de la sub cuenca del río Shullcas 	<ul style="list-style-type: none"> Conociendo el número de curva, las abstracciones por retención superficial y la precipitación efectiva se logrará determinar el potencial de Escorrentia del suelo y cobertura vegetal en la sub cuenca del río Shullcas 	Nivel de peligro de inundación	<ul style="list-style-type: none"> Tránsito de avenidas 	<ul style="list-style-type: none"> Hidrograma de caudal máximo (m³/s) Topografía del cauce (msnm) 	

<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo es el tránsito de avenidas en la sub cuenca del rio Shullcas? • ¿Cuáles son los niveles del tirante de lámina de agua que alcanza por máximas avenidas en la sub cuenca del rio Shullcas? • ¿Cuáles son las velocidades de flujo de agua que alcanza por máximas avenidas en la sub cuenca del rio Shullcas? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el tránsito de avenidas en la sub cuenca del rio Shullcas • Determinar los niveles del tirante de lámina de agua por máximas avenidas en la sub cuenca del rio Shullcas • Determinar las velocidades de flujo de agua por máximas avenidas en la sub cuenca del rio Shullcas 	<ul style="list-style-type: none"> • Con el Hidrograma de caudal máximo, topografía del cauce y el coeficiente de Manning se logrará simular el tránsito de avenidas en la sub cuenca del rio Shullcas • Con la simulación en el software Hec Ras se logrará conocer el tirante de lámina de agua en la sub cuenca del rio Shullcas • Con la simulación en el software Hec Ras se logrará conocer la velocidad de flujo de agua en la sub cuenca del rio Shullcas 		<p>Tirante de la lámina de agua (m)</p> <p>Velocidad de flujo de agua (m/s)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Coeficiente de Manning (adimensional) • Nivel alto (m) • Nivel medio(m) • Nivel bajo (m) • Nivel alto (m/s) • Nivel medio(m/s) • Nivel bajo (m/s) 	
--	---	--	--	---	---	--

Anexo 2: Serie Histórica de precipitación máxima de 24 horas proporcionados por SENAMHI



"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"

ESTACIÓN: **CO ACOPALCA**

LATITUD: 11°55'38.8" Sur

LONGITUD: 75°05'58.5" Oeste

ALTITUD: 3039 msnm

DPTO.: Junín

PROV.: Huancayo

DIST.: Huancayo

Anexo: Acopalca

Parametro: Precipitación Máxima 24 horas (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1998	25.6	58.9	17.5	18.4	5.4	5.6	0.0	2.6	7.3	31.0	15.4	24.2
1999	13.7	19.1	24.9	7.3	6.7	16.5	9.7	0.2	12.3	17.8	19.1	19.2
2000	26.7	18.0	32.6	17.3	4.6	3.8	2.0	8.1	12.3	9.1	5.7	30.2
2001	22.5	16.4	20.4	10.4	20.4	1.2	4.7	1.8	6.3	7.0	10.6	11.2
2002	8.3	21.4	16.9	12.8	3.9	2.5	12.8	5.6	8.6	11.7	15.2	28.7
2003	23.3	21.0	21.7	13.8	8.9	0.8	1.2	16.1	21.8	28.6	21.4	29.3
2004	7.6	34.8	21.0	9.3	12.9	8.5	8.1	7.3	13.9	18.8	19.5	42.4
2005	16.0	32.2	18.0	5.7	7.4	0.1	0.2	4.2	9.1	18.0	15.0	12.5
2006	23.5	19.5	17.1	13.2	2.8	7.4	0.0	5.2	9.1	12.7	14.5	19.6
2007	18.5	19.2	14.2	9.2	11.3	0.1	12.1	8.4	17.2	17.6	13.7	14.5
2008	16.3	16.0	9.8	9.8	7.6	8.2	0.0	6.6	6.8	22.0	19.4	29.1
2009	18.4	27.3	32.8	17.4	20.1	18.4	3.8	18.5	17.5	28.6	16.7	17.3
2010	32.1	27.0	14.5	7.4	10.5	0.5	5.0	2.4	3.6	12.4	9.6	25.0
2011	21.2	18.1	32.0	18.6	9.2	1.0	5.6	1.2	15.6	16.0	15.6	16.2
2012	18.8	33.2	14.1	14.7	S/D	S/D	23.0	22.0	21.1	17.0	9.8	24.1
2013	21.9	16.6	12.4	11.9	5.1	4.0	7.2	11.3	29.2	22.0	27.4	17.5
2014	21.9	14.9	33.0	15.0	7.2	1.2	3.0	3.0	15.5	14.4	19.0	20.8
2015	25.2	24.6	14.3	12.6	8.7	4.1	6.0	5.3	25.2	25.5	20.1	17.8
2016	14.7	21.8	15.0	14.7	8.1	15.0	1.4	7.9	15.8	24.2	18.0	17.6
2017	16.2	18.0	24.6	16.4	8.8	2.0	4.2	6.4	13.0	24.6	20.5	20.0

Nota: S/D =Sin Datos

1 mm= 1litro/m²

INFORMACION PREPARADA PARA

BACH. MARTIN SEVERO BALTAZAR MIRANDA

FECHA: 20 DE MAYO DEL 2019



Dirección Zonal SENAMHI-JUNÍN
Calle Mariscal Plaza N° 203, El Tambo, Huancayo
Tel: 064-248072 RPA 090066600
Email: sanchos@senamhi.gob.pe
www.senamhi.gob.pe

VALIDO SOLO EN ORIGINAL



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología e
Hidrología del Perú - SENAMHI

Dirección Zonal 11

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"

ESTACIÓN: **CO COMAS**

LATITUD: 11°44'52.6" Sur

DPTO.: Junín

LONGITUD: 75°07'48.4" Oeste

PROV.: Concepción

ALTITUD: 3650 msnm

DIST.: Comas

Parametro: Precipitación Máxima 24 horas (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1998	14.5	19.9	25.4	19.3	4.3	6.3	0.0	4.5	15.9	38.7	29.9	24.3
1999	13.2	23.2	14.5	9.0	5.6	3.0	4.1	3.2	10.2	20.3	17.5	9.8
2000	16.4	18.7	19.0	12.5	7.5	7.7	5.5	7.7	12.5	8.2	12.4	11.1
2001	20.4	13.8	31.2	9.5	9.8	1.7	6.9	9.6	10.6	17.3	10.6	13.8
2002	24.6	16.7	20.7	14.1	13.8	12.6	18.6	5.5	12.1	22.1	21.7	17.3
2003	28.4	22.0	23.2	10.9	7.2	3.5	5.5	19.7	13.8	10.9	27.5	25.0
2004	14.0	21.2	17.2	6.8	6.1	8.9	14.0	23.2	11.0	14.1	24.1	20.1
2005	11.7	13.4	12.2	4.0	4.2	1.5	7.5	3.1	12.0	23.2	14.2	18.6
2006	20.5	22.6	15.4	12.4	6.0	6.1	4.5	7.6	15.3	18.5	18.2	13.0
2007	12.1	14.3	15.2	9.4	7.8	1.1	5.4	6.8	6.1	11.1	16.5	10.6
2008	15.5	9.8	8.8	10.0	6.3	12.2	2.3	4.5	13.2	28.1	6.2	9.7
2009	12.9	14.4	14.0	10.8	6.1	1.7	8.7	4.9	4.6	13.5	11.5	18.3
2010	15.1	18.2	11.8	19.3	6.2	3.9	1.7	2.5	16.3	22.5	12.0	24.6
2011	18.2	20.3	12.5	12.0	5.1	2.5	14.2	5.5	5.9	26.3	13.9	36.0
2012	10.8	16.6	21.5	19.2	5.6	6.3	13.4	13.6	20.3	14.7	11.2	22.5
2013	25.5	18.6	15.6	17.7	14.5	5.9	10.9	9.0	15.6	16.3	20.7	19.6
2014	25.5	21.4	15.4	19.8	10.1	0.5	7.1	6.6	11.4	10.7	12.1	24.3
2015	18.1	21.9	18.5	10.3	9.0	3.7	2.0	10.1	17.6	8.5	22.0	19.5
2016	14.5	17.9	19.8	15.9	3.8	9.6	5.0	13.4	5.1	16.5	18.4	17.3
2017	14.2	16.1	13.2	11.3	10.1	0.9	3.5	5.2	10.7	18.8	27.6	12.2

Nota: S/D =Sin Datos

1 mm= 1 litro/m2

INFORMACION PREPARADA PARA

BACH. MARTIN SEVERO BALTAZAR MIRANDA

FECHA: 20 DE MAYO DEL 2019



Adriana Ramos Cadillo
ING. ADRIANA RAMOS CADILLO
CIP N° 46100
DIRECTORA ZONAL 11
SENAMHI - JUNIN



Dirección Zonal SENAMHI JUNIN
Calle Nemesio Rosc N° 225, D. Tambo, Huancayo
Tel: 064-246072 - RPU 40000003
Email: esanchez@senamhi.gob.pe
www.senamhi.gob.pe

VALIDO SOLO EN ORIGINAL



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología e
Hidrología del Perú - SENAMHI

Dirección Zonal 11

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"

ESTACIÓN: **CO VIGUES**

LATITUD: 12°09'21.7" Sur

DPTO.: Junín

LONGITUD: 75°13'41.9" Oeste

PROV.: Huancayo

ALTITUD: 3186 msnm

DIST.: Viques

Parametro: **Precipitación Máxima 24 horas (mm)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1998	19.2	28.1	8.6	9.5	0.0	2.7	0.0	3.8	4.5	18.2	18.6	12.7
1999	11.5	22.8	11.2	9.2	0.0	3.4	4.9	0.0	14.6	5.7	14.2	10.8
2000	14.3	14.5	15.0	5.5	3.5	2.8	3.8	14.3	14.9	10.2	12.3	21.2
2001	23.4	21.3	24.7	8.2	8.4	0.0	5.7	3.7	18.7	17.5	7.5	27.6
2002	16.8	13.6	8.8	13.7	0.0	0.0	4.1	0.0	13.8	21.6	17.4	12.4
2003	23.0	14.8	16.7	11.8	6.7	0.0	0.0	7.4	6.4	8.9	20.9	15.8
2004	10.2	29.6	20.7	9.8	13.7	7.6	6.8	8.8	9.4	5.9	10.1	12.6
2005	9.3	21.1	13.1	21.2	11.9	0.0	0.0	17.5	14.6	21.7	9.6	13.6
2006	12.4	17.3	23.6	8.5	0.0	4.4	0.0	15.1	8.3	22.1	11.3	18.5
2007	12.3	9.7	13.6	7.6	0.0	0.0	3.4	0.0	18.8	8.7	19.3	11.2
2008	13.7	16.4	13.6	0.0	2.1	4.6	0.0	0.0	14.6	9.3	9.6	20.2
2009	19.6	11.4	23.4	8.4	8.5	0.0	5.8	16.5	8.6	14.6	11.7	21.4
2010	16.8	11.6	14.8	24.8	0.0	13.5	20.5	4.2	7.8	8.8	11.8	37.9
2011	32.6	30.6	18.0	36.4	8.9	0.0	3.1	7.5	12.1	12.7	9.1	31.2
2012	19.8	56.0	16.7	18.9	9.1	9.8	3.7	3.5	16.4	7.1	9.7	25.7
2013	18.7	21.6	13.1	4.2	8.6	8.6	5.8	0.0	14.9	11.2	6.4	29.2
2014	20.2	32.1	28.5	10.1	8.7	8.2	1.7	3.1	11.5	11.4	16.6	14.6
2015	14.3	19.3	23.7	6.5	4.9	9.3	3.8	5.7	19.7	16.4	14.6	9.5
2016	54.6	17.4	9.2	6.9	16.3	0.0	0.0	0.0	7.6	13.6	7.8	9.8
2017	0.0	S/D	9.6	8.3	3.7	0.0	0.0	2.7	9.1	7.2	7.8	9.1

Nota: S/D =Sin Datos

1 mm= 1 litro/m2

INFORMACION PREPARADA PARA

BACH. MARTIN SEVERO BALTAZAR MIRANDA

FECHA: 20 DE MAYO DEL 2019



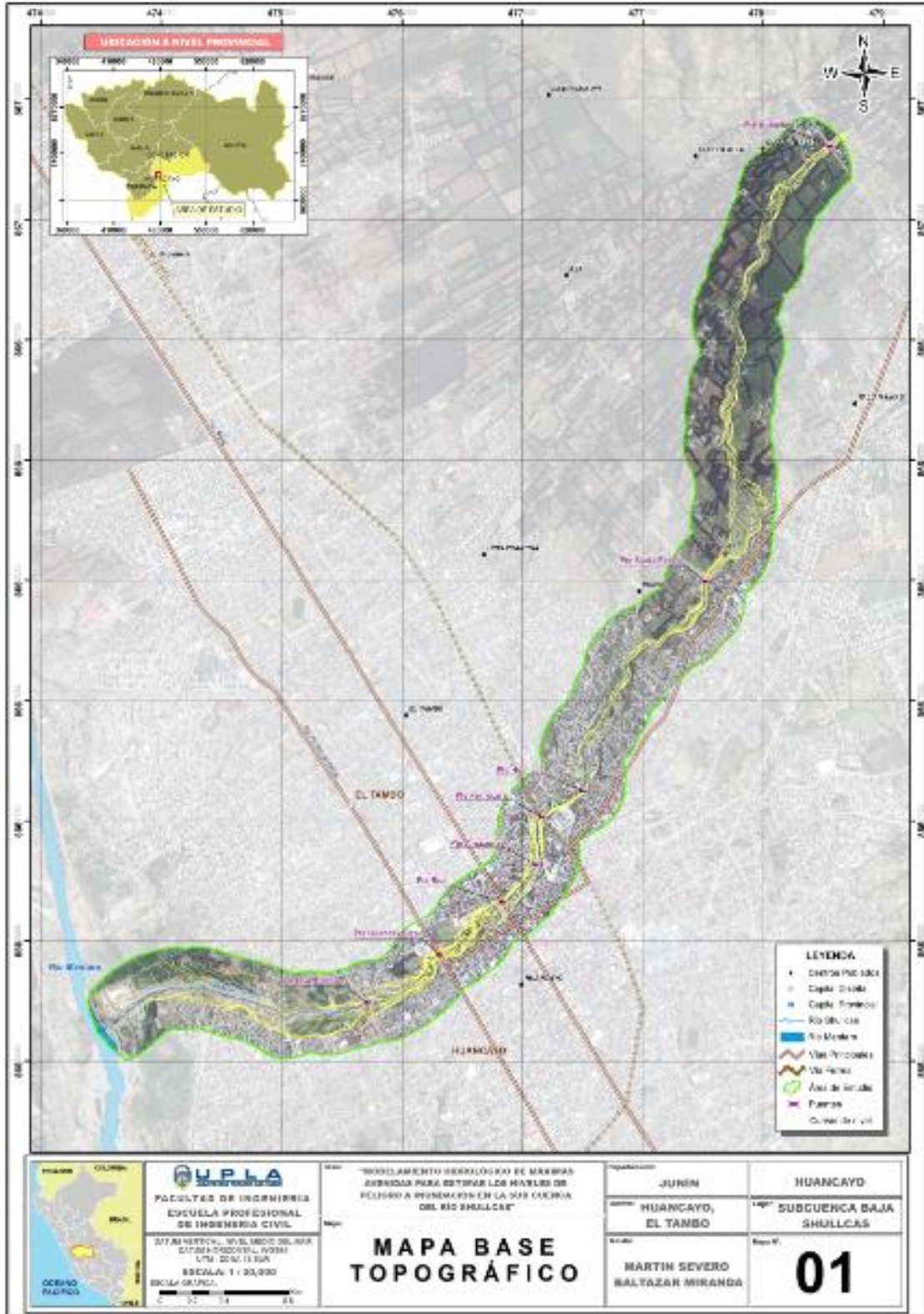
Ing. Adam Ramos Cadillo
ING. ADAM RAMOS CADILLO
CIP N° 46100
DIRECTOR ZONAL 11
SENAMHI - JUNIN

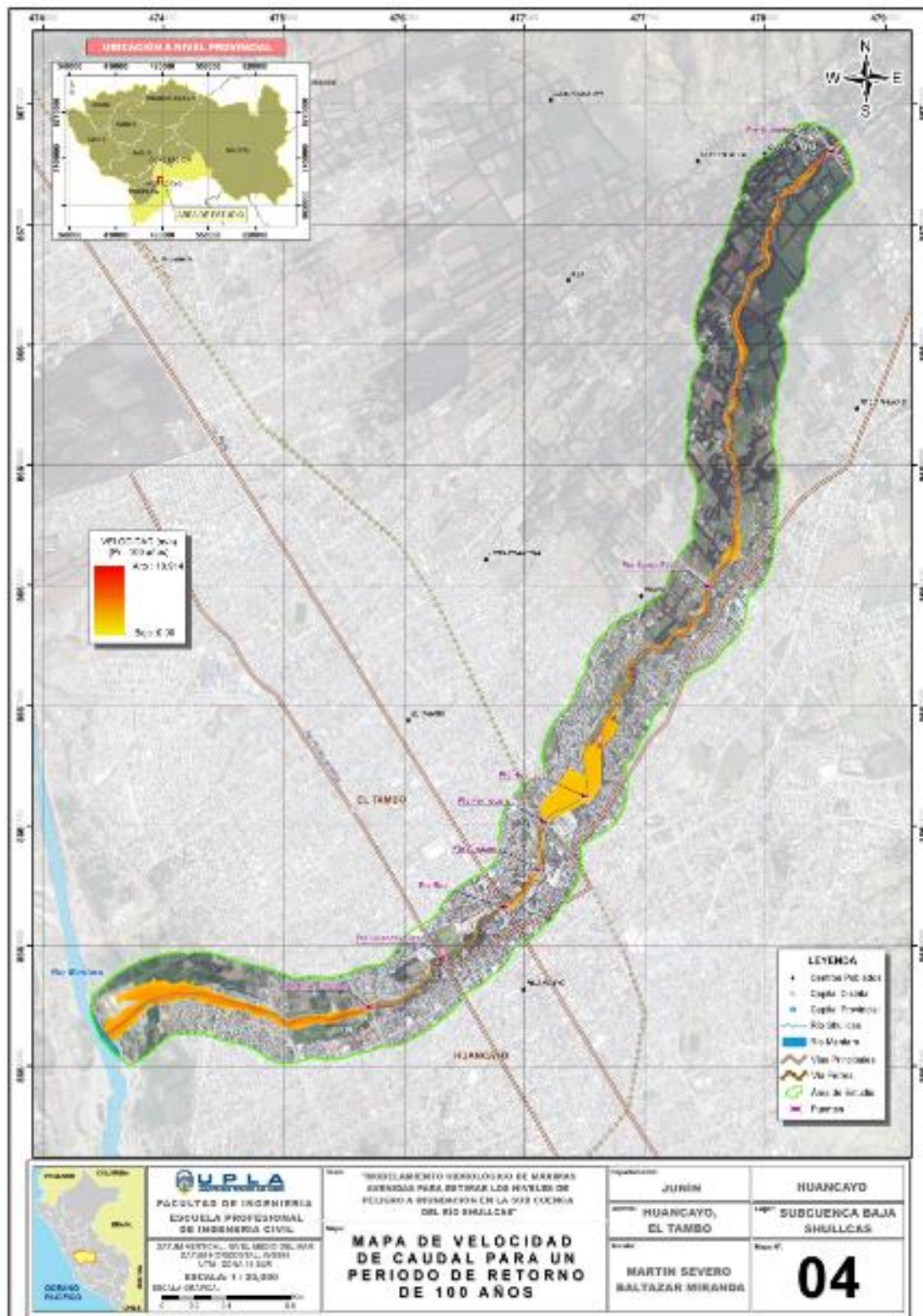


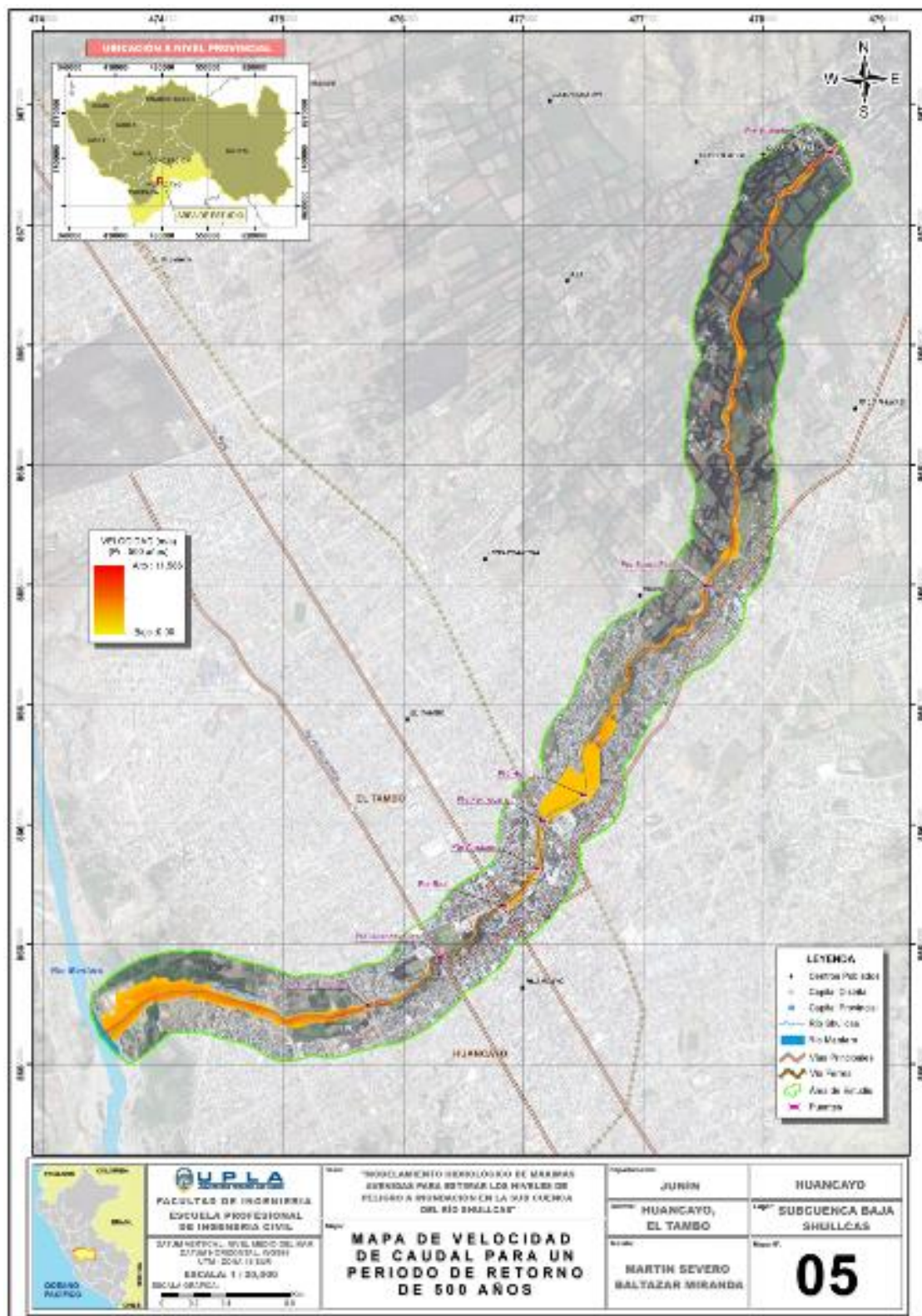
Dirección Zonal SENAMHI - JUNIN
Calle Nemesio Razo N° 203, El Tambo, Huancayo
Tel: 064-248072 RPU 490006803
Email: esatchez@senamhi.gob.pe
www.senamhi.gob.pe

VALIDO SOLO EN ORIGINAL

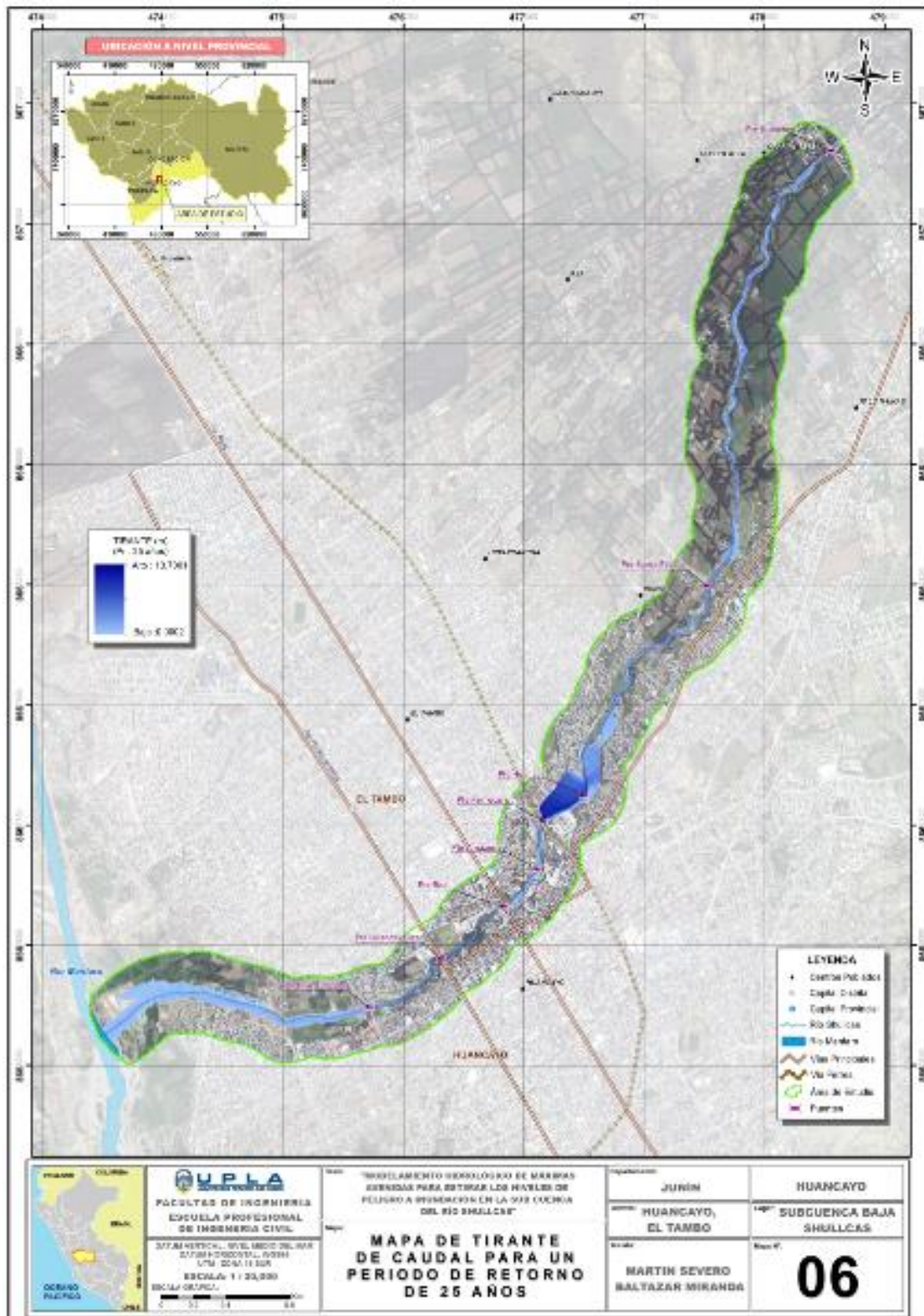
Anexo 3: Mapa base topográfico y relieve

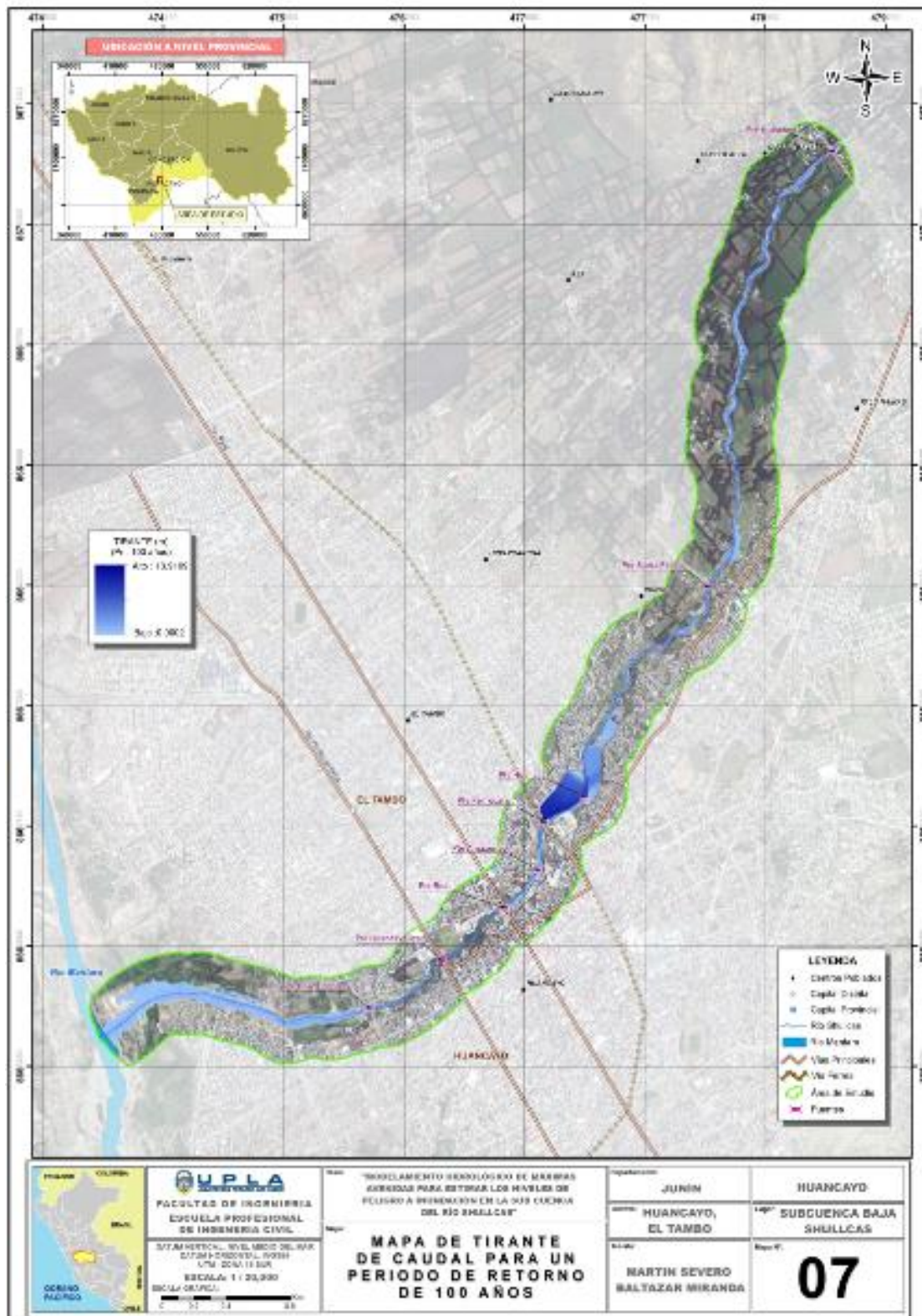


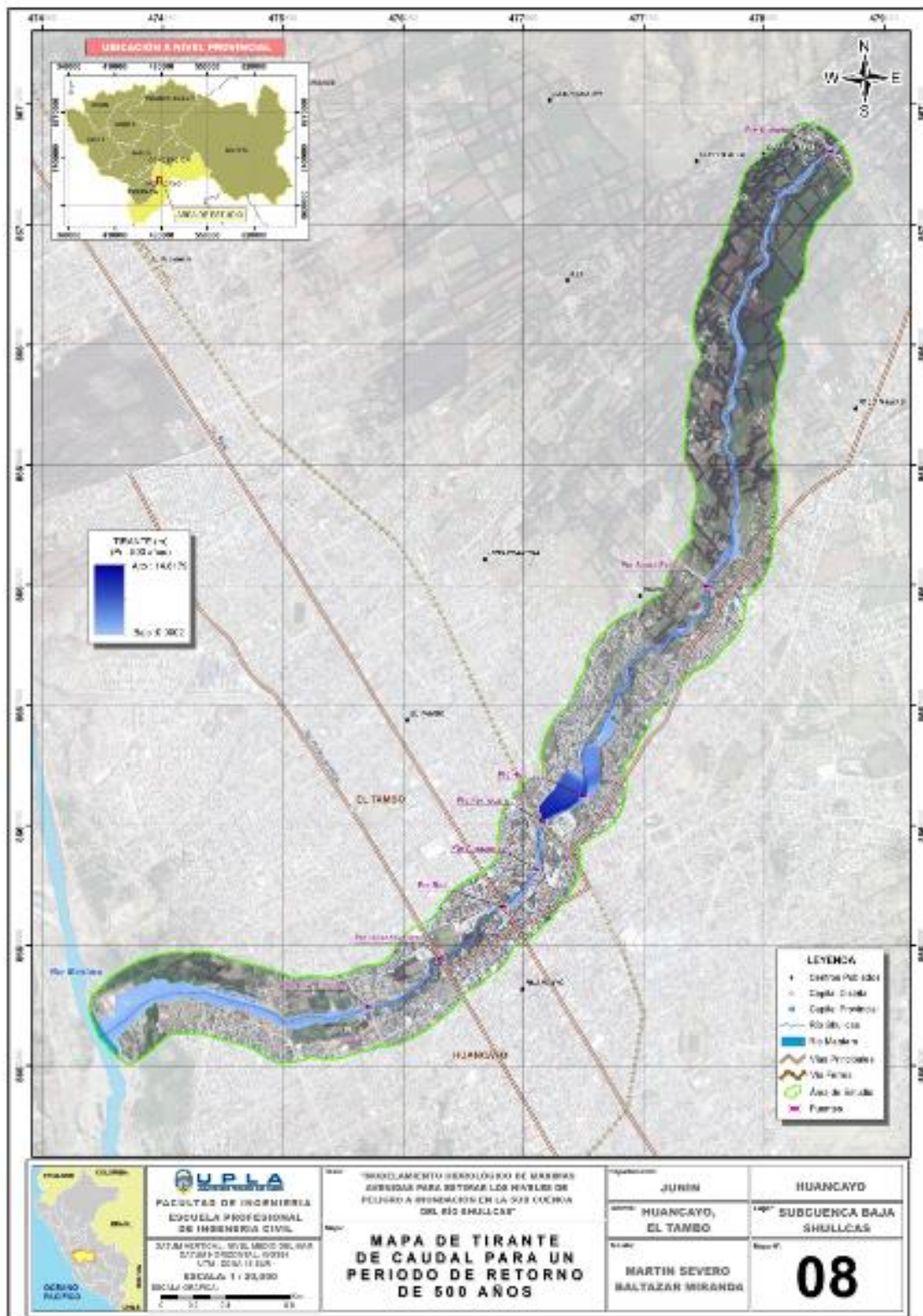




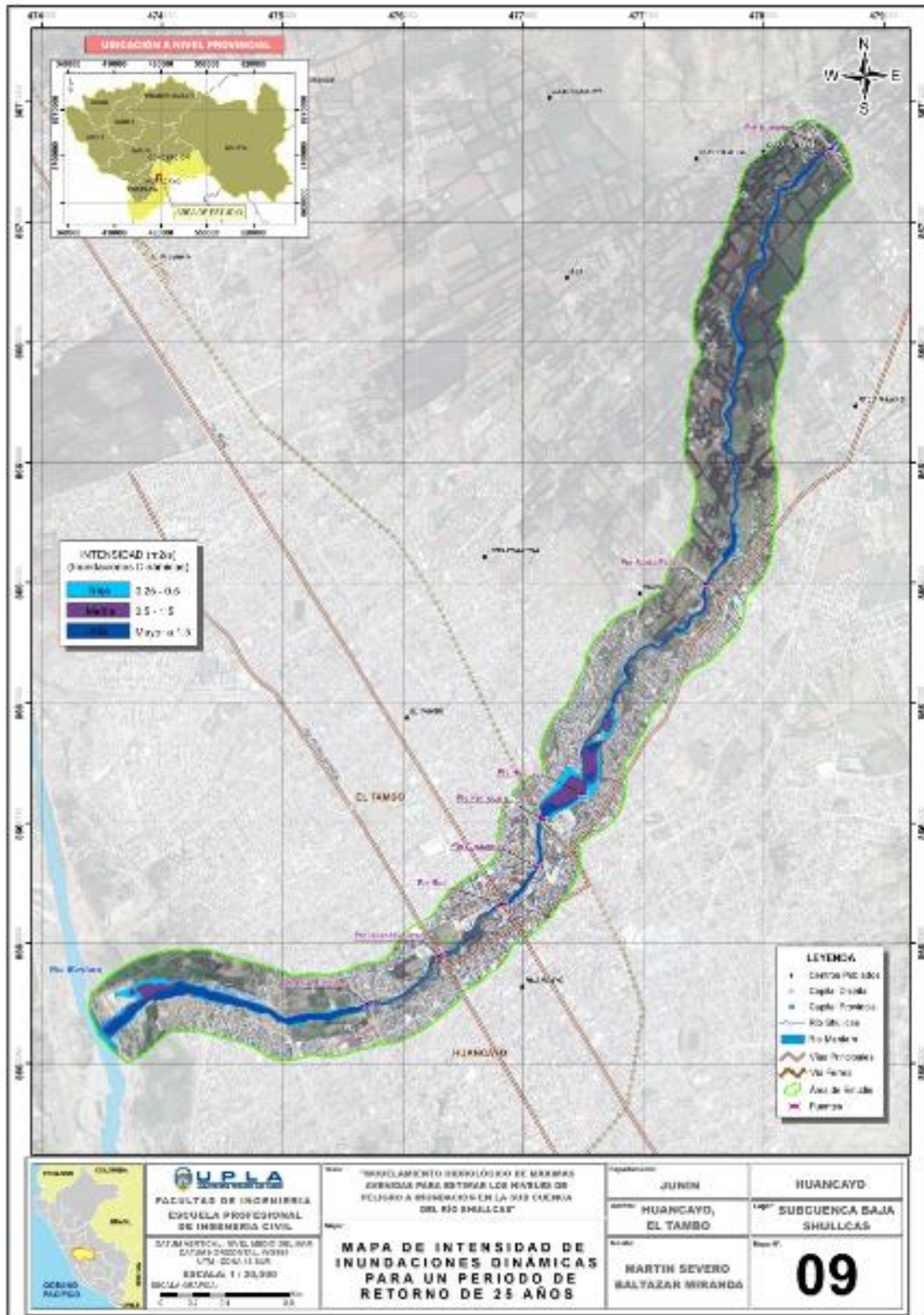
Anexo 6: Mapas de tirantes de caudal para (Tr-25, 100 y 500 años)

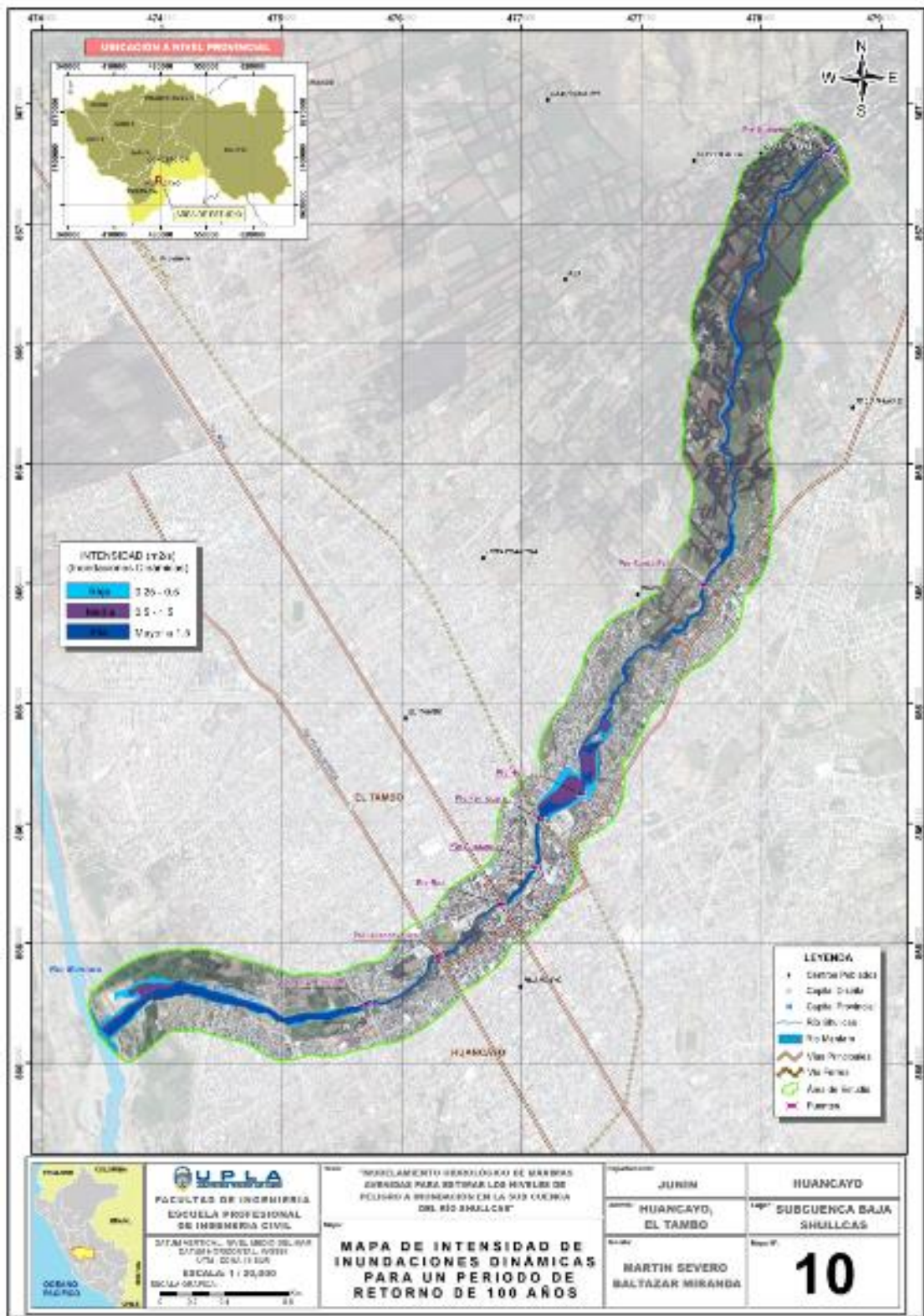


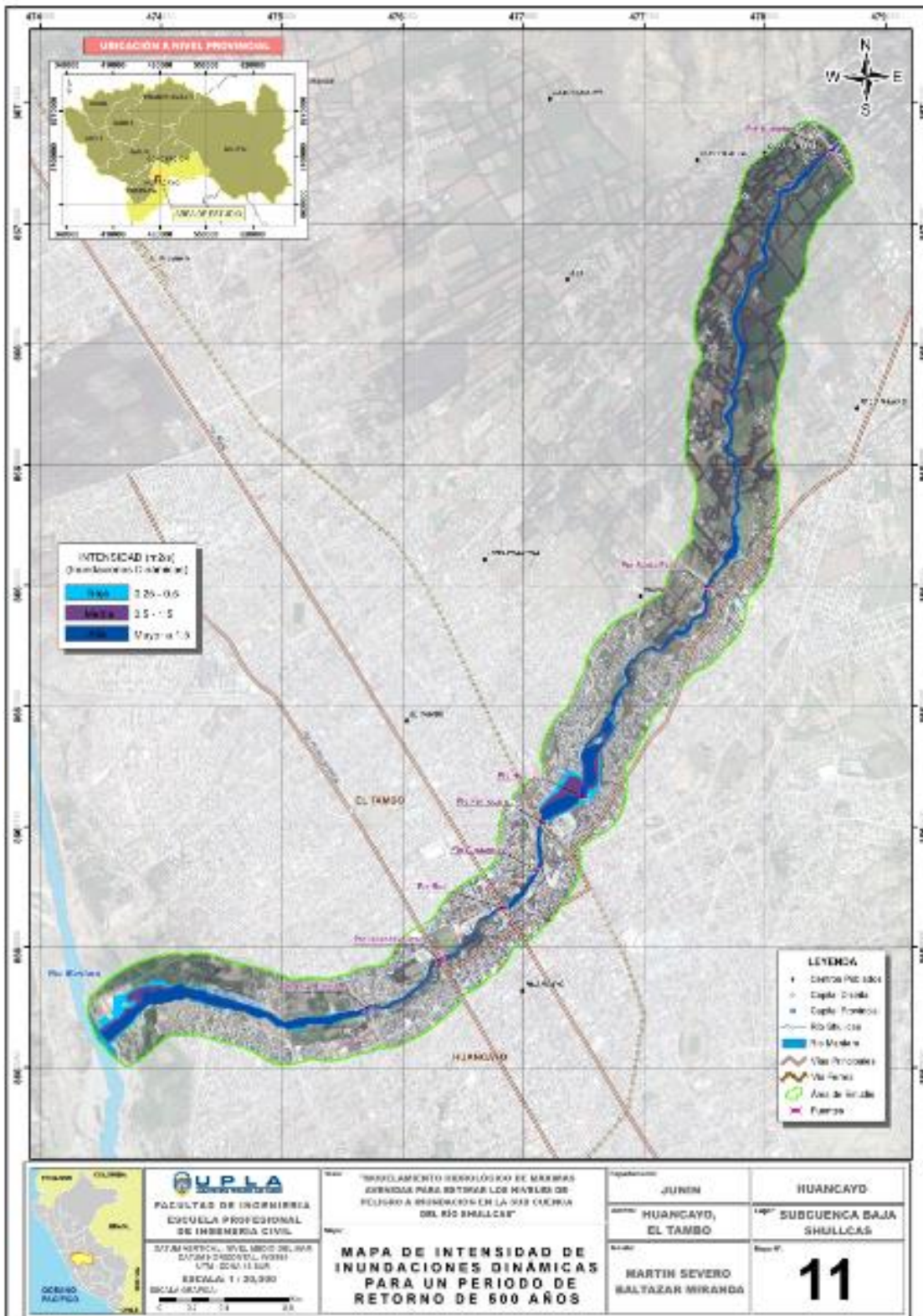




Anexo 7: Mapas de intensidad de inundación para (Tr-25, 100 y 500 años)







Anexo 8: Calibración del Modelo hidrológico

Se calibro el modelo hidrológico en base a los caudales determinados en el estudio realizado por el INDECI y PNUD (2011) “Mapa de peligros, plan de usos del suelo ante desastres y medidas de mitigación de la ciudad de Huancayo”, sus caudales máximos se muestran en la siguiente tabla:

Caudales maximos del Rio Shullcas, segun el metodo regional

Periodo de Retorno (Años)	Río Shullcas en Chamisería (m ³ /s)	Río Shullcas en desembocadura (m ³ /s)
10	70	82
50	119	139
100	140	164
500	189	221
1000	210	246

Nota: Elaborado por el equipo técnico PCS Huancayo (2011)

Estos caudales fueron generados usando ecuaciones del método regional; los cuales utilizan parámetros fisiográficos y meteorológicos en el punto de estudio; lo compararemos con los Hidrogramas de los caudales máximos determinados en esta investigación, para los diferentes periodos de retorno; para luego establecer el grado de relación entre estos valores, mediante el coeficiente de correlacion de Pearson.

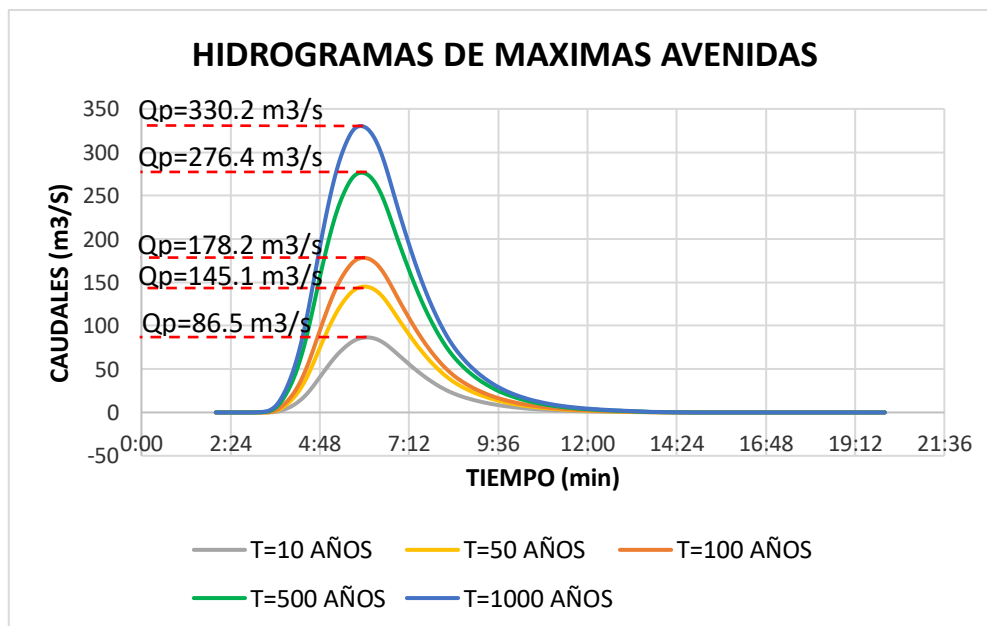


Figura 42 Hidrogramas de máximas avenidas para diferentes periodos de retorno

Se comparó la relación entre los caudales vs el periodo de retorno correspondiente, ajustándose a una línea de tendencia logarítmica, resultando para los caudales determinados por el método regional una correlación igual a 1, mientras para los caudales simulados un valor cercano a 1.

Relación de caudales (m3) vs Periodos de retorno

periodo de retorno (años)	Caudal del Rio Shullcas en la estación Chamicera (m3/s)	Caudal del Rio Shullcas en desembocadura (m3/s)	Caudal máximo de Hidrogramas (simulados) del Rio Shullcas (m3/s)
10	70	82	86.5
50	119	139	145.1
100	140	164	178.2
500	189	221	276.4
1000	210	246	330.2
coeficiente de correlación:	1	1	0.979

Nota: Elaboración propia (2020)

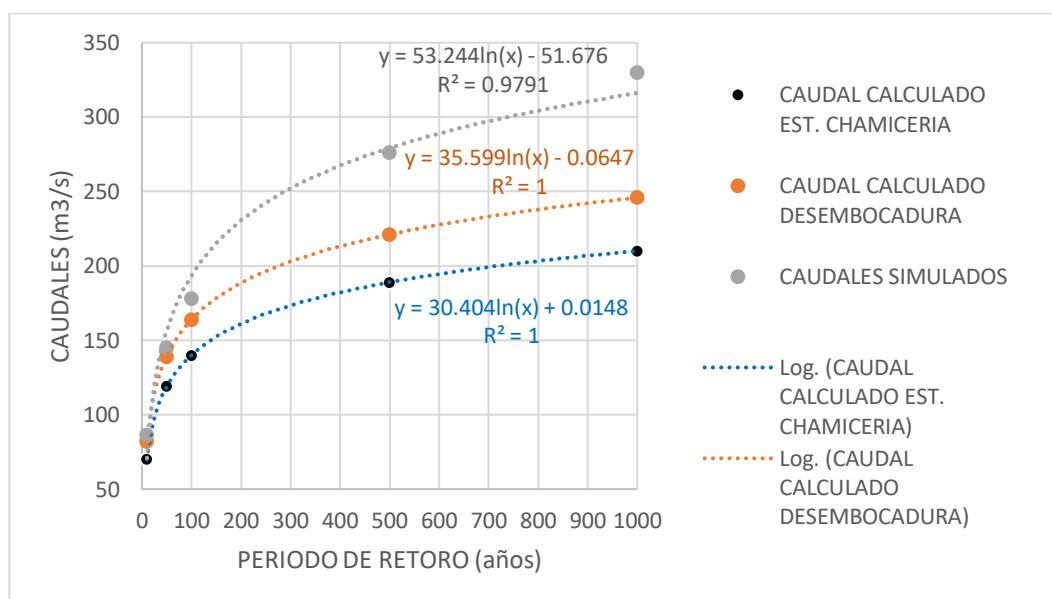


Figura 43 Relación de caudales (m3) vs Periodos de retorno

Se comparó la relación entre los caudales determinados por el método regional tomados en la Estación Chamicera y en la desembocadura al río Mantaro vs los caudales simulados en esta investigación, ajustándose a una línea de tendencia

exponencial, para ambas relaciones su coeficiente de correlación de Pearson es cercano a 1, lo que indica una estrecha relación entre sus variables.

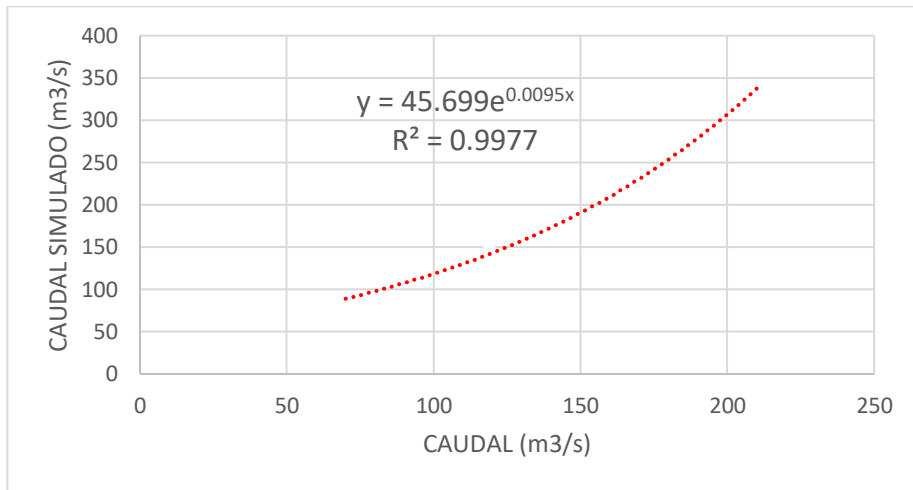


Figura 44 Correlación de Caudales simulados vs Caudales calculados en la Estación Chamiceria

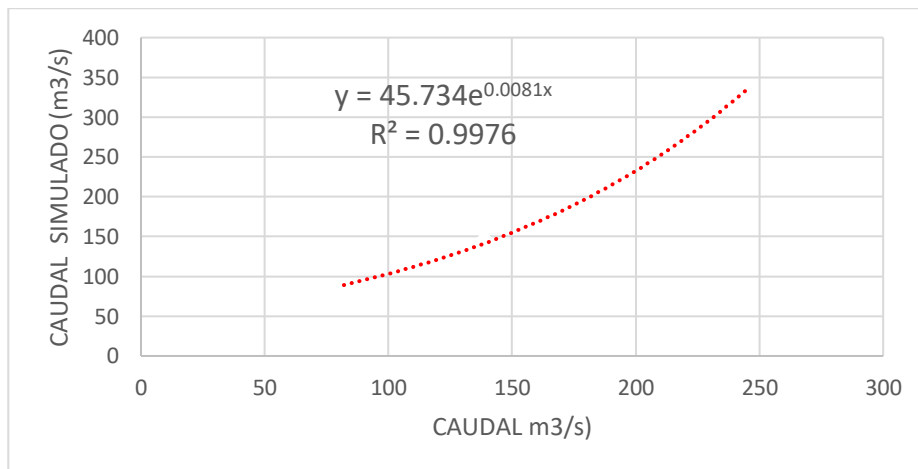


Figura 45 Correlación de Caudales simulados vs Caudales calculados en la dembocadura

Anexo 9: Memorias de cálculo del análisis de la información Hidrológica

a. Análisis estadístico de la información pluviométrica

Se utilizó información meteorológica proporcionada por SENAMHI JUNÍN – ZONA 11, de las estaciones Acopalca, Comas y Viques, data histórica de 20 años (1998-2017), de las precipitaciones máximas en 24 horas.

Estaciones Meteorológicas utilizadas en el estudio

ESTACION PLUVIOMETRICA	UBICACIÓN GEOGRAFICA			UBICACIÓN ESPACIAL		
	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Departamento	Provincia	Distrito
ACOPALCA	11° 55' 38.8" S	75°06' 58.5" W	3839	Junín	Huancayo	Huancayo
COMAS	11° 44' 52.6" S	75°07' 48.4" W	3650	Junín	Concepción	Comas
VIQUES	12° 09' 21.7" S	75°13' 41.9" W	3186	Junín	Huancayo	Viques

Nota: Elaboración propia (2020).

b. Análisis gráfico de las precipitaciones máximas

En los histogramas se muestran la información de la precipitación completa por años, donde de forma gráfica se visualiza que la estación Comas es la estación que tienen la información histórica completa, mientras que la estación Acopalca tiene información faltante en el año 2012 en los meses de (mayo-junio), mientras que para la estación Viques en el año 2017 información faltante para el mes de (febrero).

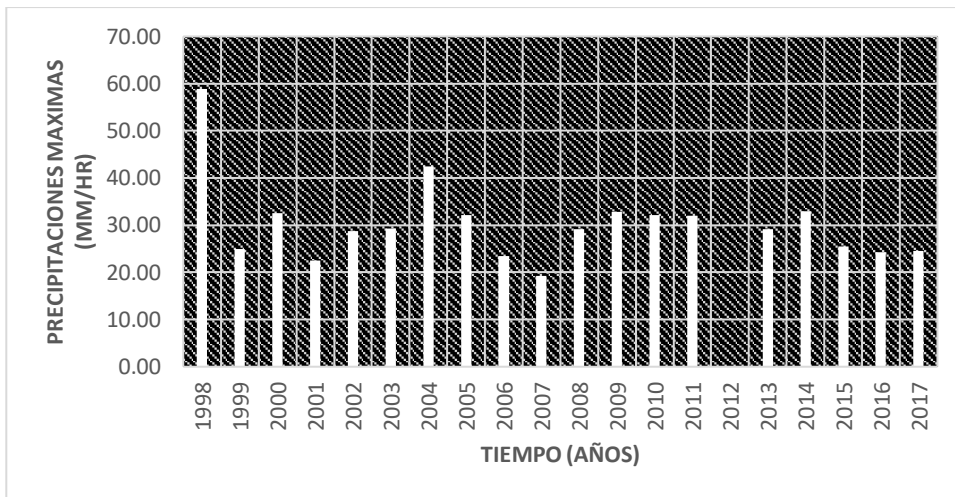


Figura 46 Histograma de la serie histórica de precipitaciones en la Estación Acolpaca

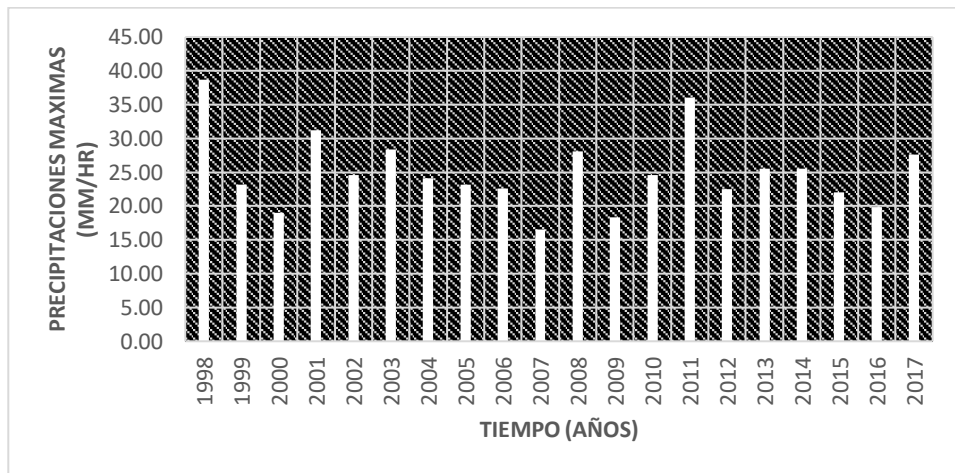


Figura 47 Histograma de la serie histórica de precipitaciones en la Estación Comas

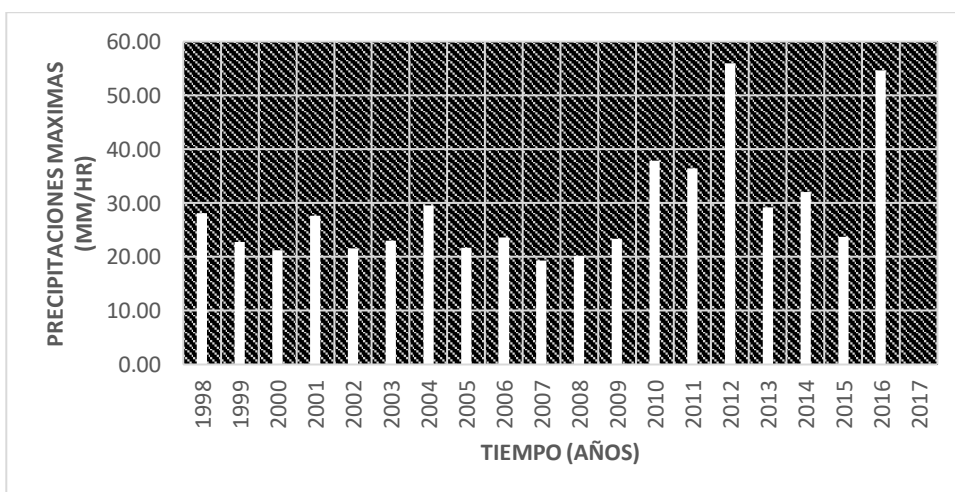


Figura 48 Histograma de la serie histórica de precipitaciones en la Estación Viques

c. *Estimación de datos faltantes*

Para completar los datos faltantes se determinará con el método de los promedios, para ello se eligió la estación índice con datos completos “Estación Comas” se trabaja con el porcentaje de los valores acumulables considerando desde el mes de enero a diciembre tanto para la estación índice “x”, para la estación con datos faltantes “y”, esto para graficar el diagrama de curva masa y establecer si el coeficiente de regresión es lo más cercano a 1, y verificar si existe correlación lineal en los datos. las curvas de doble masa por cada mes tienen trazado la línea de tendencia a un aproximado de 45°, existiendo una correlación lineal, y la ecuación de la curva que representa un coeficiente de regresión significativo cercanos a 1, por lo tanto, se procede a la completación de datos para los meses faltantes.

Relleno de datos faltantes mes de mayo estación Acopalca

COMPLETACION DE DATOS FALTANTES ESTACION ACOPALCA "MES MAYO"						
AÑO	EST.INDICE COMAS (X)	EST. COMPLETAR ACOPALCA (Y)	EST. X ACUMULADO	EST. Y ACUMULADO	EST. X % ACUMULADO	EST. Y % ACUMULADO
1998	4.30	5.40	4.30	5.40	2.8840	3.1840
1999	5.60	6.70	9.90	12.10	6.6398	7.1344
2000	7.50	4.60	17.40	16.70	11.6700	9.8467
2001	9.80	20.40	27.20	37.10	18.2428	21.8750
2002	13.80	3.90	41.00	41.00	27.4983	24.1745
2003	7.20	8.90	48.20	49.90	32.3273	29.4222
2004	6.10	12.90	54.30	62.80	36.4185	37.0283
2005	4.20	7.40	58.50	70.20	39.2354	41.3915
2006	6.00	2.80	64.50	73.00	43.2596	43.0425
2007	7.80	11.30	72.30	84.30	48.4909	49.7052
2008	6.30	7.60	78.60	91.90	52.7163	54.1863
2009	6.10	20.10	84.70	112.00	56.8075	66.0377
2010	6.20	10.50	90.90	122.50	60.9658	72.2288
2011	5.10	9.20	96.00	131.70	64.3863	77.6533
2012	5.60		101.60	131.70	68.1422	77.6533
2013	14.50	5.10	116.10	136.80	77.8672	80.6604
2014	10.10	7.20	126.20	144.00	84.6412	84.9057
2015	9.00	8.70	135.20	152.70	90.6774	90.0354
2016	3.80	8.10	139.00	160.80	93.2260	94.8113
2017	10.10	8.80	149.10	169.60	100	100

COMPLETACION DE DATOS MES MAYO						
calculo de la media aritmética	X med	Y med	r= Y med / Xmed		X	Y= X x r
	7.55	8.93		1.182	Abril	Mayo
					5.60	6.62

Nota: Elaboración propia (2020).

CURVA DE DOBLE MASA EST. ACOPALCA MES DE MAYO

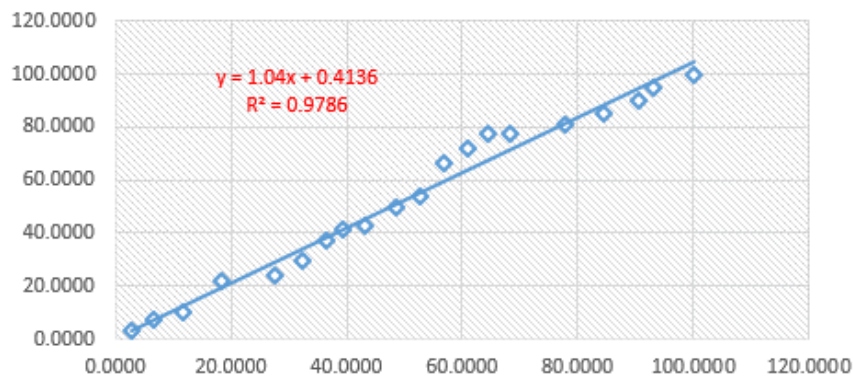


Figura 49 Curva de doble masa para el mes de mayo Estación Acopalca

Relleno de datos faltantes mes de junio estación Acopalca

COMPLETACION DE DATOS FALTANTES ESTACION ACOPALCA "MES JUNIO"						
AÑO	EST.INDICE COMAS (X)	EST. COMPLETA R ACOPALCA (Y)	EST. X ACUMULADO	EST. Y ACUMULADO	EST. X % ACUMULADO	EST. Y % ACUMULADO
1998	6.30	5.60	6.30	5.60	6.3253	5.5500
1999	3.00	16.50	9.30	22.10	9.3373	21.9029
2000	7.70	3.80	17.00	25.90	17.0683	25.6690
2001	1.70	1.20	18.70	27.10	18.7751	26.8583
2002	12.60	2.50	31.30	29.60	31.4257	29.3360
2003	3.50	0.80	34.80	30.40	34.9398	30.1288
2004	8.90	8.50	43.70	38.90	43.8755	38.5530
2005	1.50	0.10	45.20	39.00	45.3815	38.6521
2006	6.10	7.40	51.30	46.40	51.5060	45.9861
2007	1.10	0.10	52.40	46.50	52.6104	46.0852
2008	12.20	8.20	64.60	54.70	64.8594	54.2121
2009	1.70	18.40	66.30	73.10	66.5663	72.4480
2010	3.90	0.50	70.20	73.60	70.4819	72.9435
2011	2.50	1.00	72.70	74.60	72.9920	73.9346
2012	6.30		79.00	74.60	79.3173	73.9346
2013	5.90	4.00	84.90	78.60	85.2410	77.8989
2014	0.50	1.20	85.40	79.80	85.7430	79.0882
2015	3.70	4.10	89.10	83.90	89.4578	83.1516
2016	9.60	15.00	98.70	98.90	99.0964	98.0178
2017	0.90	2.00	99.60	100.90	100	100

COMPLETACION DE DATOS MES JUNIO						
calculo de la media aritmética	X med	Y med	r= Ymed / Xmed	1.081	X	Y= X x r
	4.91	5.31			Abril	Mayo
					6.30	6.81

Nota: Elaboración propia (2020).

CURVA DE DOBLE MASA EST. ACOPALCA MES DE JUNIO

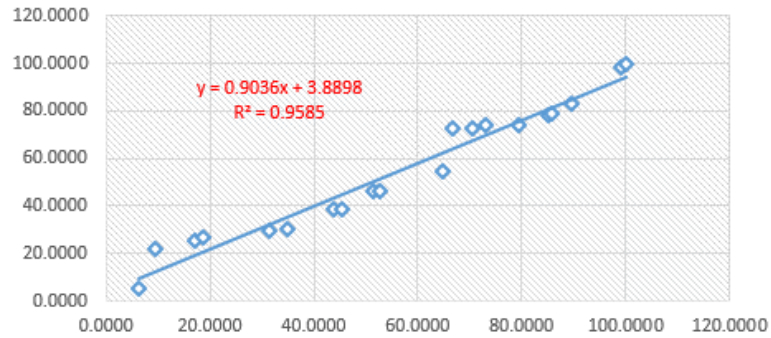


Figura 50 Curva de doble masa para el mes de mayo Estación Acopalca

Relleno de datos faltantes mes de febrero estación Viques

COMPLETACION DE DATOS FALTANTES ESTACION VIQUES "MES FEBRERO"						
AÑO	EST.INDICE COMAS (X)	EST. COMPLETA R VIQUES (Y)	EST. X ACUMULADO	EST. Y ACUMULADO	EST. X % ACUMULADO	EST. Y % ACUMULADO
1998	19.90	28.1	19.90	28.10	5.5125	6.8671
1999	23.20	22.8	43.10	50.90	11.9391	12.4389
2000	18.70	14.5	61.80	65.40	17.1191	15.9824
2001	13.80	21.3	75.60	86.70	20.9418	21.1877
2002	16.70	13.6	92.30	100.30	25.5679	24.5112
2003	22.00	14.8	114.30	115.10	31.6620	28.1281
2004	21.20	29.6	135.50	144.70	37.5346	35.3617
2005	13.40	21.1	148.90	165.80	41.2465	40.5181
2006	22.60	17.3	171.50	183.10	47.5069	44.7458
2007	14.30	9.7	185.80	192.80	51.4681	47.1163
2008	9.80	16.4	195.60	209.20	54.1828	51.1241
2009	14.40	11.4	210.00	220.60	58.1717	53.9101
2010	18.20	11.6	228.20	232.20	63.2133	56.7449
2011	20.30	30.6	248.50	262.80	68.8366	64.2229
2012	16.60	56	265.10	318.80	73.4349	77.9081
2013	18.60	21.6	283.70	340.40	78.5873	83.1867
2014	21.40	32.1	305.10	372.50	84.5152	91.0313
2015	21.90	19.3	327.00	391.80	90.5817	95.7478
2016	17.90	17.4	344.90	409.20	95.5402	100.0000
2017	16.10		361.00	409.20	100	100
COMPLETACION DE DATOS MES FEBRERO						
calculo de la media aritmética	X med	Y med	r= Ymed / Xmed	1.186	X	Y= X x r
	18.15	21.54			Abril	Mayo
					16.10	19.10

Nota: Elaboración propia (2020).

CURVA DE MASA ESTACION VIQUES MES DE FEBRERO

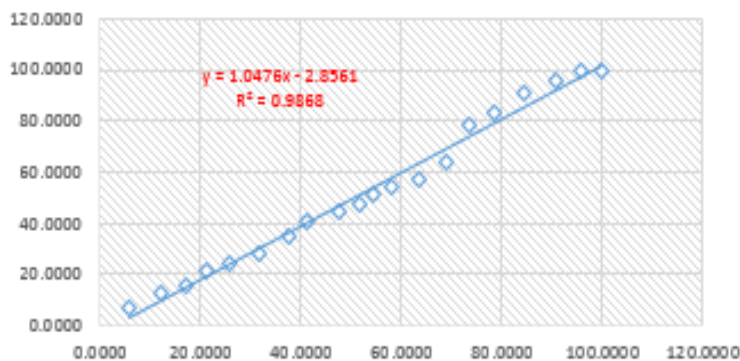


Figura 51 Curva de doble masa para el mes de Febrero Estación Viques

Estación Acopalca con datos completos

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Juni o	Julio	Agosto	Septie mbre	Octubr e	Novie mbre	Dicie mbre
1998	25.60	58.90	17.50	18.40	5.40	5.60	0.00	2.60	7.30	31.00	15.40	24.20
1999	13.70	19.10	24.90	7.30	6.70	16.50	9.70	0.20	12.30	17.80	19.10	19.20
2000	26.70	18.00	32.60	17.30	4.60	3.80	2.00	8.10	12.30	9.10	5.70	30.20
2001	22.50	16.40	20.40	10.40	20.40	1.20	4.70	1.80	6.30	7.00	10.60	11.20
2002	9.30	21.40	16.90	12.80	3.90	2.50	12.80	5.60	8.60	11.70	15.20	28.70
2003	23.30	21.00	21.70	13.80	8.90	0.80	1.20	16.10	21.80	28.60	21.40	29.30
2004	7.60	34.80	21.00	9.30	12.90	8.50	8.10	7.30	13.90	18.80	19.50	42.40
2005	16.00	32.20	18.00	5.70	7.40	0.10	0.20	4.20	9.10	18.00	15.00	12.50
2006	23.50	19.50	17.10	13.20	2.80	7.40	0.00	5.20	9.10	12.70	14.50	19.60
2007	18.50	19.20	14.20	9.20	11.30	0.10	12.10	8.40	17.20	17.60	13.70	14.50
2008	16.30	16.00	9.80	9.80	7.60	8.20	0.00	6.60	6.80	22.00	19.40	29.10
2009	18.40	27.30	32.80	17.40	20.10	18.40	3.80	18.50	17.50	28.60	16.70	17.30
2010	32.10	27.00	14.50	7.40	10.50	0.50	5.00	2.40	3.60	12.40	9.60	25.00
2011	21.20	18.10	32.00	18.60	9.20	1.00	5.60	1.20	15.60	16.00	15.60	16.20
2012	18.80	33.20	14.10	14.70	6.62	6.81	23.00	22.00	21.10	17.00	9.80	24.10
2013	21.90	16.60	12.40	11.90	5.10	4.00	7.20	11.30	29.20	22.00	27.40	17.50
2014	21.90	14.90	33.00	15.00	7.20	1.20	3.00	3.00	15.50	14.40	19.00	20.80
2015	25.20	24.60	14.30	12.60	8.70	4.10	6.00	5.30	25.20	25.50	20.10	17.60
2016	14.70	21.80	15.00	14.70	8.10	15.00	1.40	7.90	15.80	24.20	18.00	17.60
2017	16.20	18.00	24.60	16.40	8.80	2.00	4.20	6.40	13.00	24.60	20.50	20.00

Nota: Elaboración propia (2020).

Estación Viques con datos completos

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	19.2	28.1	8.6	9.5	0	2.7	0	3.8	4.5	18.2	18.6	12.7
1999	11.3	22.8	11.2	9.2	0	3.4	4.9	0	14.6	5.7	14.2	10.8
2000	14.3	14.5	15	5.5	3.5	2.8	3.8	14.3	14.9	10.2	12.3	21.2
2001	23.4	21.3	24.7	8.2	8.4	0	5.7	3.7	18.7	17.5	7.5	27.6
2002	16.8	13.6	8.8	13.7	0	0	4.1	0	13.8	21.6	17.4	12.4
2003	23	14.8	16.7	11.8	6.7	0	0	7.4	6.4	8.9	20.9	15.8
2004	10.2	29.6	20.7	9.8	13.7	7.6	6.8	8.8	9.4	5.9	10.1	12.6
2005	9.3	21.1	13.1	21.2	11.9	0	0	17.5	14.6	21.7	9.6	13.6
2006	12.4	17.3	23.6	8.5	0	4.4	0	15.1	8.3	22.1	11.3	18.5
2007	12.3	9.7	13.6	7.6	0	0	3.4	0	18.8	8.7	19.3	11.2
2008	13.7	16.4	13.6	0	2.1	4.6	0	0	14.6	9.3	9.6	20.2
2009	19.6	11.4	23.4	8.4	8.5	0	5.8	16.5	8.6	14.6	11.7	21.4
2010	16.8	11.6	14.8	24.8	0	13.5	20.5	4.2	7.8	8.8	11.8	37.9
2011	32.6	30.6	18	36.4	8.9	0	3.1	7.5	12.1	12.7	9.1	31.2
2012	19.8	56	16.7	18.9	9.1	9.8	3.7	3.5	16.4	7.1	9.7	25.7
2013	18.7	21.6	13.1	4.2	8.6	8.6	5.8	0	14.9	11.2	6.4	29.2
2014	20.2	32.1	28.5	10.1	8.7	8.2	1.7	3.1	11.5	11.4	16.6	14.6
2015	14.3	19.3	23.7	6.5	4.9	9.3	3.8	5.7	19.7	16.4	14.6	9.5
2016	54.6	17.4	9.2	6.9	16.3	0	0	0	7.6	13.6	7.8	9.8
2017	0	19.1	9.6	8.3	3.7	0	0	2.7	9.1	7.2	7.8	9.1

Nota: Elaboración propia (2020).

d. Representación gráfica de la serie histórica completa de precipitaciones máximas en 24 horas

La evaluación grafica de la serie histórica representada en el eje de las ordenadas la precipitación (mm) y en el eje abscisas el tiempo (años-meses). Donde se muestran los picos más altos en los meses húmedos (diciembre-marzo)

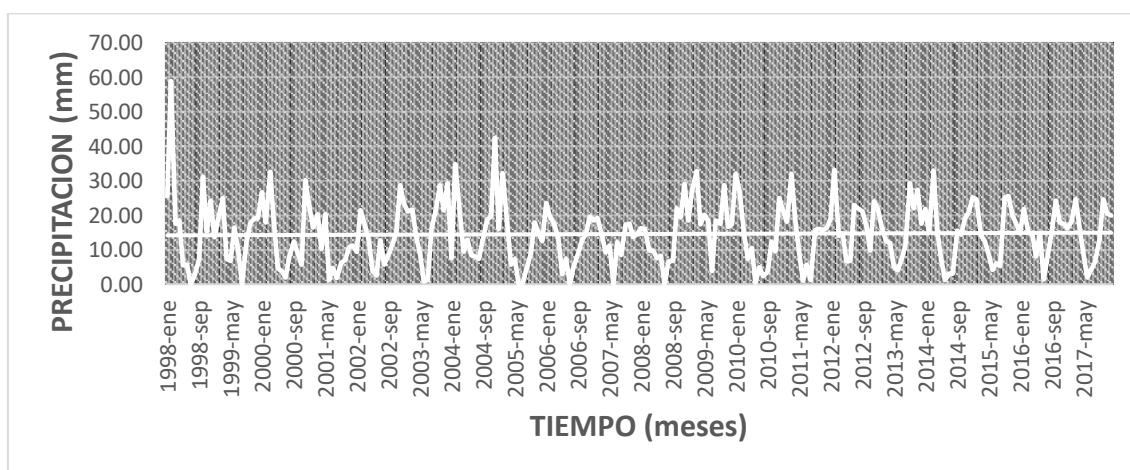


Figura 52 Gráfico de la serie histórica de precipitación en Estación Acopalca

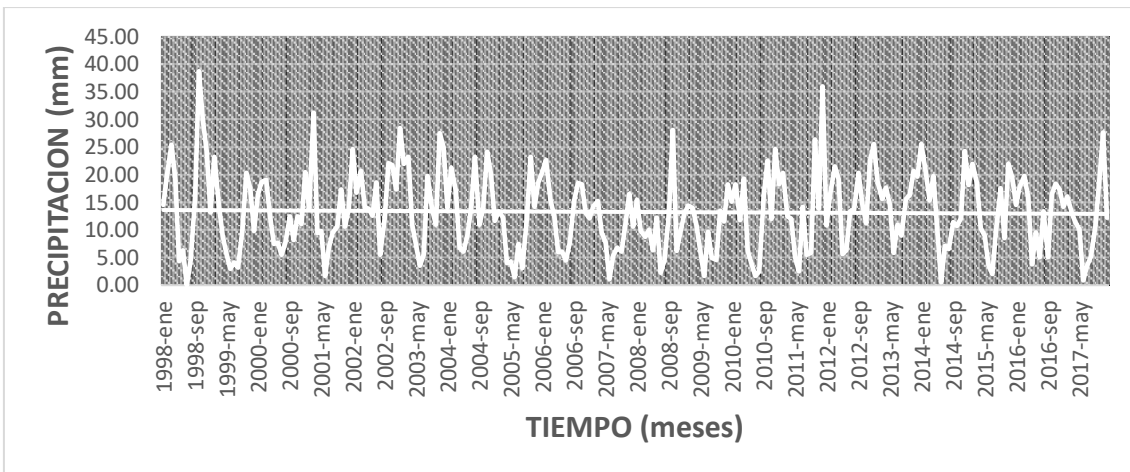


Figura 53 Gráfico de la serie histórica de precipitación en Estación Comas

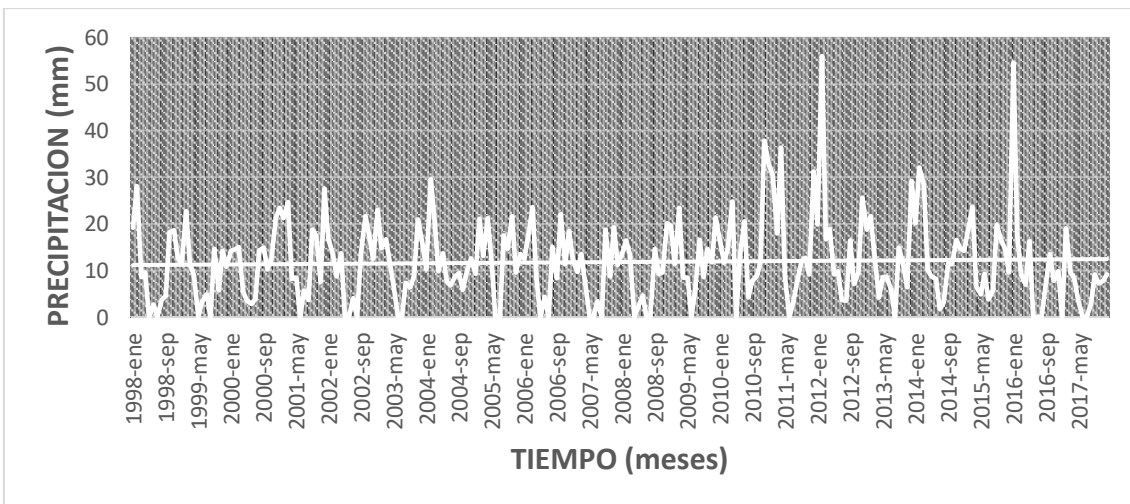


Figura 54 Gráfico de la serie histórica de precipitación en Estación Viques

e. Elección de la estación base a utilizar:

Para elegir la estación base a utilizar, se realizara el análisis de consistencia de la data histórica de las precipitaciones máximas de las 24 horas, correspondiente a las tres estaciones, para validar la información se realizara de manera gráfica, así mismo el indicativo del grado de correlación lineal nos dará el coeficiente de correlación de Pearson y sus valores se encuentra en el rango de $0 \ll r_{xy} \ll 1$, valores más próximos a la unidad indica que el grado de correlación es mayor.

Precipitaciones máximas acumuladas de las estaciones en estudio

TIEMPO (AÑOS)	ESTACION ACOPALCA		ESTACION COMAS		ESTACION VIQUES		ESTACION PROMEDIO	
	PP ANUAL	PP ACUMULADA	PP ANUAL	PP ACUMULADA	PP ANUAL	PP ACUMULADA	PP ANUAL	PP ACUMULADA
1998	211.90	211.90	203.00	203.00	125.90	125.90	180.27	180.27
1999	166.50	378.40	133.60	336.60	108.10	234.00	136.07	316.33
2000	170.40	548.80	139.20	475.80	132.30	366.30	147.30	463.63
2001	132.90	681.70	155.20	631.00	166.70	533.00	151.60	615.23
2002	149.40	831.10	199.80	830.80	122.20	655.20	157.13	772.37
2003	207.90	1039.00	197.60	1028.40	132.40	787.60	179.30	951.67
2004	204.10	1243.10	180.70	1209.10	145.20	932.80	176.67	1128.33
2005	138.40	1381.50	125.60	1334.70	153.60	1086.40	139.20	1267.53
2006	144.60	1526.10	160.10	1494.80	141.50	1227.90	148.73	1416.27
2007	156.00	1682.10	116.40	1611.20	104.60	1332.50	125.67	1541.93
2008	151.60	1833.70	126.60	1737.80	104.10	1436.60	127.43	1669.37
2009	236.80	2070.50	122.40	1860.20	149.90	1586.50	169.70	1839.07
2010	150.00	2220.50	154.10	2014.30	172.50	1759.00	158.87	1997.93
2011	170.30	2390.80	172.40	2186.70	202.20	1961.20	181.63	2179.57
2012	214.12	2604.92	175.70	2362.40	196.40	2157.60	195.41	2374.97
2013	186.50	2791.42	189.90	2552.30	142.30	2299.90	172.90	2547.87
2014	168.90	2960.32	164.90	2717.20	166.70	2466.60	166.83	2714.71
2015	189.20	3149.52	161.20	2878.40	147.70	2614.30	166.03	2880.74
2016	174.20	3323.72	157.20	3035.60	143.20	2757.50	158.20	3038.94
2017	174.70	3498.42	143.80	3179.40	77.19	2834.69	131.90	3170.84

Nota: Elaboración propia (2020).

ESTACION ACOPALCA

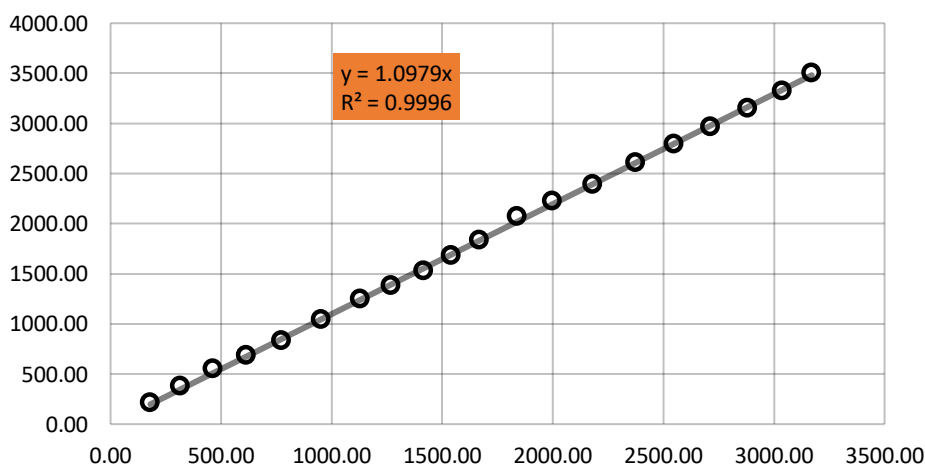


Figura 55 Curva de doble masa de la Estación ACOPALCA vs estación promedio

ESTACION COMAS

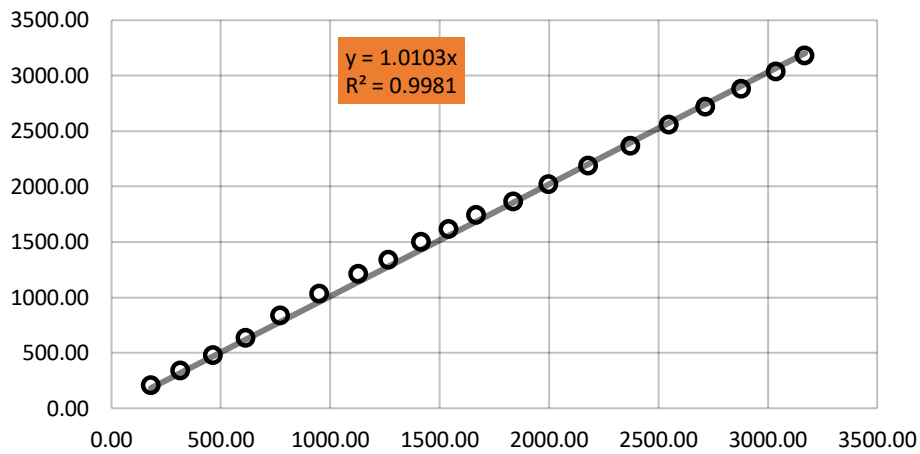


Figura 56 Curva de doble masa de la Estación Comas vs estación promedio

ESTACION VIQUES

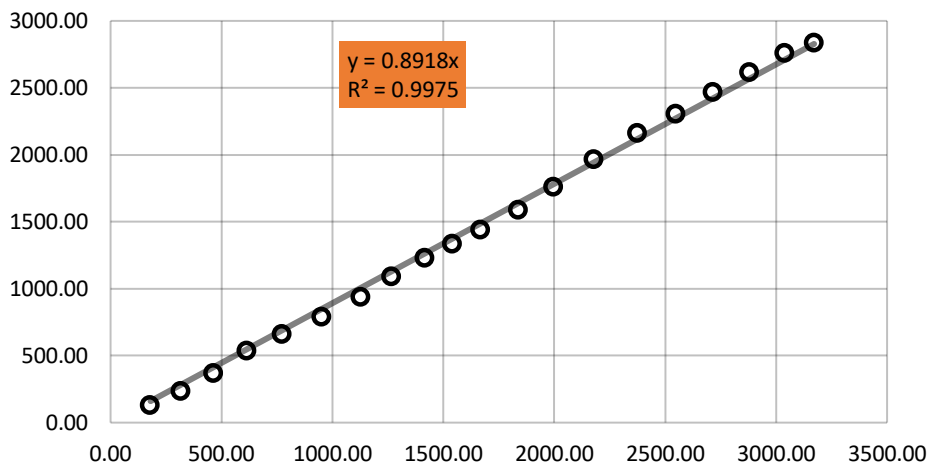


Figura 57 Curva de doble masa de la Estación VIQUES vs estación promedio

f. Análisis de doble masa de las estaciones de estudio

Este método evalúa las inconsistencias de la data, en el eje “y” van los valores acumulados de la estación en estudio y en el eje “x” los valores acumulados de un modelo, que reside en el promedio de varias estaciones índice.

Para la evaluación visual se ploteo por cada estación de estudios las precipitaciones acumuladas(mm) vs tiempo (años)

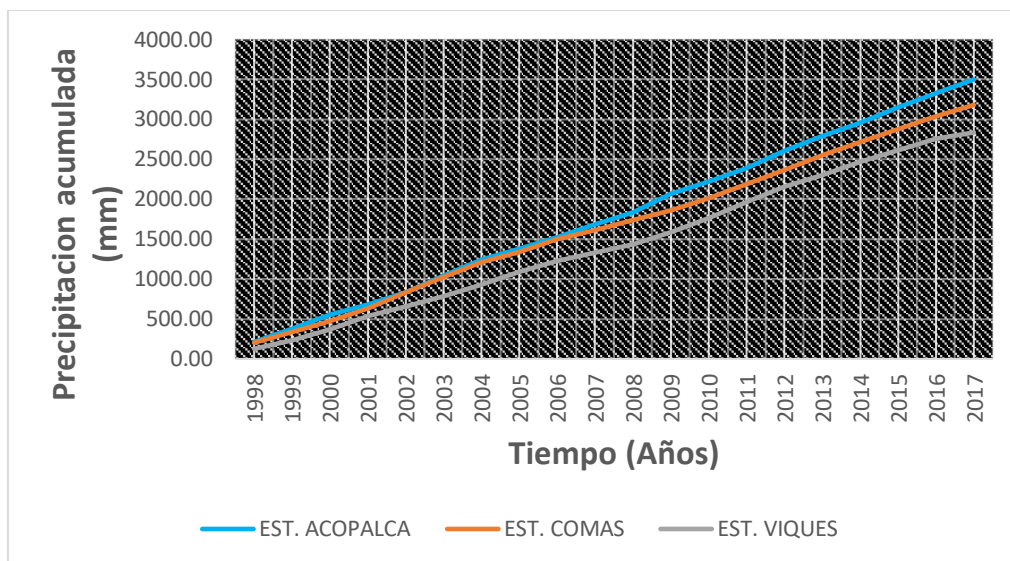


Figura 58 Precipitación acumulada (mm) vs tiempo (años)

Anexo 10: Memoria de cálculo de los Hietogramas de la precipitación total y precipitación efectiva (abstracciones) para diferentes periodos de retorno

En base a las curvas IDF, se construye el Hietograma donde muestra el patrón de lluvia crítica y se utiliza para simular caudales extraordinarios.

Determinación del volumen total de precipitación para un $Tr=25$ años

Duración (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)
5	47.24	3.94	3.94	47.24	0.27
10	32.49	5.41	1.48	17.74	0.28
15	26.10	6.52	1.11	13.32	0.29
20	22.34	7.45	0.92	11.08	0.30
25	19.81	8.25	0.81	9.66	0.31
30	17.95	8.98	0.72	8.66	0.32
35	16.52	9.63	0.66	7.91	0.34
40	15.37	10.24	0.61	7.32	0.35
45	14.42	10.82	0.57	6.84	0.37
50	13.62	11.35	0.54	6.44	0.40
55	12.94	11.86	0.51	6.11	0.43
60	12.35	12.35	0.48	5.81	0.46
65	11.82	12.81	0.46	5.56	0.51
70	11.36	13.25	0.44	5.33	0.57
75	10.94	13.68	0.43	5.13	0.66
80	10.57	14.09	0.41	4.95	0.81
85	10.23	14.49	0.40	4.78	1.11
90	9.92	14.88	0.39	4.63	3.94
95	9.63	15.25	0.37	4.50	1.48
100	9.37	15.62	0.36	4.37	0.92
105	9.13	15.97	0.35	4.25	0.72
110	8.90	16.32	0.35	4.14	0.61
115	8.69	16.65	0.34	4.04	0.54
120	8.49	16.98	0.33	3.95	0.48
125	8.31	17.30	0.32	3.86	0.44
130	8.13	17.62	0.32	3.78	0.41
135	7.97	17.93	0.31	3.70	0.39
140	7.81	18.23	0.30	3.63	0.36
145	7.67	18.53	0.30	3.56	0.35
150	7.53	18.82	0.29	3.49	0.33
155	7.39	19.10	0.29	3.43	0.32
160	7.27	19.38	0.28	3.37	0.30
165	7.15	19.66	0.28	3.32	0.29
170	7.03	19.93	0.27	3.26	0.28
175	6.93	20.20	0.27	3.21	0.27
180	6.82	20.46	0.26	3.16	0.26
TOTAL VOLUMEN DE PRECIPITACION (mm)					20.47

Nota: Elaboración propia (2020).

Determinación del volumen total de precipitación para un $Tr=100$ años

Duración (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)
----------------	-------------------	------------------------------	--------------------	---------------------------	------------------------------

5	58.10	4.84	4.84	58.10	0.33
10	39.96	6.66	1.82	21.82	0.34
15	32.10	8.03	1.37	16.39	0.35
20	27.48	9.16	1.14	13.62	0.36
25	24.36	10.15	0.99	11.88	0.38
30	22.08	11.04	0.89	10.66	0.40
35	20.31	11.85	0.81	9.73	0.41
40	18.90	12.60	0.75	9.01	0.44
45	17.74	13.30	0.70	8.42	0.46
50	16.75	13.96	0.66	7.93	0.49
55	15.91	14.59	0.63	7.51	0.53
60	15.18	15.18	0.60	7.15	0.57
65	14.54	15.75	0.57	6.83	0.63
70	13.97	16.30	0.55	6.56	0.70
75	13.46	16.83	0.53	6.31	0.81
80	13.00	17.33	0.51	6.08	0.99
85	12.58	17.82	0.49	5.88	1.37
90	12.20	18.30	0.47	5.70	4.84
95	11.85	18.76	0.46	5.53	1.82
100	11.52	19.21	0.45	5.37	1.14
105	11.22	19.64	0.44	5.23	0.89
110	10.95	20.07	0.42	5.10	0.75
115	10.69	20.48	0.41	4.97	0.66
120	10.44	20.89	0.40	4.86	0.60
125	10.22	21.28	0.40	4.75	0.55
130	10.00	21.67	0.39	4.65	0.51
135	9.80	22.05	0.38	4.55	0.47
140	9.61	22.42	0.37	4.46	0.45
145	9.43	22.79	0.36	4.38	0.42
150	9.26	23.14	0.36	4.30	0.40
155	9.09	23.50	0.35	4.22	0.39
160	8.94	23.84	0.35	4.15	0.37
165	8.79	24.18	0.34	4.08	0.36
170	8.65	24.52	0.33	4.01	0.35
175	8.52	24.84	0.33	3.95	0.33
180	8.39	25.17	0.32	3.89	0.32
TOTAL VOLUMEN DE PRECIPITACION (mm)					25.18

Nota: Elaboración propia (2020).

Determinación del volumen total de precipitación para un $Tr=500$ años

Duración (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)
5	73.88	6.16	6.16	73.88	0.42
10	50.81	8.47	2.31	27.74	0.43
15	40.82	10.20	1.74	20.84	0.45
20	34.94	11.65	1.44	17.33	0.46
25	30.98	12.91	1.26	15.11	0.48
30	28.07	14.04	1.13	13.55	0.50
35	25.83	15.07	1.03	12.38	0.53
40	24.03	16.02	0.95	11.45	0.55
45	22.55	16.91	0.89	10.70	0.59
50	21.31	17.75	0.84	10.08	0.62
55	20.24	18.55	0.80	9.55	0.67
60	19.31	19.31	0.76	9.09	0.72
65	18.49	20.03	0.72	8.69	0.80
70	17.77	20.73	0.69	8.34	0.89
75	17.12	21.39	0.67	8.02	1.03
80	16.53	22.04	0.64	7.74	1.26
85	16.00	22.66	0.62	7.48	1.74

90	15.51	23.27	0.60	7.24	6.16
95	15.06	23.85	0.59	7.03	2.31
100	14.65	24.42	0.57	6.83	1.44
105	14.27	24.98	0.55	6.65	1.13
110	13.92	25.52	0.54	6.48	0.95
115	13.59	26.04	0.53	6.33	0.84
120	13.28	26.56	0.51	6.18	0.76
125	12.99	27.06	0.50	6.04	0.69
130	12.72	27.55	0.49	5.91	0.64
135	12.46	28.04	0.48	5.79	0.60
140	12.22	28.51	0.47	5.68	0.57
145	11.99	28.97	0.46	5.57	0.54
150	11.77	29.43	0.46	5.46	0.51
155	11.57	29.88	0.45	5.37	0.49
160	11.37	30.32	0.44	5.27	0.47
165	11.18	30.75	0.43	5.19	0.46
170	11.00	31.17	0.43	5.10	0.44
175	10.83	31.59	0.42	5.02	0.43
180	10.67	32.00	0.41	4.94	0.41
TOTAL VOLUMEN DE PRECIPITACION (mm)					31.98

Nota: Elaboración propia (2020).

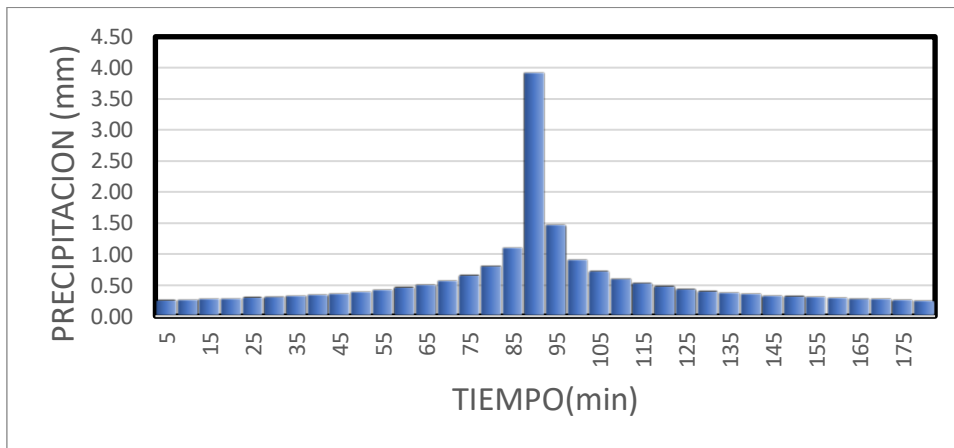


Figura 59 Hietograma de precipitación total para un Tr= 25 años

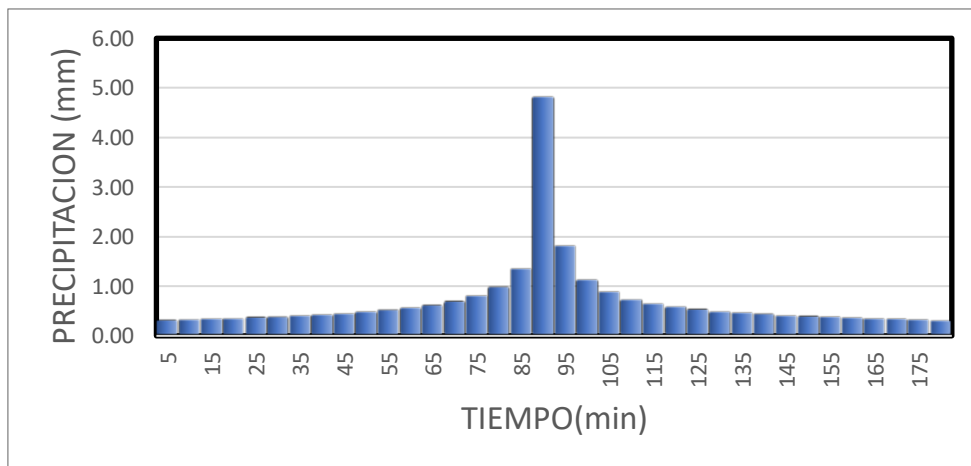


Figura 60 Hietograma de precipitación total para un Tr= 100 años

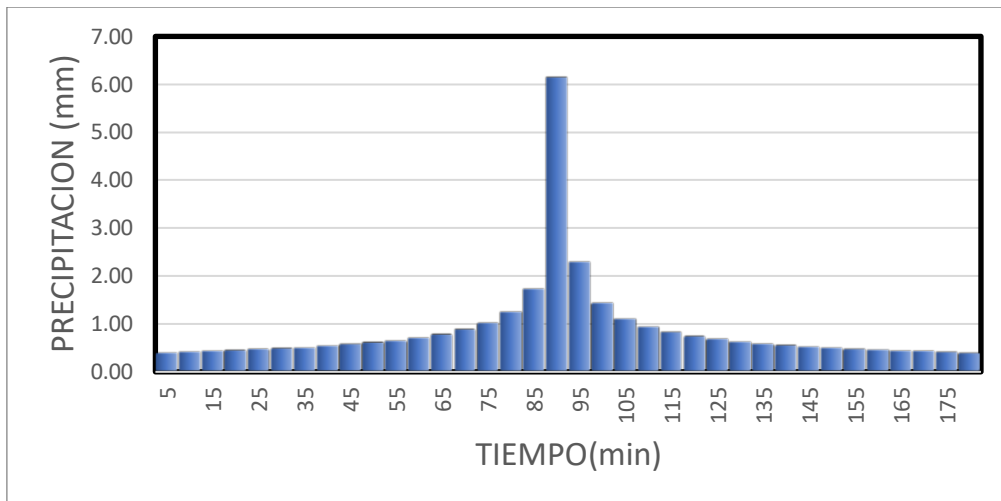


Figura 61 Histograma de precipitación total para un $Tr=500$ años

Determinación del volumen total de abstracciones para un $Tr=25$ años

Int. Parcial Alternada (mm)	Duración (min)	Precipitación Alternada (mm)	Precipitación Acumulada (mm)	Escorrentía Acumulada (Pe) (mm)	Pe (mm)	abstracciones (mm)
3.21	5	0.27	0.27	0.000	0.000	0.27
3.32	10	0.28	0.54	0.000	0.000	0.28
3.43	15	0.29	0.83	0.000	0.000	0.29
3.56	20	0.30	1.13	0.000	0.000	0.30
3.70	25	0.31	1.44	0.000	0.000	0.31
3.86	30	0.32	1.76	0.000	0.000	0.32
4.04	35	0.34	2.09	0.000	0.000	0.34
4.25	40	0.35	2.45	0.000	0.000	0.35
4.50	45	0.37	2.82	0.000	0.000	0.37
4.78	50	0.40	3.22	0.000	0.000	0.40
5.13	55	0.43	3.65	0.000	0.000	0.43
5.56	60	0.46	4.11	0.000	0.000	0.46
6.11	65	0.51	4.62	0.000	0.000	0.51
6.84	70	0.57	5.19	0.001	0.001	0.57
7.91	75	0.66	5.85	0.026	0.025	0.63
9.66	80	0.81	6.66	0.099	0.073	0.73
13.32	85	1.11	7.77	0.270	0.170	0.94
47.24	90	3.94	11.70	1.402	1.133	2.80
17.74	95	1.48	13.18	1.999	0.597	0.88
11.08	100	0.92	14.10	2.410	0.411	0.51
8.66	105	0.72	14.83	2.751	0.341	0.38
7.32	110	0.61	15.44	3.051	0.300	0.31
6.44	115	0.54	15.97	3.323	0.273	0.26
5.81	120	0.48	16.46	3.576	0.253	0.23
5.33	125	0.44	16.90	3.813	0.237	0.21
4.95	130	0.41	17.31	4.037	0.224	0.19
4.63	135	0.39	17.70	4.251	0.214	0.17
4.37	140	0.36	18.06	4.456	0.205	0.16
4.14	145	0.35	18.41	4.653	0.197	0.15
3.95	150	0.33	18.74	4.843	0.190	0.14
3.78	155	0.32	19.05	5.027	0.184	0.13
3.63	160	0.30	19.36	5.206	0.179	0.12
3.49	165	0.29	19.65	5.380	0.174	0.12
3.37	170	0.28	19.93	5.550	0.170	0.11
3.26	175	0.27	20.20	5.715	0.165	0.11
3.16	180	0.26	20.46	5.877	0.162	0.10

TOTAL VOLUMEN DE PERDIDA (mm)**14.59**

Nota: Elaboración propia (2020)

Determinación del volumen total de abstracciones para un Tr=100 años

Int. Parcial Alternada (mm)	Duración (min)	Precipitación Alternada (mm)	Precipitación n Acumulada (mm)	Escorrentia Acumulada (Pe) (mm)	Pe (mm)	abstracciones (mm)
3.95	5	0.33	0.33	0.000	0.000	0.33
4.08	10	0.34	0.67	0.000	0.000	0.34
4.22	15	0.35	1.02	0.000	0.000	0.35
4.38	20	0.36	1.39	0.000	0.000	0.36
4.55	25	0.38	1.76	0.000	0.000	0.38
4.75	30	0.40	2.16	0.000	0.000	0.40
4.97	35	0.41	2.58	0.000	0.000	0.41
5.23	40	0.44	3.01	0.000	0.000	0.44
5.53	45	0.46	3.47	0.000	0.000	0.46
5.88	50	0.49	3.96	0.000	0.000	0.49
6.31	55	0.53	4.49	0.000	0.000	0.53
6.83	60	0.57	5.06	0.000	0.000	0.57
7.51	65	0.63	5.68	0.017	0.017	0.61
8.42	70	0.70	6.38	0.070	0.053	0.65
9.73	75	0.81	7.20	0.173	0.103	0.71
11.88	80	0.99	8.19	0.353	0.181	0.81
16.39	85	1.37	9.55	0.691	0.338	1.03
58.10	90	4.84	14.39	2.545	1.854	2.99
21.82	95	1.82	16.21	3.447	0.902	0.92
13.62	100	1.14	17.35	4.055	0.608	0.53
10.66	105	0.89	18.23	4.553	0.498	0.39
9.01	110	0.75	18.98	4.987	0.434	0.32
7.93	115	0.66	19.65	5.379	0.392	0.27
7.15	120	0.60	20.24	5.740	0.361	0.23
6.56	125	0.55	20.79	6.078	0.337	0.21
6.08	130	0.51	21.29	6.396	0.318	0.19
5.70	135	0.47	21.77	6.697	0.302	0.17
5.37	140	0.45	22.22	6.986	0.288	0.16
5.10	145	0.42	22.64	7.262	0.277	0.15
4.86	150	0.40	23.05	7.529	0.266	0.14
4.65	155	0.39	23.43	7.786	0.257	0.13
4.46	160	0.37	23.81	8.035	0.249	0.12
4.30	165	0.36	24.16	8.277	0.242	0.12
4.15	170	0.35	24.51	8.512	0.235	0.11
4.01	175	0.33	24.84	8.741	0.229	0.11
3.89	180	0.32	25.17	8.965	0.224	0.10
TOTAL VOLUMEN DE PERDIDA (mm)						16.20

Nota: Elaboración propia (2020)

Determinación del volumen total de abstracciones para un Tr=500 años

Int. Parcial Alternada (mm)	Duración (min)	Precipitación Alternada (mm)	Precipitación n Acumulada (mm)	Escorrentia Acumulada (Pe) (mm)	Pe (mm)	abstracciones (mm)
5.02	5	0.42	0.42	0.000	0.00	0.42
5.19	10	0.43	0.85	0.000	0.00	0.43
5.37	15	0.45	1.30	0.000	0.00	0.45
5.57	20	0.46	1.76	0.000	0.00	0.46
5.79	25	0.48	2.24	0.000	0.00	0.48
6.04	30	0.50	2.75	0.000	0.00	0.50

6.33	35	0.53	3.27	0.000	0.00	0.53
6.65	40	0.55	3.83	0.000	0.00	0.55
7.03	45	0.59	4.41	0.000	0.00	0.59
7.48	50	0.62	5.04	0.000	0.00	0.62
8.02	55	0.67	5.71	0.018	0.02	0.65
8.69	60	0.72	6.43	0.075	0.06	0.67
9.55	65	0.80	7.23	0.177	0.10	0.69
10.70	70	0.89	8.12	0.339	0.16	0.73
12.38	75	1.03	9.15	0.582	0.24	0.79
15.11	80	1.26	10.41	0.951	0.37	0.89
20.84	85	1.74	12.15	1.573	0.62	1.11
73.88	90	6.16	18.30	4.591	3.02	3.14
27.74	95	2.31	20.61	5.970	1.38	0.93
17.33	100	1.44	22.06	6.882	0.91	0.53
13.55	105	1.13	23.19	7.621	0.74	0.39
11.45	110	0.95	24.14	8.261	0.64	0.31
10.08	115	0.84	24.98	8.835	0.57	0.27
9.09	120	0.76	25.74	9.361	0.53	0.23
8.34	125	0.69	26.43	9.850	0.49	0.21
7.74	130	0.64	27.08	10.310	0.46	0.19
7.24	135	0.60	27.68	10.744	0.43	0.17
6.83	140	0.57	28.25	11.158	0.41	0.16
6.48	145	0.54	28.79	11.554	0.40	0.14
6.18	150	0.51	29.31	11.935	0.38	0.13
5.91	155	0.49	29.80	12.301	0.37	0.13
5.68	160	0.47	30.27	12.655	0.35	0.12
5.46	165	0.46	30.73	12.998	0.34	0.11
5.27	170	0.44	31.17	13.332	0.33	0.11
5.10	175	0.43	31.59	13.655	0.32	0.10
4.94	180	0.41	32.00	13.971	0.32	0.10
TOTAL VOLUMEN DE PERDIDA (mm)						18.02

Nota: Elaboración propia (2020)

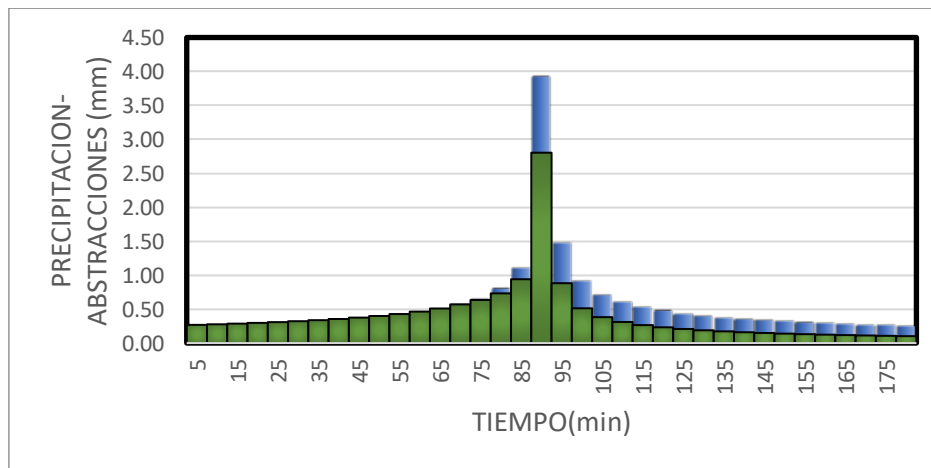


Figura 62 Hietograma de precipitación efectiva y abstracciones para un $T_r= 25$ años

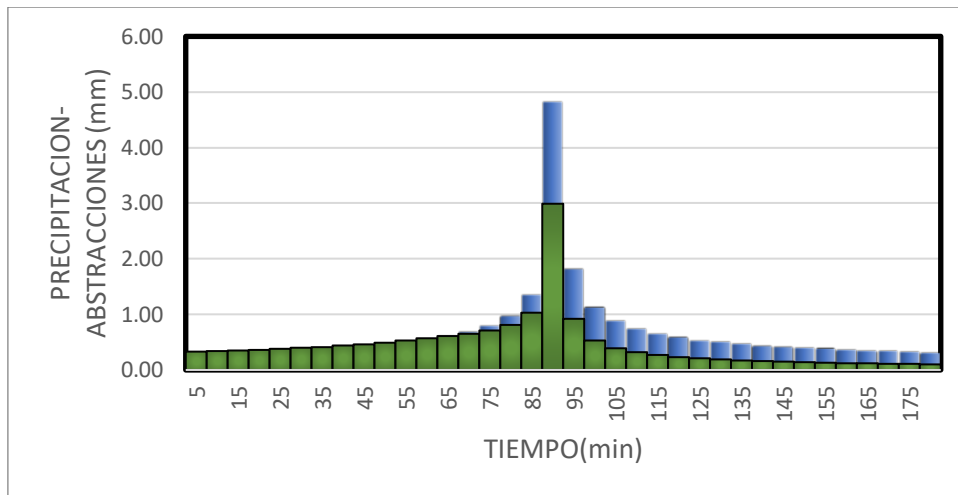


Figura 63 Hietograma de precipitación efectiva y abstracciones para un Tr= 100 años

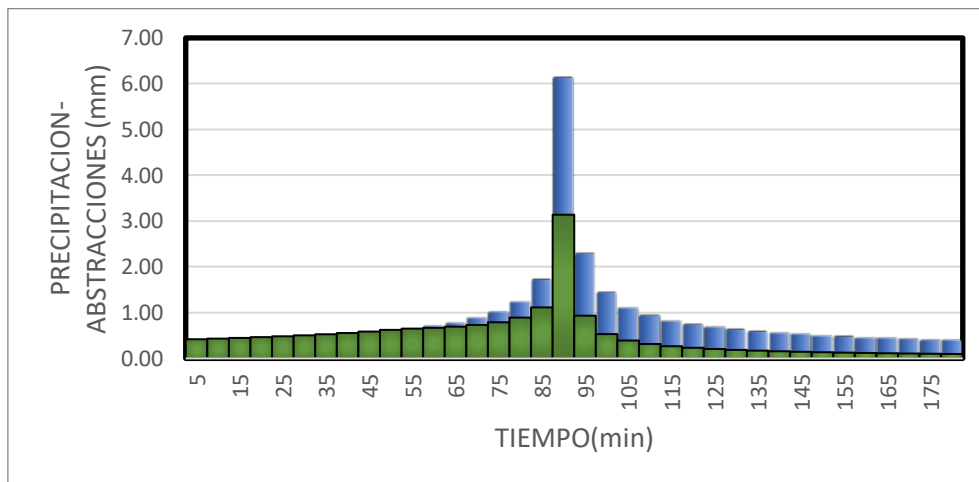


Figura 64 Hietograma de precipitación efectiva y abstracciones para un Tr= 500 años

Anexo 11: Reporte del modelo hidrológico de máximas avenidas del Hec Hms

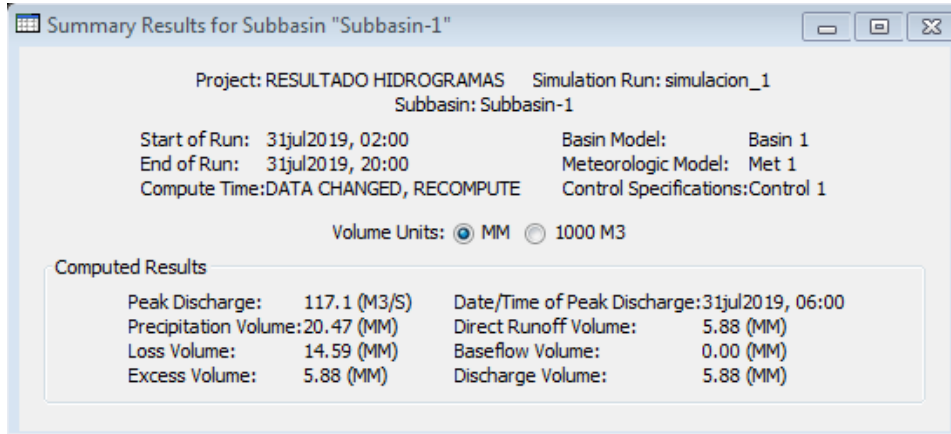


Figura 65 Resultado de la simulación hidrológica para Tr= 25 años

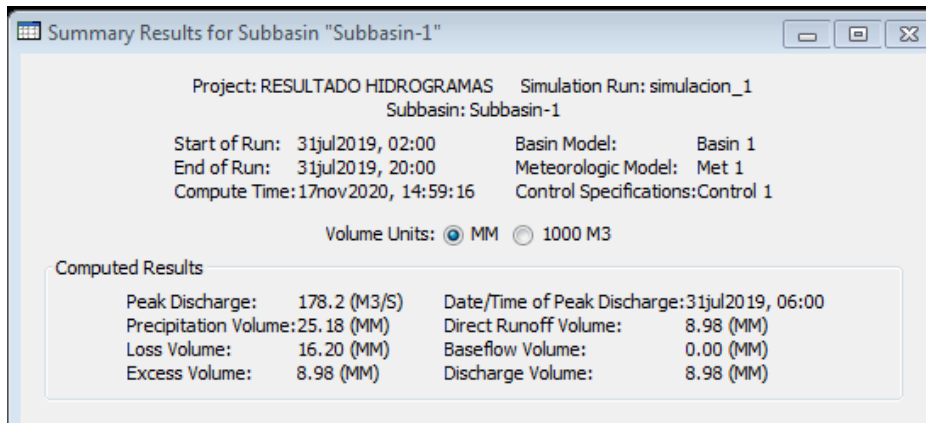


Figura 66 Resultado de la simulación hidrológica para Tr= 100 años

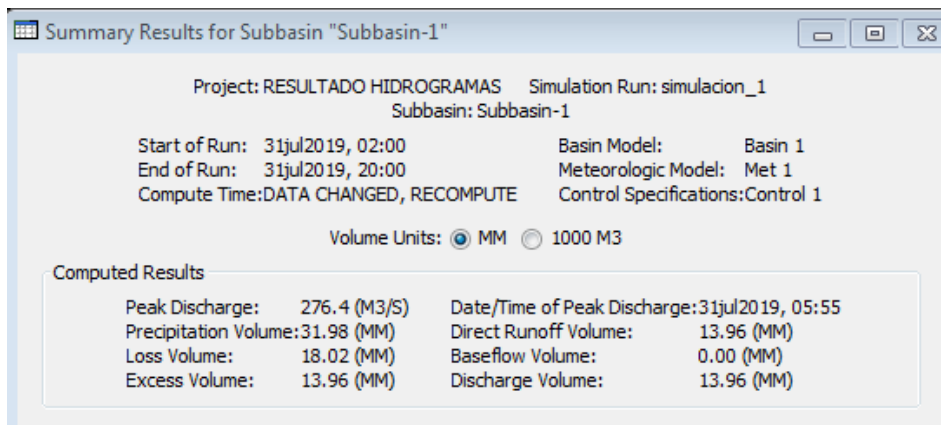


Figura 67 Resultado de la simulación hidrológica para Tr= 500 años

Anexo 12: Reporte del modelo hidráulico del tránsito de avenidas del Hec Ras

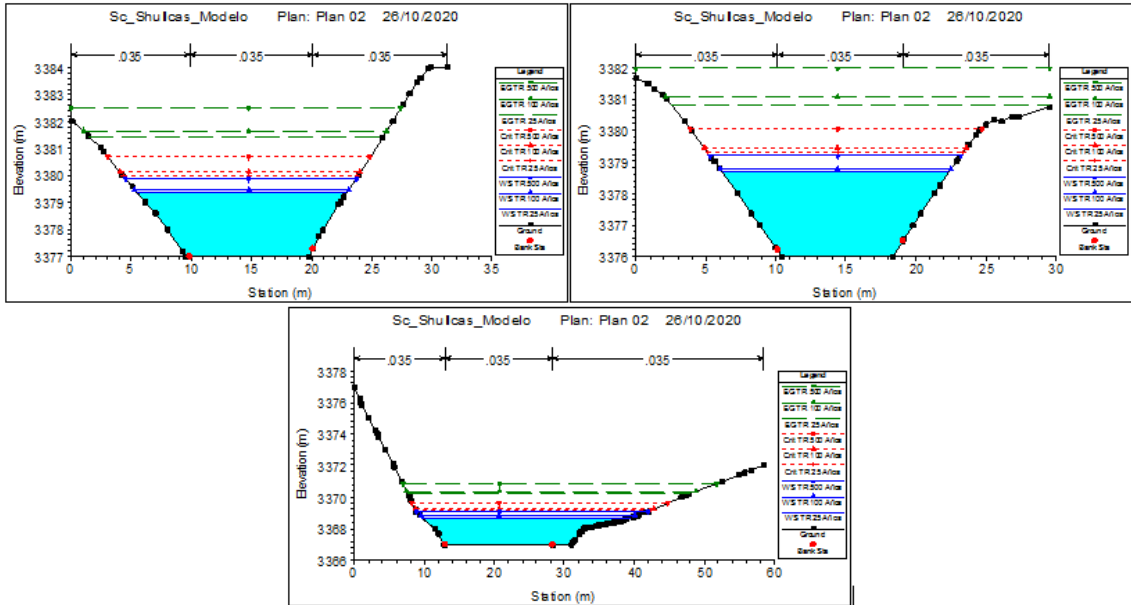


Figura 68 Secciones transversales de la zona de inicio de simulación

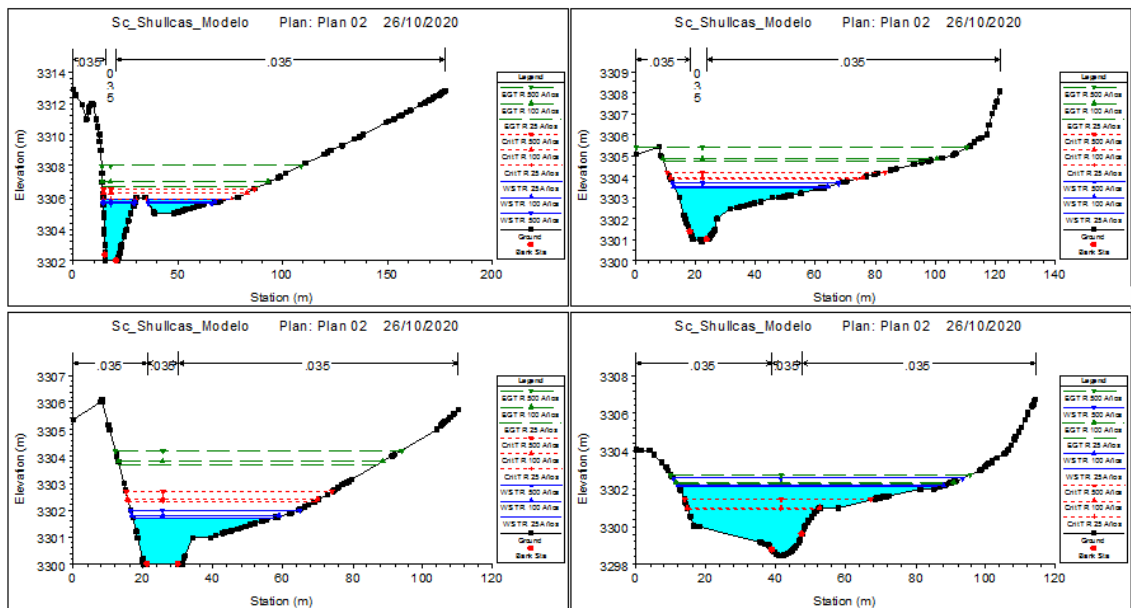


Figura 69 Secciones transversales de la zona de inundación 1

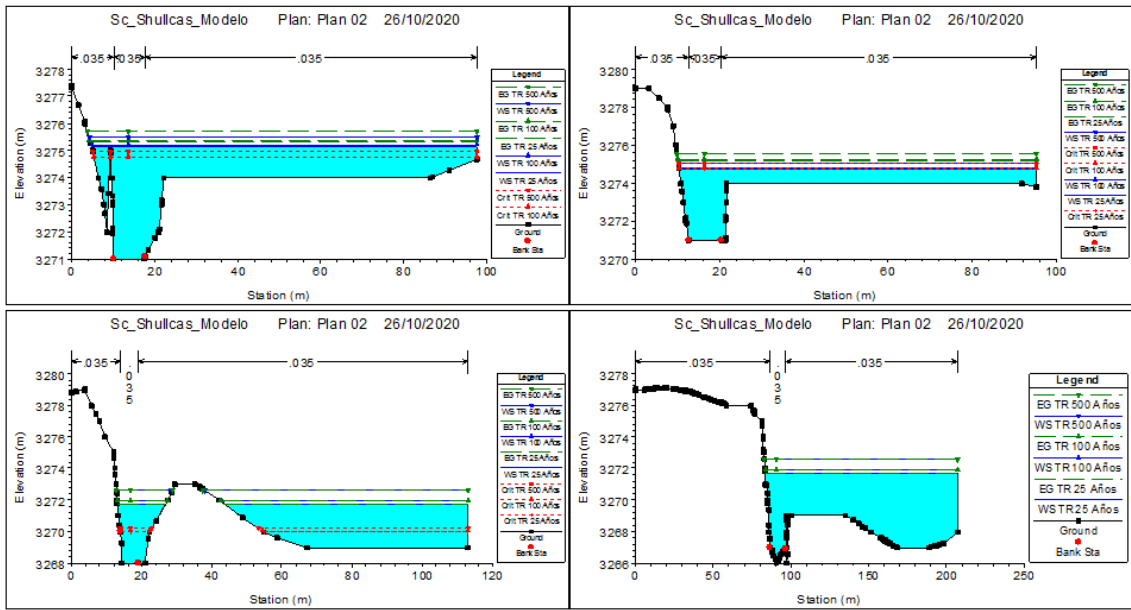


Figura 70 Secciones transversales de la zona de inundación 2

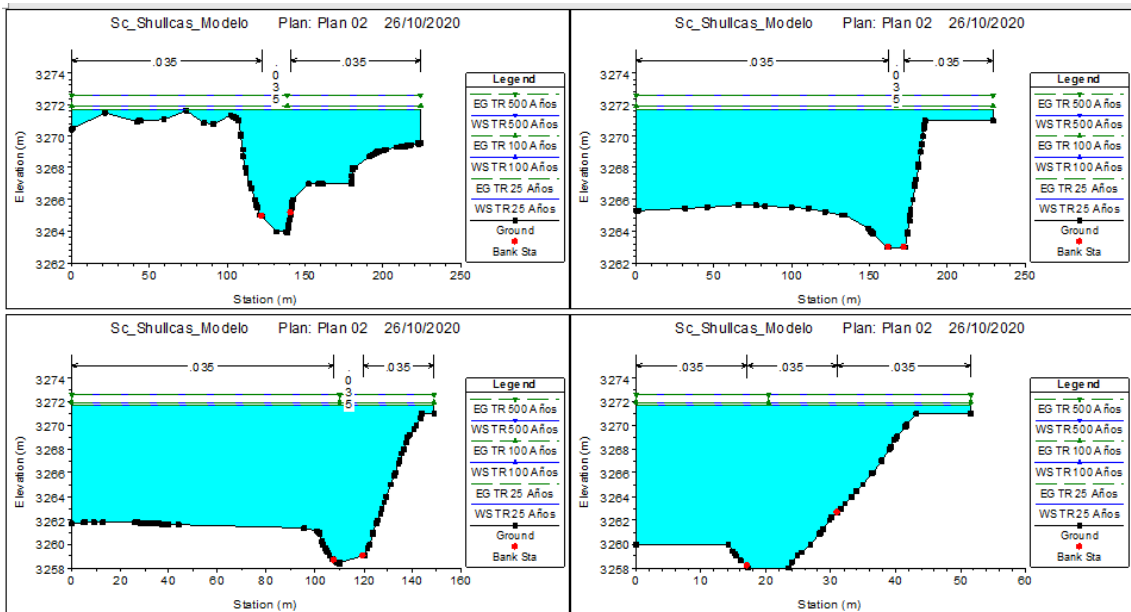


Figura 71 Secciones transversales de la zona de inundación 3

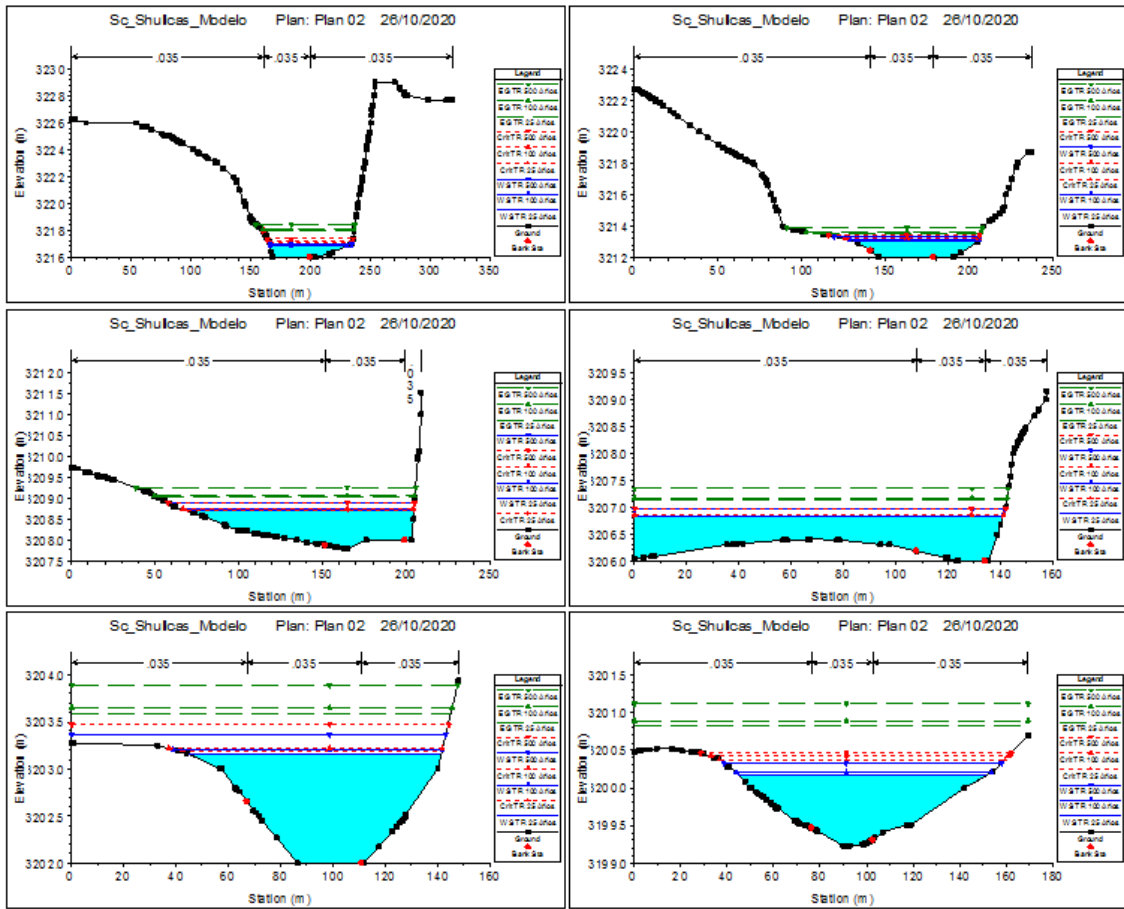


Figura 72 Secciones transversales en la desembocadura al Rio Mantaro

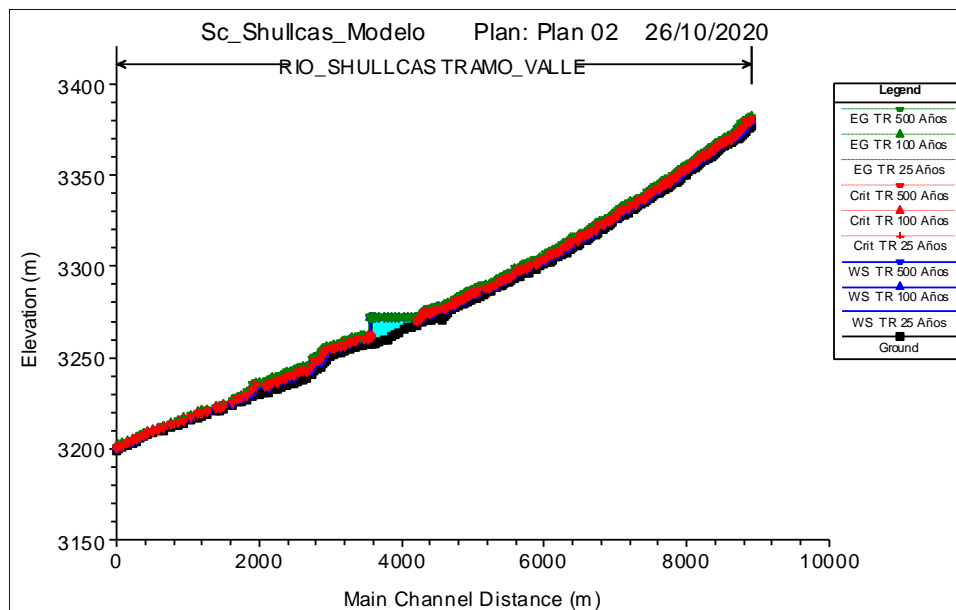


Figura 73 Perfil Hidráulico para diferentes periodos de retorno

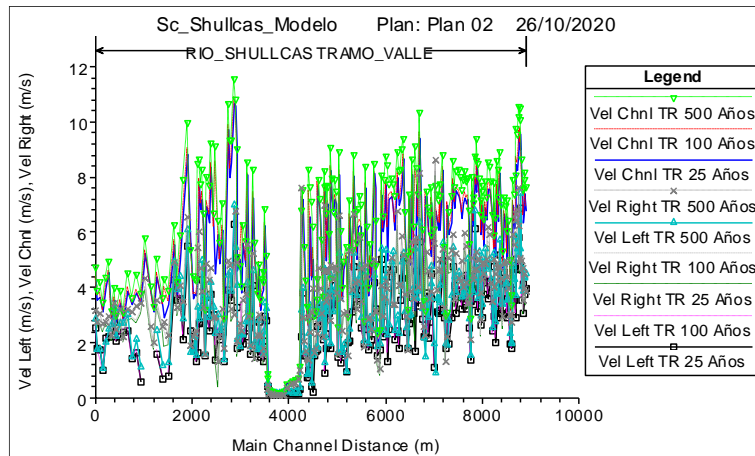


Figura 74 Perfil de velocidades para diferentes periodos de retorno

Anexo 13: Reporte de las condiciones hidráulicas para periodo de retorno distintos

CONDICIONES HIDRAULICAS PARA UN T-25 AÑOS

N°	Código Sección	Caudal total (m3/s)	Elevación mínima del canal (m)	Velocidad media de flujo en el canal principal (m/s)	Área total de sección transversal de flujo activo (m2)	Anchura superior de la sección transversal humedecida (m)	Profundidad máxima del canal principal (m)
1	8920.1	117.1	3377	6.74	32.18	17.47	2.36
2	8907.2	117.1	3376	7.4	30.37	15.12	2.76
3	8891.8	117.1	3376	6.92	31.78	16.12	2.66
4	8870.7	117.1	3375.88	6.35	35.25	18.18	2.76
5	8853.1	117.1	3375	6.68	33.19	14.75	3.15
6	8836.4	117.1	3374	8.02	28.05	12.6	2.94
7	8810.2	117.1	3373	9.58	22.34	15.63	1.7
8	8793.7	117.1	3372	9.01	24.78	14.75	2.35
9	8780.4	117.1	3371.93	9.42	23.3	17.36	1.72
10	8761.9	117.1	3371	8.98	24.88	16.96	1.94
11	8740.8	117.1	3370.57	8.24	26.79	18.7	1.98
12	8723	117.1	3370	8.48	25.86	21.7	1.54
13	8701.1	117.1	3370	6.69	30.78	27.74	1.31
14	8680	117.1	3369.38	6.14	34.53	32.18	1.44
15	8653.1	117.1	3368.06	6.97	31.58	32.69	1.34
16	8634.7	117.1	3368	3.08	70.85	37.66	2.35
17	8617.4	117.1	3367.89	3.46	63.83	35.89	2.31
18	8592.8	117.1	3367	4.58	50.7	30.14	2.6
19	8573.8	117.1	3367	5.83	37.81	29.85	1.7
20	8548.4	117.1	3366	6.55	32.5	26.32	1.61
21	8527.8	117.1	3366	5.02	43.87	31.87	1.8
22	8504.3	117.1	3365	6.32	35.16	26.27	1.73
23	8475	117.1	3364	6.65	31.54	23.44	1.57
24	8450	117.1	3363.2	4.68	49.12	26.94	2.87
25	8420.9	117.1	3362.4	6.52	34.46	22.92	2.34
26	8385.4	117.1	3361	8.17	28.13	21.01	1.85
27	8358.7	117.1	3360	7.48	29.49	19.56	2.19
28	8338.6	117.1	3360	6.41	34.08	20.4	2.24
29	8314.9	117.1	3359	7.46	32.23	29.45	2.13
30	8290.8	117.1	3359	5.14	49.14	39.02	2.72
31	8269.9	117.1	3359	7.05	31.6	34.45	1.22
32	8255.5	117.1	3358.06	5.27	44.13	31.67	2.5
33	8225.5	117.1	3357	6.46	32.01	18.97	2.11
34	8193.8	117.1	3356	7.16	32.06	22.01	2.23
35	8161.5	117.1	3355.27	7.57	28.52	25.84	1.59
36	8132.6	117.1	3354	7.55	31.1	26.5	1.94
37	8109.2	117.1	3354	6.44	33.27	24.54	1.64
38	8080.3	117.1	3353	6.9	34.54	27.1	1.91
39	8055.3	117.1	3353	5.5	41.66	30.64	1.84
40	8032.5	117.1	3352	6.75	33.3	29.54	1.54
41	8011.1	117.1	3350.55	6.99	32.57	25.59	2.21
42	7996.1	117.1	3350	5.91	40.5	26.66	2.9
43	7981.6	117.1	3350	6.49	37.58	25.43	2.51
44	7961.4	117.1	3350	7.23	32.8	27.37	1.77
45	7937.8	117.1	3348.37	7.77	29.17	22.98	2.04
46	7914	117.1	3347	8.6	28.09	20.97	2.26
47	7895.4	117.1	3347	7.47	35.11	27.2	2.46

48	7880.1	117.1	3346.63	7.91	29.16	23.03	1.87
49	7853.5	117.1	3346	6.51	37.39	21.95	2.56
50	7825.2	117.1	3346	6.23	36.65	24.84	2.06
51	7802.3	117.1	3345	7.31	29.8	22.29	1.71
52	7776.3	117.1	3344	2.6	84.68	31.39	3.35
53	7756.9	117.1	3343.18	5.1	44.26	20.88	3.2
54	7737.3	117.1	3343	6.23	35.59	19.21	2.51
55	7716.5	117.1	3342	7.17	33.41	20.35	2.82
56	7695.6	117.1	3342	7.04	33.98	24.55	2.37
57	7676.5	117.1	3342	7.1	30.91	21.26	1.84
58	7643.7	117.1	3341	7.25	31.01	25.05	1.78
59	7617	117.1	3340	7.05	32.84	22.85	2.21
60	7594.1	117.1	3340	6.51	35.01	26.2	1.97
61	7559.7	117.1	3339	7.02	34.33	29.47	1.95
62	7522.8	117.1	3338	7.3	36.04	34.39	2.04
63	7491.3	117.1	3337	7.48	31.65	27.68	1.83
64	7453.7	117.1	3336	6.89	34.16	26.42	2.05
65	7416	117.1	3335	7.75	30.29	29.2	1.52
66	7376.3	117.1	3334	6.35	39.16	36.5	1.91
67	7333.4	117.1	3333	5.9	43.61	48.24	2.2
68	7297.5	117.1	3332	7	32.5	33.6	1.64
69	7263.7	117.1	3331	2.79	88.67	37.81	3.61
70	7222.7	117.1	3331	4.98	45.08	22.54	2.61
71	7193.1	117.1	3329	8.24	27.17	17.62	2.14
72	7156.4	117.1	3328.78	6.08	39.54	25.59	2.63
73	7130.6	117.1	3328	7.03	31.1	20.31	2.13
74	7107.4	117.1	3328	6.08	36.75	24.78	2.08
75	7081.2	117.1	3327	6.47	35.92	23.04	2.44
76	7050.1	117.1	3326	6.79	25.97	23.5	1.45
77	7025.4	117.1	3325.98	4.69	39.42	29.41	1.84
78	6978.3	117.1	3324	7.11	31.3	27.7	1.58
79	6954.9	117.1	3324	5.15	41.77	30.61	1.8
80	6936.1	117.1	3323	5.81	41.86	34.06	2.26
81	6907	117.1	3322	6.04	41.67	39.64	2.69
82	6872	117.1	3321	7.28	29.16	18.12	1.97
83	6844	117.1	3320.2	7.29	28.39	23.34	1.79
84	6804.1	117.1	3320	3.73	68.1	32.59	3.32
85	6770.6	117.1	3318	5.58	42.91	17.6	4.26
86	6736.5	117.1	3317.51	9.42	23.7	21.8	1.53
87	6702	117.1	3317	6.36	37.88	23.13	2.57
88	6669	117.1	3316	7.72	27.63	18.63	1.74
89	6640.6	117.1	3315	3.15	80.34	37.01	3.42
90	6611.5	117.1	3314.05	5.15	53.98	30.84	3.81
91	6585.5	117.1	3314	8.1	31	25.99	1.87
92	6543.1	117.1	3314	4.8	46.73	25.36	2.34
93	6511.5	117.1	3312	7.26	29.11	15.21	2.26
94	6477.8	117.1	3311	3.07	77.62	27.44	4.33
95	6448.6	117.1	3311	4.84	46.69	16.73	3.55
96	6422	117.1	3310	6.14	40.73	14.81	3.9
97	6387	117.1	3309	8.67	24.97	13.78	2.27
98	6355.9	117.1	3309	7.73	26.41	19.2	1.49
99	6324.1	117.1	3307	7.17	31.65	15.86	3.11
100	6288.5	117.1	3307	6.95	32.29	19.44	2.55
101	6257.4	117.1	3306	7.99	26.49	16.41	1.97
102	6203.5	117.1	3305	6.08	40.32	23.78	2.92
103	6173.1	117.1	3305	6.81	32.33	20.8	1.96
104	6140.2	117.1	3303.09	7.29	30.04	15.72	2.77

105	6095.9	117.1	3302	7.2	31.08	13.3	3.07
106	6071.2	117.1	3302	4.98	63.05	56.47	3.92
107	6034.5	117.1	3302	7.73	28.75	29.21	1.41
108	5998.1	117.1	3300.92	6.48	48.3	50.08	2.57
109	5964.2	117.1	3300	6	47.57	38.8	2.97
110	5934	117.1	3300	7.37	35.97	40.63	1.74
111	5898.3	117.1	3298.46	2.23	117.6	74.15	3.61
112	5858.7	117.1	3299	1.99	118.47	52.51	3.05
113	5829.2	117.1	3298.25	4.31	64.43	45.84	3.17
114	5808.2	117.1	3296	7.63	29.08	13.16	3.02
115	5781.6	117.1	3296	8.12	26.95	15.77	2.1
116	5738.2	117.1	3296	4.22	51.52	19.45	3.24
117	5707.7	117.1	3296	5.03	42.49	19	2.66
118	5678.6	117.1	3294	3.71	63.49	21.65	4.32
119	5647	117.1	3294	5.6	40.14	16.1	3.32
120	5602.8	117.1	3293	7.6	28.5	16.07	2.26
121	5559.1	117.1	3292	2.66	81.05	29.86	3.18
122	5524.9	117.1	3291	5.29	40.9	16.91	3.01
123	5500.6	117.1	3291	6.16	34.94	17.64	2.28
124	5469.7	117.1	3291	6.23	33.26	23.73	1.56
125	5444.6	117.1	3290	6.19	34.4	19.6	2.05
126	5417.8	117.1	3289	5.01	44.02	20.7	3.13
127	5388.8	117.1	3289	5.98	37.76	21.77	2.35
128	5357	117.1	3288	8.03	28.52	27.46	1.4
129	5320.6	117.1	3288	4.41	47.3	27.52	1.94
130	5277.4	117.1	3286	6.56	35.86	27.12	2.4
131	5241.2	117.1	3286	2.93	75.89	34.11	2.94
132	5200	117.1	3285	5.15	41.73	18.13	2.83
133	5158.8	117.1	3284	4.65	50	18.66	3.73
134	5126.7	117.1	3283	3.55	71.48	21.82	4.95
135	5100	117.1	3283	5.52	41.32	16.26	3.9
136	5063.6	117.1	3282.62	8.07	26.31	17.35	2.11
137	5036.2	117.1	3282.13	2.33	93.77	29.56	4.39
138	5009.4	117.1	3282	5.91	41.08	16.63	3.33
139	4985.2	117.1	3281	7.01	30.35	14.51	2.9
140	4959.7	117.1	3281	7.19	30.44	14.96	2.42
141	4933.8	117.1	3280	6.78	35.1	13.83	3.37
142	4907.5	117.1	3280	7.22	29.52	14.9	2.34
143	4887.8	117.1	3279	8.22	25.12	15.79	1.87
144	4865.5	117.1	3279	3.94	55.93	20.23	3.51
145	4843.3	117.1	3279	5.34	41.04	17.13	2.77
146	4821.9	117.1	3278	7.01	30.56	15.47	2.39
147	4801.4	117.1	3278	4.96	46.38	21.93	3.09
148	4787.2	117.1	3278	6.41	37.99	26.23	2.33
149	4771.7	117.1	3277	6.31	40.66	28.75	3.21
150	4748.8	117.1	3277	7.62	26.55	24.99	1.15
151	4721.5	117.1	3276	3.44	68.04	26.44	3.47
152	4700.7	117.1	3276	5.1	42.86	19.42	2.64
153	4670.9	117.1	3275	6.63	31.09	17.13	2.18
154	4643.9	117.1	3274	7.16	30.08	16.58	2.36
155	4620.7	117.1	3273	7.67	28.33	14.9	2.53
156	4599.5	117.1	3273	3.66	63.75	23.82	3.99
157	4571.8	117.1	3271	3.03	80.47	25.58	6.07
158	4543.3	117.1	3272.03	2.98	83.73	29.22	5
159	4510.8	117.1	3272	5.03	40.72	12.39	4.02
160	4479.9	117.1	3272	4.3	62.53	44.7	4.13
161	4459.2	117.1	3272	6.56	34.51	24.84	2.51

162	4439	117.1	3271	2.97	105.94	86.72	4.09
163	4412.4	117.1	3271	2.52	137.08	92.88	4.15
164	4383.5	117.1	3271	2.84	111.19	83.99	4
165	4353.7	117.1	3271	3.75	92.73	84.88	3.74
166	4329.9	117.1	3271	5.37	47.88	50.53	2.8
167	4301.7	117.1	3270	7.19	33.99	35.1	2.19
168	4269.7	117.1	3270	5.48	27.55	37.5	1.52
169	4233.3	117.1	3268	1.14	193.6	82.71	3.69
170	4200.9	117.1	3268	0.71	304.24	117.29	3.7
171	4164.4	117.1	3267	0.65	405.63	142.7	4.71
172	4107.7	117.1	3267	0.61	412.9	135.08	4.7
173	4053.1	117.1	3266	0.53	464.6	123.71	5.7
174	3986.8	117.1	3263.92	0.52	580.1	224.16	7.78
175	3921.6	117.1	3263	0.2	1236.77	228.99	8.71
176	3873.5	117.1	3262	0.16	1546.28	235.17	9.71
177	3825.3	117.1	3260	0.17	1452.28	187.4	11.71
178	3759.3	117.1	3259.26	0.16	1495.57	166.38	12.45
179	3706.1	117.1	3258.41	0.17	1418.43	148.89	13.3
180	3656.7	117.1	3258	0.21	1187.76	118.69	13.7
181	3622.3	117.1	3258	0.21	1131.23	112.5	13.7
182	3602.2	117.1	3258	0.22	1033.64	103.36	13.7
183	3586.8	117.1	3258	0.56	442.46	51.55	13.69
184	3581.5	117.1	3258	0.7	346.52	37.54	13.68
185	3558.8	117.1	3258	4.74	42.68	19.83	3
186	3532.5	117.1	3258	6.22	31.48	21.27	1.67
187	3504.3	117.1	3258	4.06	48.31	23.36	2.37
188	3477	117.1	3257	3.9	53.9	19.82	3.3
189	3451.6	117.1	3257	3.75	58.49	21.91	3.28
190	3414.9	117.1	3257	3.16	68.34	26.02	3.29
191	3385.1	117.1	3257	4.83	44.39	21.78	2.49
192	3354.5	117.1	3256	3.65	59.16	23.31	3.55
193	3316	117.1	3256	5.07	39.83	16.16	2.62
194	3279.4	117.1	3255	7.26	30.46	19.8	2
195	3224.3	117.1	3254	2.53	93.76	34.19	3.98
196	3184.4	117.1	3254	4.84	54.07	30.62	3.22
197	3150.7	117.1	3253	8.07	30.31	20.59	2.19
198	3113.3	117.1	3253	4.74	49.91	28.01	2.75
199	3068.8	117.1	3252	5.61	44.89	28.03	3.01
200	3040.1	117.1	3252	3.83	67.94	38.17	3.17
201	3004.1	117.1	3251	5.05	55.77	31.96	3.64
202	2958.6	117.1	3249	4.59	56.34	32.03	5.35
203	2932.7	117.1	3248	8.96	24.85	12.69	3.14
204	2919.1	117.1	3247	10.56	20.39	12	2.05
205	2883	117.1	3245	10.67	21.32	12.73	2.33
206	2835	117.1	3244	8.51	24.87	10.6	2.73
207	2791.8	117.1	3242.75	7.98	29.73	11.89	3.72
208	2749.4	117.1	3241	9.71	21.5	10.99	2.4
209	2685	117.1	3239	2.74	83.24	22.2	4.83
210	2637.3	117.1	3238	6.1	38.57	11.33	4.27
211	2588.3	117.1	3237.3	4.85	48.38	12.32	5.16
212	2543.9	117.1	3237	5.93	33.98	10.37	4.42
213	2501.1	117.1	3236	4.51	47.22	11.56	4.9
214	2456.1	117.1	3236	6.07	37.79	12.44	3.97
215	2411.6	117.1	3235	8.34	26.52	12.23	2.73
216	2367.5	117.1	3235	6.36	34.4	14.11	2.96
217	2322.8	117.1	3234	6.94	32.23	13.59	3.1
218	2281.4	117.1	3233	2.93	79.47	24.01	5.17

219	2238.3	117.1	3233	6.11	39.64	13.89	3.81
220	2209.4	117.1	3233	7.21	32.15	16.03	2.74
221	2181.7	117.1	3232.92	6.81	30.64	16	2.32
222	2153.8	117.1	3232	7.71	27.48	15.96	1.97
223	2134.9	117.1	3231	4.2	53.45	16.88	4.15
224	2104.6	117.1	3231	3.69	59.94	17.94	4.17
225	2069.9	117.1	3231	3.73	60.45	18.13	4.09
226	2029.9	117.1	3230	3.59	65.47	16.04	5.04
227	1981.7	117.1	3229.88	5.76	38.68	13.36	3.91
228	1915.8	117.1	3229	8.8	23.97	17.2	1.62
229	1841	117.1	3227	6.61	31.29	32.05	1.38
230	1776.1	117.1	3226	4.96	45.72	38.45	1.65
231	1712.4	117.1	3226	3.74	54.22	42.53	1.37
232	1632.1	117.1	3224	5.53	37.59	47.05	0.91
233	1518.1	117.1	3222	3.4	58.5	53.26	1.43
234	1449.6	117.1	3221	2.93	67.39	53.19	1.69
235	1408	117.1	3220.98	3.32	63.69	68.06	1.3
236	1295.8	117.1	3219	4.39	46.9	56.52	1.02
237	1211.4	117.1	3218	3.1	68.58	59.36	1.78
238	1149.6	117.1	3217	3.78	61.58	51.62	2.16
239	1044.4	117.1	3216	5.22	40.68	63.22	0.8
240	963.2	117.1	3214.23	3.43	59.01	54.81	1.48
241	869	117.1	3213	3.78	59.25	77.15	1.41
242	770.5	117.1	3212	3.38	61.83	74	1.05
243	672.9	117.1	3210.23	3.88	59.51	78.8	1.24
244	589.2	117.1	3209.68	2.81	76.15	114.75	0.93
245	514	117.1	3208.29	3.45	66.56	107.08	0.98
246	450.4	117.1	3207.79	2.75	81.19	135.47	0.92
247	401.3	117.1	3207	3.56	63.36	134.59	0.63
248	351.1	117.1	3206	2.84	81.09	141.02	0.82
249	292.7	117.1	3204.09	4.54	58.96	132.4	1.11
250	236.5	117.1	3202.96	3.94	61.79	116.89	1.02
251	174.5	117.1	3202	3.12	69.37	96.34	1.16
252	94.8	117.1	3201	3.67	63.38	112.5	0.86
253	46.9	117.1	3200	3.55	67.19	111.27	1.04
254	14.9	117.1	3199.22	4.28	57.9	107.36	0.95

CONDICIONES HIDRAULICAS PARA UN T-100 AÑOS

N°	Código Sección	Caudal total	Elevación mínima del canal	Velocidad media de flujo en el canal principal	Área total de sección transversal de flujo activo	Anchura superior de la sección transversal humedecida	Profundidad máxima del canal principal
		(m3/s)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	(m)
1	8920.1	178.2	3377	6.93	33.95	17.81	2.46
2	8907.2	178.2	3376	7.55	32.3	15.48	2.88
3	8891.8	178.2	3376	7.12	33.49	16.45	2.76
4	8870.7	178.2	3375.88	6.62	36.63	18.43	2.83
5	8853.1	178.2	3375	6.87	35.06	15.04	3.27
6	8836.4	178.2	3374	8.15	30	12.93	3.09
7	8810.2	178.2	3373	9.78	23.72	15.87	1.79
8	8793.7	178.2	3372	9.23	26.29	15.18	2.45
9	8780.4	178.2	3371.93	9.66	24.62	17.65	1.8
10	8761.9	178.2	3371	9.23	26.24	17.29	2.02
11	8740.8	178.2	3370.57	8.51	28.07	18.96	2.05
12	8723	178.2	3370	8.75	27.2	22.12	1.6
13	8701.1	178.2	3370	6.97	31.99	28.06	1.35
14	8680	178.2	3369.38	6.38	35.95	32.52	1.48
15	8653.1	178.2	3368.06	7.15	33.21	32.89	1.39
16	8634.7	178.2	3368	3.14	75.31	38.29	2.47
17	8617.4	178.2	3367.89	3.51	68.22	36.88	2.43
18	8592.8	178.2	3367	4.67	54.02	31.15	2.71
19	8573.8	178.2	3367	5.97	40.09	30.54	1.78
20	8548.4	178.2	3366	6.69	34.55	26.84	1.68
21	8527.8	178.2	3366	5.25	45.35	32.27	1.84
22	8504.3	178.2	3365	6.44	37.41	26.87	1.82
23	8475	178.2	3364	6.78	33.46	23.73	1.65
24	8450	178.2	3363.2	4.81	51.87	27.46	2.97
25	8420.9	178.2	3362.4	6.62	36.87	23.59	2.44
26	8385.4	178.2	3361	8.32	29.97	21.53	1.94
27	8358.7	178.2	3360	7.64	31.46	20.35	2.29
28	8338.6	178.2	3360	6.6	35.92	20.92	2.33
29	8314.9	178.2	3359	7.7	33.91	29.87	2.19
30	8290.8	178.2	3359	5.47	49.98	39.21	2.74
31	8269.9	178.2	3359	7.2	33.53	35.19	1.27
32	8255.5	178.2	3358.06	5.38	47.02	32.88	2.59
33	8225.5	178.2	3357	6.5	34.77	20.36	2.25
34	8193.8	178.2	3356	7.32	34.07	22.69	2.32
35	8161.5	178.2	3355.27	7.75	30.19	26.34	1.65
36	8132.6	178.2	3354	7.77	32.86	27.17	2.01
37	8109.2	178.2	3354	6.62	35.07	24.86	1.71
38	8080.3	178.2	3353	7.1	36.39	27.75	1.98
39	8055.3	178.2	3353	5.72	43.19	30.7	1.89
40	8032.5	178.2	3352	6.9	35.18	29.61	1.6
41	8011.1	178.2	3350.55	7.13	34.77	26.59	2.29
42	7996.1	178.2	3350	5.99	43.87	28.34	3.02
43	7981.6	178.2	3350	6.6	40.24	26.45	2.62
44	7961.4	178.2	3350	7.38	34.77	27.84	1.85
45	7937.8	178.2	3348.37	7.91	31.16	23.81	2.13
46	7914	178.2	3347	8.77	29.98	21.73	2.34
47	7895.4	178.2	3347	7.72	36.82	27.83	2.52
48	7880.1	178.2	3346.63	8.09	30.96	23.74	1.95

49	7853.5	178.2	3346	6.68	39.56	22.59	2.66
50	7825.2	178.2	3346	6.41	38.69	25.53	2.14
51	7802.3	178.2	3345	7.47	31.72	22.89	1.8
52	7776.3	178.2	3344	2.65	89.86	31.89	3.52
53	7756.9	178.2	3343.18	5.2	47.12	21.47	3.34
54	7737.3	178.2	3343	6.36	37.91	19.81	2.63
55	7716.5	178.2	3342	7.35	35.38	20.88	2.92
56	7695.6	178.2	3342	7.23	36.02	25.47	2.45
57	7676.5	178.2	3342	7.27	32.77	21.7	1.92
58	7643.7	178.2	3341	7.45	32.81	25.8	1.85
59	7617	178.2	3340	7.22	34.91	23.71	2.3
60	7594.1	178.2	3340	6.74	36.72	26.89	2.03
61	7559.7	178.2	3339	7.23	36.24	30.41	2.01
62	7522.8	178.2	3338	7.51	37.91	35.01	2.1
63	7491.3	178.2	3337	7.63	33.73	28.61	1.91
64	7453.7	178.2	3336	7.06	36.26	27.26	2.13
65	7416	178.2	3335	7.93	32.01	29.71	1.58
66	7376.3	178.2	3334	6.55	41.23	37.54	1.97
67	7333.4	178.2	3333	6.08	46.16	48.65	2.25
68	7297.5	178.2	3332	7.11	35.11	35.31	1.71
69	7263.7	178.2	3331	2.83	94.74	38.83	3.77
70	7222.7	178.2	3331	5.08	48.04	23.16	2.74
71	7193.1	178.2	3329	8.37	28.97	17.86	2.25
72	7156.4	178.2	3328.78	6.33	41.07	25.89	2.69
73	7130.6	178.2	3328	7.16	33.31	21.3	2.24
74	7107.4	178.2	3328	6.32	38.46	25.5	2.15
75	7081.2	178.2	3327	6.67	37.99	23.89	2.53
76	7050.1	178.2	3326	6.97	27.47	23.75	1.51
77	7025.4	178.2	3325.98	4.93	40.89	29.9	1.89
78	6978.3	178.2	3324	7.23	33.38	28.35	1.65
79	6954.9	178.2	3324	5.32	43.66	30.87	1.86
80	6936.1	178.2	3323	5.99	43.93	34.38	2.32
81	6907	178.2	3322	6.22	44.22	40.99	2.75
82	6872	178.2	3321	7.32	31.51	18.7	2.1
83	6844	178.2	3320.2	7.46	30.08	23.75	1.86
84	6804.1	178.2	3320	3.66	75.13	33.88	3.54
85	6770.6	178.2	3318	5.69	45.77	18.19	4.42
86	6736.5	178.2	3317.51	9.61	25.18	22.25	1.6
87	6702	178.2	3317	6.57	39.96	23.95	2.66
88	6669	178.2	3316	7.86	29.43	18.95	1.83
89	6640.6	178.2	3315	8.27	29.69	23.18	1.75
90	6611.5	178.2	3314.05	5.24	57.27	31.51	3.91
91	6585.5	178.2	3314	8.22	33.13	26.79	1.95
92	6543.1	178.2	3314	4.92	49.39	25.74	2.44
93	6511.5	178.2	3312	7.29	31.45	15.52	2.41
94	6477.8	178.2	3311	3.1	83.7	28.49	4.55
95	6448.6	178.2	3311	4.89	50.22	17.18	3.76
96	6422	178.2	3310	6.27	43.32	15.25	4.07
97	6387	178.2	3309	8.83	26.6	14.02	2.38
98	6355.9	178.2	3309	8.01	27.56	19.33	1.55
99	6324.1	178.2	3307	7.39	33.45	16.41	3.22
100	6288.5	178.2	3307	7.21	33.98	20.3	2.63
101	6257.4	178.2	3306	8.18	28.02	16.61	2.06
102	6203.5	178.2	3305	6.33	42.23	24.75	3
103	6173.1	178.2	3305	6.97	35.04	23.1	2.09
104	6140.2	178.2	3303.09	7.46	31.83	15.85	2.88
105	6095.9	178.2	3302	7.34	33.2	13.67	3.23

106	6071.2	178.2	3302	6.19	51.47	46.9	3.69
107	6034.5	178.2	3302	7.87	30.89	30.88	1.48
108	5998.1	178.2	3300.92	6.73	50.4	51.34	2.61
109	5964.2	178.2	3300	6.14	50.72	40.46	3.05
110	5934	178.2	3300	7.52	38.34	42.14	1.79
111	5898.3	178.2	3298.46	2.29	124.89	76.15	3.71
112	5858.7	178.2	3299	2.06	123.38	52.97	3.14
113	5829.2	178.2	3298.25	4.44	67.7	46.33	3.25
114	5808.2	178.2	3296	7.5	32.33	13.81	3.26
115	5781.6	178.2	3296	8.19	29.03	16.19	2.23
116	5738.2	178.2	3296	4.36	54.11	19.76	3.37
117	5707.7	178.2	3296	5.14	45.1	19.35	2.79
118	5678.6	178.2	3294	3.77	67.62	22.13	4.5
119	5647	178.2	3294	5.73	42.64	16.49	3.47
120	5602.8	178.2	3293	7.77	30.26	16.39	2.37
121	5559.1	178.2	3292	2.69	86.89	30.21	3.38
122	5524.9	178.2	3291	5.42	43.34	17.2	3.15
123	5500.6	178.2	3291	6.34	36.8	17.85	2.38
124	5469.7	178.2	3291	6.46	34.7	23.92	1.62
125	5444.6	178.2	3290	6.32	36.46	19.86	2.15
126	5417.8	178.2	3289	5.13	46.61	20.94	3.25
127	5388.8	178.2	3289	6.15	39.74	21.93	2.44
128	5357	178.2	3288	8.2	30.09	27.55	1.45
129	5320.6	178.2	3288	4.59	49.09	27.69	2
130	5277.4	178.2	3286	6.66	38.74	29.39	2.5
131	5241.2	178.2	3286	2.92	82.39	34.78	3.12
132	5200	178.2	3285	5.25	44.37	18.57	2.97
133	5158.8	178.2	3284	4.71	53.69	19.25	3.93
134	5126.7	178.2	3283	3.64	75.75	22.43	5.14
135	5100	178.2	3283	5.67	43.68	16.64	4.05
136	5063.6	178.2	3282.62	8.25	27.91	17.62	2.2
137	5036.2	178.2	3282.13	2.38	99.53	29.98	4.59
138	5009.4	178.2	3282	6.07	43.42	16.94	3.47
139	4985.2	178.2	3281	7.12	32.43	14.78	3.04
140	4959.7	178.2	3281	7.35	32.28	15.2	2.54
141	4933.8	178.2	3280	6.83	37.96	14.23	3.58
142	4907.5	178.2	3280	7.38	31.31	15.12	2.46
143	4887.8	178.2	3279	8.41	26.65	16.03	1.96
144	4865.5	178.2	3279	4.03	59.45	20.76	3.68
145	4843.3	178.2	3279	5.49	43.31	17.34	2.9
146	4821.9	178.2	3278	7.14	32.57	15.76	2.52
147	4801.4	178.2	3278	5.09	49.04	22.36	3.21
148	4787.2	178.2	3278	6.61	39.7	26.34	2.4
149	4771.7	178.2	3277	6.55	42.2	28.85	3.26
150	4748.8	178.2	3277	7.73	28.3	25.05	1.22
151	4721.5	178.2	3276	3.5	72.53	27.03	3.64
152	4700.7	178.2	3276	5.22	45.41	19.73	2.77
153	4670.9	178.2	3275	6.75	33.08	17.34	2.29
154	4643.9	178.2	3274	7.31	31.93	16.87	2.47
155	4620.7	178.2	3273	7.83	30.15	15.26	2.65
156	4599.5	178.2	3273	3.7	68.7	24.62	4.19
157	4571.8	178.2	3271	3.11	85.68	26.93	6.27
158	4543.3	178.2	3272.03	3.01	89.85	30.04	5.2
159	4510.8	178.2	3272	5.45	40.44	11.55	4
160	4479.9	178.2	3272	4.37	67.23	47.18	4.23
161	4459.2	178.2	3272	6.58	38.36	28.51	2.65
162	4439	178.2	3271	7.53	31.43	21.2	2.49

163	4412.4	178.2	3271	2.58	143.38	93	4.22
164	4383.5	178.2	3271	2.95	115.69	84.12	4.05
165	4353.7	178.2	3271	3.86	97.17	84.91	3.8
166	4329.9	178.2	3271	5.11	63.12	77.27	3.05
167	4301.7	178.2	3270	7.34	36.71	37.58	2.26
168	4269.7	178.2	3270	5.78	29.2	38.46	1.56
169	4233.3	178.2	3268	1.12	210.68	84.54	3.89
170	4200.9	178.2	3268	0.7	328.23	117.33	3.91
171	4164.4	178.2	3267	0.65	434.82	142.78	4.91
172	4107.7	178.2	3267	0.61	440.57	135.16	4.91
173	4053.1	178.2	3266	0.54	489.99	123.85	5.91
174	3986.8	178.2	3263.92	0.52	626.14	224.16	7.99
175	3921.6	178.2	3263	0.21	1283.8	228.99	8.91
176	3873.5	178.2	3262	0.16	1594.58	235.17	9.91
177	3825.3	178.2	3260	0.18	1490.8	187.55	11.91
178	3759.3	178.2	3259.26	0.17	1529.74	166.38	12.65
179	3706.1	178.2	3258.41	0.18	1448.96	148.89	13.5
180	3656.7	178.2	3258	0.22	1212.14	118.69	13.91
181	3622.3	178.2	3258	0.23	1154.31	112.5	13.91
182	3602.2	178.2	3258	0.24	1054.84	103.36	13.91
183	3586.8	178.2	3258	0.59	452.97	51.55	13.9
184	3581.5	178.2	3258	0.74	354.13	37.54	13.89
185	3558.8	178.2	3258	4.84	45.15	20.28	3.12
186	3532.5	178.2	3258	6.35	33.3	21.5	1.75
187	3504.3	178.2	3258	4.1	51.77	23.78	2.51
188	3477	178.2	3257	4.04	56.39	20.16	3.42
189	3451.6	178.2	3257	3.86	61.41	22.19	3.41
190	3414.9	178.2	3257	3.25	72.07	26.45	3.43
191	3385.1	178.2	3257	4.93	47.12	22.15	2.62
192	3354.5	178.2	3256	3.69	63.65	24.03	3.74
193	3316	178.2	3256	5.2	42.08	16.3	2.76
194	3279.4	178.2	3255	7.46	32.12	20.16	2.08
195	3224.3	178.2	3254	2.63	97.91	34.93	4.1
196	3184.4	178.2	3254	4.97	57.06	31.28	3.32
197	3150.7	178.2	3253	8.16	32.67	21.47	2.3
198	3113.3	178.2	3253	4.95	51.76	28.39	2.81
199	3068.8	178.2	3252	5.73	47.57	28.47	3.1
200	3040.1	178.2	3252	6.37	42.72	30.87	2.44
201	3004.1	178.2	3251	4.79	63.91	34.23	3.89
202	2958.6	178.2	3249	4.75	59.5	32.54	5.44
203	2932.7	178.2	3248	8.99	27.08	13.26	3.31
204	2919.1	178.2	3247	10.63	21.96	12.1	2.19
205	2883	178.2	3245	10.91	22.61	12.99	2.43
206	2835	178.2	3244	8.73	26.3	10.76	2.87
207	2791.8	178.2	3242.75	8.28	31.09	12.11	3.83
208	2749.4	178.2	3241	9.91	22.86	11.14	2.52
209	2685	178.2	3239	2.77	89.45	22.69	5.11
210	2637.3	178.2	3238	6.26	40.79	11.52	4.46
211	2588.3	178.2	3237.3	5	50.97	12.55	5.37
212	2543.9	178.2	3237	6.05	36.2	10.73	4.63
213	2501.1	178.2	3236	8.56	25.58	9.94	2.88
214	2456.1	178.2	3236	6.21	40.19	12.73	4.16
215	2411.6	178.2	3235	8.53	28.18	12.49	2.87
216	2367.5	178.2	3235	6.65	35.6	14.24	3.05
217	2322.8	178.2	3234	7.14	33.99	13.84	3.23
218	2281.4	178.2	3233	2.99	85.06	25.05	5.4
219	2238.3	178.2	3233	6.26	42.01	14.2	3.98

220	2209.4	178.2	3233	7.43	33.82	16.36	2.85
221	2181.7	178.2	3232.92	7.02	32.23	16.18	2.42
222	2153.8	178.2	3232	7.91	29.02	16.12	2.06
223	2134.9	178.2	3231	4.27	57.19	17.39	4.37
224	2104.6	178.2	3231	3.75	63.96	18.33	4.39
225	2069.9	178.2	3231	3.79	64.59	18.46	4.31
226	2029.9	178.2	3230	3.74	68.96	17.6	5.25
227	1981.7	178.2	3229.88	5.94	40.81	13.74	4.06
228	1915.8	178.2	3229	9.01	25.37	17.43	1.71
229	1841	178.2	3227	6.87	32.67	32.77	1.42
230	1776.1	178.2	3226	5.15	47.57	38.85	1.7
231	1712.4	178.2	3226	3.83	57.31	42.82	1.45
232	1632.1	178.2	3224	5.7	39.5	47.57	0.95
233	1518.1	178.2	3222	3.48	61.97	54.42	1.5
234	1449.6	178.2	3221	4.02	52.92	48.04	1.4
235	1408	178.2	3220.98	3.38	67.92	69.93	1.36
236	1295.8	178.2	3219	4.54	49.19	57.27	1.06
237	1211.4	178.2	3218	3.15	73.29	61.21	1.86
238	1149.6	178.2	3217	3.86	65.19	53.26	2.23
239	1044.4	178.2	3216	5.33	43.14	64.26	0.83
240	963.2	178.2	3214.23	3.51	62.24	55.34	1.54
241	869	178.2	3213	3.92	61.78	77.92	1.44
242	770.5	178.2	3212	3.44	65.93	76.65	1.1
243	672.9	178.2	3210.23	4.02	62.01	79.7	1.27
244	589.2	178.2	3209.68	2.87	80.36	115.44	0.97
245	514	178.2	3208.29	3.54	69.72	107.24	1.01
246	450.4	178.2	3207.79	2.83	85.51	137.96	0.95
247	401.3	178.2	3207	3.64	66.64	134.62	0.65
248	351.1	178.2	3206	2.91	84.74	141.2	0.85
249	292.7	178.2	3204.09	4.61	62.83	135.89	1.14
250	236.5	178.2	3202.96	4.03	66.16	124.14	1.06
251	174.5	178.2	3202	3.19	73.91	103.03	1.2
252	94.8	178.2	3201	3.79	68.55	140.4	0.91
253	46.9	178.2	3200	3.68	70.59	115.86	1.07
254	14.9	178.2	3199.22	4.37	61.49	110.39	0.98

CONDICIONES HIDRAULICAS PARA UN T-500 AÑOS

N°	Código Sección	Caudal total	Elevación mínima del canal	Velocidad media de flujo en el canal principal	Área total de sección transversal de flujo activo	Anchura superior de la sección transversal humedecida	Profundidad máxima del canal principal
		(m3/s)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	(m)
1	8920.1	276.4	3377	7.68	41.45	19.16	2.87
2	8907.2	276.4	3376	8.18	40.49	16.97	3.39
3	8891.8	276.4	3376	7.92	40.82	17.87	3.19
4	8870.7	276.4	3375.88	7.63	42.79	19.51	3.16
5	8853.1	276.4	3375	7.56	43.16	16.24	3.79
6	8836.4	276.4	3374	8.69	38.45	14.31	3.71
7	8810.2	276.4	3373	10.54	29.74	17.09	2.16
8	8793.7	276.4	3372	10.09	32.76	16.87	2.85
9	8780.4	276.4	3371.93	10.59	30.31	18.84	2.11
10	8761.9	276.4	3371	10.18	32.09	18.57	2.35
11	8740.8	276.4	3370.57	9.56	33.56	20	2.33
12	8723	276.4	3370	9.79	32.87	23.93	1.85
13	8701.1	276.4	3370	8.08	37.12	29.41	1.53
14	8680	276.4	3369.38	7.38	41.61	33.74	1.65
15	8653.1	276.4	3368.06	7.93	39.67	33.66	1.59
16	8634.7	276.4	3368	3.4	93.38	40.75	2.93
17	8617.4	276.4	3367.89	3.75	86.33	40.53	2.9
18	8592.8	276.4	3367	5	68.72	34.92	3.15
19	8573.8	276.4	3367	6.46	50	33.09	2.09
20	8548.4	276.4	3366	7.19	43.62	29.28	2.01
21	8527.8	276.4	3366	6.09	52.59	34.14	2.06
22	8504.3	276.4	3365	7	47.44	31.04	2.17
23	8475	276.4	3364	7.31	41.74	25.03	1.99
24	8450	276.4	3363.2	5.32	63.28	29.57	3.37
25	8420.9	276.4	3362.4	7.05	47.14	26.42	2.85
26	8385.4	276.4	3361	8.92	38.72	25.75	2.31
27	8358.7	276.4	3360	8.28	39.9	23.53	2.67
28	8338.6	276.4	3360	7.32	44.07	23.13	2.7
29	8314.9	276.4	3359	8.61	41.08	31.6	2.42
30	8290.8	276.4	3359	6.57	55.98	40.79	2.89
31	8269.9	276.4	3359	7.84	41.57	38.16	1.49
32	8255.5	276.4	3358.06	5.91	58.27	37.03	2.91
33	8225.5	276.4	3357	6.67	47.2	25.78	2.79
34	8193.8	276.4	3356	7.9	43.05	25.51	2.69
35	8161.5	276.4	3355.27	8.43	37.3	27.78	1.91
36	8132.6	276.4	3354	8.56	39.79	27.93	2.26
37	8109.2	276.4	3354	7.27	42.89	26.23	2.02
38	8080.3	276.4	3353	7.89	43.72	29.26	2.24
39	8055.3	276.4	3353	6.53	50.1	31	2.12
40	8032.5	276.4	3352	7.49	42.93	29.92	1.86
41	8011.1	276.4	3350.55	7.73	44.23	31.3	2.62
42	7996.1	276.4	3350	6.65	54.15	30.81	3.36
43	7981.6	276.4	3350	7.21	49.57	28.04	2.95
44	7961.4	276.4	3350	7.99	43.06	29.98	2.13
45	7937.8	276.4	3348.37	8.49	39.63	27.03	2.46
46	7914	276.4	3347	9.42	38.06	24.77	2.69
47	7895.4	276.4	3347	8.63	44.44	30.65	2.78
48	7880.1	276.4	3346.63	8.78	38.78	26.59	2.26
49	7853.5	276.4	3346	7.31	49.21	25.36	3.06
50	7825.2	276.4	3346	7.11	47.48	28.32	2.47

51	7802.3	276.4	3345	8.05	39.95	25.2	2.14
52	7776.3	276.4	3344	2.91	111.25	34.57	4.17
53	7756.9	276.4	3343.18	5.61	59.45	23.84	3.88
54	7737.3	276.4	3343	6.82	48.16	22.21	3.12
55	7716.5	276.4	3342	7.99	44.09	23.68	3.31
56	7695.6	276.4	3342	8	44.62	29.04	2.77
57	7676.5	276.4	3342	7.9	42.82	29.08	2.32
58	7643.7	276.4	3341	8.25	40.48	28.91	2.13
59	7617	276.4	3340	7.92	43.68	27.25	2.65
60	7594.1	276.4	3340	7.55	44.61	30.19	2.31
61	7559.7	276.4	3339	8.04	44.47	34.35	2.27
62	7522.8	276.4	3338	8.3	45.91	37.56	2.32
63	7491.3	276.4	3337	8.24	42.32	31.58	2.19
64	7453.7	276.4	3336	7.66	46.33	32.84	2.47
65	7416	276.4	3335	8.61	39.49	31.85	1.82
66	7376.3	276.4	3334	7.34	49.09	39.46	2.17
67	7333.4	276.4	3333	6.76	56.32	50.23	2.46
68	7297.5	276.4	3332	3.11	116.51	53.24	3.46
69	7263.7	276.4	3331	3	121.07	43.47	4.41
70	7222.7	276.4	3331	5.49	60.63	25.9	3.26
71	7193.1	276.4	3329	8.82	36.95	18.91	2.68
72	7156.4	276.4	3328.78	7.33	47.51	27.13	2.93
73	7130.6	276.4	3328	7.78	42.14	24.86	2.62
74	7107.4	276.4	3328	7.19	46.03	28.47	2.43
75	7081.2	276.4	3327	7.42	46.77	27.37	2.87
76	7050.1	276.4	3326	7.7	33.92	24.74	1.78
77	7025.4	276.4	3325.98	6.15	48.43	35.63	2.12
78	6978.3	276.4	3324	7.66	42.48	30.57	1.96
79	6954.9	276.4	3324	5.93	52.78	32.81	2.15
80	6936.1	276.4	3323	6.67	52.52	35.37	2.57
81	6907	276.4	3322	6.93	54.06	44.19	2.98
82	6872	276.4	3321	7.48	42.31	21.65	2.64
83	6844	276.4	3320.2	3.19	104.3	40.44	4.22
84	6804.1	276.4	3320	3.53	104.67	38.61	4.35
85	6770.6	276.4	3318	6.14	57.86	20.53	5.04
86	6736.5	276.4	3317.51	10.35	31.62	24.06	1.87
87	6702	276.4	3317	7.38	48.56	27.1	3
88	6669	276.4	3316	8.37	39.01	25.45	2.29
89	6640.6	276.4	3315	9.14	36.85	24.62	2.05
90	6611.5	276.4	3314.05	6.22	63.84	32.3	4.12
91	6585.5	276.4	3314	8.67	42.61	30.23	2.28
92	6543.1	276.4	3314	5.36	61.03	27.33	2.88
93	6511.5	276.4	3312	7.39	42.31	17.14	3.08
94	6477.8	276.4	3311	3.21	110.53	32.53	5.43
95	6448.6	276.4	3311	5.2	64.4	18.89	4.54
96	6422	276.4	3310	6.74	54.93	17.05	4.79
97	6387	276.4	3309	9.43	33.73	15.03	2.88
98	6355.9	276.4	3309	9.06	32.61	19.85	1.81
99	6324.1	276.4	3307	8.31	40.74	18.75	3.64
100	6288.5	276.4	3307	8.23	41.37	24.73	2.96
101	6257.4	276.4	3306	8.93	34.48	17.44	2.44
102	6203.5	276.4	3305	7.37	49.9	28.65	3.29
103	6173.1	276.4	3305	7.76	44.81	31.8	2.44
104	6140.2	276.4	3303.09	7.99	40.09	16.45	3.39
105	6095.9	276.4	3302	7.8	43.14	17.81	3.9
106	6071.2	276.4	3302	8.44	49.57	45.06	3.65
107	6034.5	276.4	3302	8.8	37.98	35.99	1.69

108	5998.1	276.4	3300.92	7.92	57.53	55.41	2.74
109	5964.2	276.4	3300	6.62	64.52	46.96	3.37
110	5934	276.4	3300	8.08	48.69	48.39	2.02
111	5898.3	276.4	3298.46	2.48	155.71	82.67	4.1
112	5858.7	276.4	3299	2.36	143.14	54.8	3.51
113	5829.2	276.4	3298.25	4.83	82.62	48.24	3.56
114	5808.2	276.4	3296	6.43	53.61	18.36	4.6
115	5781.6	276.4	3296	8.49	38.12	17.92	2.76
116	5738.2	276.4	3296	4.91	64.89	21	3.9
117	5707.7	276.4	3296	5.59	56.1	20.8	3.34
118	5678.6	276.4	3294	4.03	85.15	23.94	5.26
119	5647	276.4	3294	6.21	53.38	18.08	4.09
120	5602.8	276.4	3293	8.4	37.91	17.7	2.82
121	5559.1	276.4	3292	2.83	111.35	31.59	4.17
122	5524.9	276.4	3291	5.91	53.85	18.37	3.74
123	5500.6	276.4	3291	7.02	44.86	18.75	2.82
124	5469.7	276.4	3291	7.33	41.05	24.72	1.88
125	5444.6	276.4	3290	6.87	45.25	20.94	2.59
126	5417.8	276.4	3289	5.65	57	21.71	3.74
127	5388.8	276.4	3289	6.78	48.17	22.57	2.82
128	5357	276.4	3288	8.84	36.7	27.92	1.69
129	5320.6	276.4	3288	5.4	55.89	28.37	2.24
130	5277.4	276.4	3286	7.21	50.13	37.01	2.84
131	5241.2	276.4	3286	2.96	109.16	37.3	3.87
132	5200	276.4	3285	5.51	57.6	20.64	3.65
133	5158.8	276.4	3284	4.98	69.22	21.49	4.69
134	5126.7	276.4	3283	4	93.89	24.93	5.91
135	5100	276.4	3283	6.07	55.68	18.95	4.72
136	5063.6	276.4	3282.62	8.94	34.77	18.66	2.58
137	5036.2	276.4	3282.13	2.58	123.46	31.41	5.37
138	5009.4	276.4	3282	6.61	54.04	18.28	4.07
139	4985.2	276.4	3281	7.53	41.6	15.91	3.64
140	4959.7	276.4	3281	7.94	40.44	16.23	3.06
141	4933.8	276.4	3280	6.75	52.75	16.11	4.55
142	4907.5	276.4	3280	8.01	39.01	16.02	2.95
143	4887.8	276.4	3279	9.1	33.23	17.02	2.36
144	4865.5	276.4	3279	4.33	75.63	23.46	4.42
145	4843.3	276.4	3279	5.98	54.23	19.26	3.5
146	4821.9	276.4	3278	7.69	41	16.93	3.03
147	4801.4	276.4	3278	6.74	49.25	22.4	3.22
148	4787.2	276.4	3278	7.73	45.01	26.71	2.6
149	4771.7	276.4	3277	7.64	47.51	29.17	3.44
150	4748.8	276.4	3277	8.25	35.33	25.27	1.5
151	4721.5	276.4	3276	3.7	92.73	29.19	4.36
152	4700.7	276.4	3276	5.76	56.06	21.59	3.29
153	4670.9	276.4	3275	7.22	41.68	18.26	2.78
154	4643.9	276.4	3274	7.9	39.91	18.05	2.93
155	4620.7	276.4	3273	4.34	80.67	25.78	5.12
156	4599.5	276.4	3273	3.61	96.63	28.68	5.24
157	4571.8	276.4	3271	3.16	116.96	33.52	7.3
158	4543.3	276.4	3272.03	3.02	123.54	35.54	6.25
159	4510.8	276.4	3272	6.25	50.64	18.37	4.67
160	4479.9	276.4	3272	7.12	51.37	35.16	3.86
161	4459.2	276.4	3272	7.66	46.44	35.82	2.9
162	4439	276.4	3271	8.31	40	26.65	2.85
163	4412.4	276.4	3271	2.83	168.53	93.47	4.49
164	4383.5	276.4	3271	3.33	135.19	84.29	4.28

165	4353.7	276.4	3271	4.29	114.8	85.03	4
166	4329.9	276.4	3271	5.52	79.12	77.38	3.26
167	4301.7	276.4	3270	7.57	51.25	49.58	2.6
168	4269.7	276.4	3270	6.83	37.15	42.82	1.76
169	4233.3	276.4	3268	1.15	272.38	90.92	4.6
170	4200.9	276.4	3268	0.72	410.95	117.48	4.61
171	4164.4	276.4	3267	0.67	535.68	143.06	5.62
172	4107.7	276.4	3267	0.64	536.04	135.41	5.61
173	4053.1	276.4	3266	0.6	577.49	124.33	6.61
174	3986.8	276.4	3263.92	0.55	784.54	224.16	8.69
175	3921.6	276.4	3263	0.24	1445.61	228.99	9.62
176	3873.5	276.4	3262	0.2	1760.83	235.17	10.62
177	3825.3	276.4	3260	0.21	1623.33	187.55	12.62
178	3759.3	276.4	3259.26	0.21	1647.31	166.38	13.36
179	3706.1	276.4	3258.41	0.22	1554.17	148.89	14.21
180	3656.7	276.4	3258	0.27	1295.94	118.69	14.62
181	3622.3	276.4	3258	0.28	1233.74	112.5	14.62
182	3602.2	276.4	3258	0.3	1127.79	103.36	14.61
183	3586.8	276.4	3258	0.73	489.03	51.55	14.6
184	3581.5	276.4	3258	0.92	380.18	37.54	14.58
185	3558.8	276.4	3258	5.19	56.39	22.19	3.65
186	3532.5	276.4	3258	6.87	41.16	22.55	2.11
187	3504.3	276.4	3258	4.22	68.15	25.7	3.18
188	3477	276.4	3257	4.6	66.78	21.37	3.92
189	3451.6	276.4	3257	4.34	73.64	23.3	3.95
190	3414.9	276.4	3257	3.6	87.91	28.19	4.01
191	3385.1	276.4	3257	4.88	64.82	24.48	3.38
192	3354.5	276.4	3256	3.82	84.12	27.05	4.54
193	3316	276.4	3256	5.63	52.33	18.14	3.36
194	3279.4	276.4	3255	8.28	39.04	21.58	2.41
195	3224.3	276.4	3254	3.02	114.96	37.62	4.57
196	3184.4	276.4	3254	5.39	70.71	34.02	3.74
197	3150.7	276.4	3253	8.56	42.89	25.15	2.74
198	3113.3	276.4	3253	5.71	60.02	29.97	3.1
199	3068.8	276.4	3252	6.27	57.9	30.1	3.45
200	3040.1	276.4	3252	4.08	91.89	42.22	3.76
201	3004.1	276.4	3251	4.8	85.6	39.21	4.48
202	2958.6	276.4	3249	5.14	75.62	35.02	5.92
203	2932.7	276.4	3248	9.06	37.24	15.67	4.01
204	2919.1	276.4	3247	10.84	29.22	12.59	2.77
205	2883	276.4	3245	11.59	28.82	14.18	2.88
206	2835	276.4	3244	9.38	33.26	11.65	3.49
207	2791.8	276.4	3242.75	9.36	37.3	13.01	4.32
208	2749.4	276.4	3241	10.7	28.71	11.78	3.03
209	2685	276.4	3239	2.89	116.46	24.58	6.25
210	2637.3	276.4	3238	7.07	49.02	12.23	5.16
211	2588.3	276.4	3237.3	5.67	61.13	13.4	6.15
212	2543.9	276.4	3237	6.46	46.23	12.29	5.5
213	2501.1	276.4	3236	9.13	32.42	10.43	3.55
214	2456.1	276.4	3236	6.73	50.67	13.96	4.94
215	2411.6	276.4	3235	9.24	35.36	13.55	3.42
216	2367.5	276.4	3235	7.73	41.22	14.83	3.43
217	2322.8	276.4	3234	8.04	40.86	14.78	3.71
218	2281.4	276.4	3233	3.2	110.14	30.31	6.32
219	2238.3	276.4	3233	6.69	53.64	15.73	4.75
220	2209.4	276.4	3233	8.31	40.88	17.69	3.26
221	2181.7	276.4	3232.92	7.79	39.09	16.97	2.83

222	2153.8	276.4	3232	8.67	35.55	16.79	2.46
223	2134.9	276.4	3231	8.5	36.73	14.93	3.1
224	2104.6	276.4	3231	4.27	76.01	19.45	5.03
225	2069.9	276.4	3231	4.32	76.49	19.36	4.94
226	2029.9	276.4	3230	4.44	80.12	22.06	5.81
227	1981.7	276.4	3229.88	5.38	71.98	35.46	5.35
228	1915.8	276.4	3229	9.99	30.79	18.31	2.01
229	1841	276.4	3227	7.91	38.46	35.22	1.59
230	1776.1	276.4	3226	5.94	55.05	40.4	1.89
231	1712.4	276.4	3226	4.21	69.94	44.05	1.74
232	1632.1	276.4	3224	6.27	47.78	48.79	1.13
233	1518.1	276.4	3222	3.9	74.62	58.44	1.72
234	1449.6	276.4	3221	4.31	65.74	52.65	1.65
235	1408	276.4	3220.98	3.65	85.2	76.65	1.6
236	1295.8	276.4	3219	5.06	59.8	60.93	1.24
237	1211.4	276.4	3218	3.35	92.47	68.65	2.16
238	1149.6	276.4	3217	4.09	82.21	60.38	2.53
239	1044.4	276.4	3216	5.83	52.9	68.45	0.98
240	963.2	276.4	3214.23	3.82	76.39	57.62	1.79
241	869	276.4	3213	4.5	71.89	81.2	1.57
242	770.5	276.4	3212	3.67	83.58	87.12	1.32
243	672.9	276.4	3210.23	4.55	73.17	83.58	1.4
244	589.2	276.4	3209.68	3.13	97.72	118.28	1.12
245	514	276.4	3208.29	3.89	83.07	107.94	1.14
246	450.4	276.4	3207.79	3.02	107.34	147.76	1.1
247	401.3	276.4	3207	4.04	78.39	134.73	0.74
248	351.1	276.4	3206	3.19	100.88	141.99	0.96
249	292.7	276.4	3204.09	4.97	79.75	157.84	1.25
250	236.5	276.4	3202.96	4.36	89.48	177.66	1.21
251	174.5	276.4	3202	3.48	95.15	143.22	1.37
252	94.8	276.4	3201	4.21	85.1	156.04	1.01
253	46.9	276.4	3200	3.91	91.76	150.15	1.23
254	14.9	276.4	3199.22	4.77	75.45	119.59	1.1

Anexo 14: Panel fotográfico





