

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**COMPORTAMIENTO BIDIMENSIONAL PARA DETERMINAR
MANCHA DE INUNDACIÓN DE LA CUENCA RIO CACHI -
SECTORES DE LARAMATE SANTIAGO DE PISCHA –
HUAMANGA - AYACUCHO**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÍCOLA**

**PRESENTADO POR:
LUÍS ALBERTO FERNÁNDEZ SOSA**

AYACUCHO - PERÚ

2016

DEDICATORIA

A mi madre, por ser la fuente de mi inspiración y a mi padre, quien desde el cielo ilumina mi camino...

AGRADECIMIENTO

A DIOS por esa lluvia de bendiciones que riega sobre mí....

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola por permitirme adquirir conocimientos mediante los cuales se puede servir a la sociedad.

A mi madre Marcosa Sosa. Gracias por convertirte en padre-madre y por sembrar la semilla de los valores-principios desde muy niño.

A mi Ángel de la guarda, mi padre, quien desde el cielo guía mis pasos.

A mis hermanos, por acompañarme y ser mis cómplices en los retos de la vida.

A mi asesor Dr. Jorge E. Pastor Watanabe, por guiarme en este proceso de conocimiento de la carrera de Ingeniería Agrícola.

Al ingeniero Hans Paul Sánchez Tueros por su aporte de sus conocimientos para el buen desarrollo de mi trabajo de tesis.

A todos mis amigos y todos aquellos que me brindan apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice general	iv
Índice de cuadros	ix
Índice de figuras	x
Resumen	xii
INTRODUCCIÓN	1
Justificación	3
Objetivos	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
I. REVISIÓN DE LITERATURA	5
1.1. Antecedentes	5
1.2. Causas que generan una inundación	5
1.2.1. Actividades humanas	7
1.2.2. Exceso de precipitación	7
1.2.3. Fallas de obras hidráulicas	7
1.3. Inundaciones en Perú	7
1.3.1. Inundaciones en la cuenca del río Cachi	8
1.4. El ciclo hidrológico	8
1.4.1. Precipitación	10
1.4.2. Intercepción	10
1.4.3. Evapotranspiración	10
1.4.4. Infiltración	11
1.4.5. Escurrimiento superficial	11
1.4.6. Hidrogramas	11
1.5. Cuenca	12
1.5.1. Microcuenca	12
1.6. La microcuenca y los desastres	14
1.7. Estudio de cuencas hidrológicas	15
1.7.1. Delimitación	15
1.7.2. Hidrografía	16
1.7.3. El Parteaguas	16

1.7.4.	Topografía	16
1.7.5.	Ancho de la cuenca	17
1.7.6.	Orientación de la cuenca	17
1.8.	Caracterización de la cuenca	17
1.8.1.	El parteaguas	18
1.8.2.	Área y perímetro de la cuenca	18
1.8.3.	Elevación Media de la cuenca	19
1.8.4.	Curva hipsométrica o hipsográfica	19
1.8.5.	Área-Elevación	20
1.8.6.	Pendiente media de la cuenca	20
1.8.6.1.	Criterio de Alvord	20
1.8.6.2.	Criterio de Horton	21
1.8.7.	Factor de forma (Kf)	22
1.8.8.	Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad, Kc	22
1.8.9.	La corriente principal	23
1.8.10.	Pendiente del cauce principal	23
1.8.11.	Longitud del cauce principal	24
1.8.12.	Orden de corrientes	24
1.8.13.	Orden de corrientes	25
1.8.14.	Ley de los números de orden de las cuencas	26
1.9.	Análisis meteorológico	27
1.9.1.	Calculo de datos faltantes de precipitación	27
1.9.2.	Análisis de la información de la precipitación	27
1.10.	Análisis hidrométrico	28
1.10.1.	Hidrometría	28
1.10.2.	Métodos de aforo	28
1.10.2.1.	Volumétricos	28
1.10.2.2.	Sección control	29
1.10.2.3.	Sección y velocidad	29
1.10.3.	Estaciones hidrométricas o de aforo	29
1.10.4.	Acervos de información hidrométrica	30
1.11.	Modelos	30
1.11.1.	Importancia de los modelos	30
1.11.2.	Modelos hidrológicos	31
1.11.3.	Modelos hidráulicos	33
1.11.3.1.	Unidimensionales	33
1.11.3.2.	Bidimensional	34

1.12. Modelación hidrológica con el modelo HEC-HMS	35
1.12.1. Modelado de la cuenca	36
1.12.2. Modelado de los componente del proceso	38
1.12.2.1. Precipitación y evapotranspiración	38
1.12.2.2. Volumen total disponible para escorrentía	39
1.12.2.3. Escorrentía superficial	41
1.12.2.4. Flujo base	42
1.12.2.5. Transito del hidrograma por el cauce	42
1.13. Modelación hidráulica unidimensional y bidimensional con el sistema HEC-RAS	43
1.14. Modelación hidráulica con el sistema IBER	45
1.14.1. Ecuaciones hidrodinámicas	46
1.14.2. Fricción de fondo	47
1.14.3. Esquemas numéricos	49
1.14.4. Cálculo de malla	50
1.14.5. Discretización en volúmenes finitos de las ecuaciones	51
1.15. Mapas de índice de riesgos	52
1.16. Los Ríos	55
1.17. Flujo de agua en canales abiertos	56
1.17.1. Tipos de flujo	56
1.17.2. Flujo permanente y no permanente	57
1.17.3. Flujo uniforme Y flujo variado	58
1.17.4. Estado de flujo	64
1.17.5. Rugosidad	65
1.17.6. Sección de control	67
1.17.7. Manchas de Inundación	70
II. MATERIALES Y MÉTODOS	71
2.1. Descripción de la zona	71
2.1.1. Ubicación Política	71
2.1.2. Ubicación geográfica	73
2.2. Materiales	76
2.2.1. Equipos.	76
2.2.2. Programas de Apoyo de Ingeniería	77
2.3. Metodología	77
2.3.1. Fase preliminar	77
2.3.2. Fase de campo	77

2.3.3. Fase de gabinete	78
2.3.4. Mapa base del área de influencia en la cuenca del rio Cachi	79
2.3.4.1. Mapa base del área de influencia en la cuenca del rio Cachi	80
2.3.5. Delimitación de Subcuenca	80
2.3.6. Caracterización de la Cuenca hidrológica	81
2.3.7. Características Morfométricas, fisiográficas e hidrográficas	82
2.3.8. Análisis Hidrometeorológico	83
2.3.9. Selección de estaciones para su análisis	84
2.3.10. Delimitación del área de influencia de las estaciones meteorológicas	85
2.3.11. Análisis estadístico par el área de influencia de la zona de estudio	87
2.3.11.1. Características generales y área de captación de la subcuenca de San Pedro de Cachi	87
2.3.11.2. Calibración del modelo hidrológico	88
2.3.12. Determinación de gastos máximos por periodos de retorno	89
2.3.12.1. Área de influencia en la zona de estudio	89
2.3.13. Modelación hidráulica	90
2.3.13.1. Simulación hidráulica unidimensional y bidimensional, HEC-RAS 5.0.0	91
2.3.13.2. Importar Topografía	91
2.3.13.3. Condiciones de simulación	92
2.3.14. Simulación hidráulica bidimensional, IBER 2.3.2	93
2.3.14.1. Importar la topografía	93
2.3.14.2. Condiciones de frontera	93
2.3.14.3. Condiciones iniciales	94
2.3.14.4. Condiciones de simulación	95
2.3.15. Comparación estadística de resultados de simulación hidráulica	96
2.3.16. Mapas de tirante	96
III. RESULTADOS	98
3.1. Características morfométricas fisiográficas e hidrometeorológicas	98
3.2. Análisis Hidrometeorológico	104
3.2.1. Análisis estadístico para el área de influencia en la zona de estudio	105

3.2.2. Análisis probabilístico por subcuenca	106
3.3. Análisis hidrométrico	107
3.4. Modelación hidrológica	107
3.4.1. Calibración del modelo lluvia escurrimiento	107
3.5. Modelación Hidráulica	112
3.5.1. Simulación hidráulica uni y bidimensional, HEC-RAS	112
3.5.2. Perfiles de los escurrimientos de los distintos TR's	112
3.5.3. Velocidades de los escurrimientos de los distintos TR's	114
3.5.4. Simulación hidráulica bidimensional, Iber 2.3.2	116
3.5.4.1. Tirante de inundación	116
3.5.4.2. Tirante de inundación	117
3.5.4.3. Cota de inundación	117
3.6. Mapas de tirante	118
IV. DISCUSIONES	119
V. CONCLUSIONES	121
RECOMENDACIONES	123
BIBLIOGRAFÍA	124
ANEXOS	127

ÍNDICE DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 1.1	Clasificación convencional de las cuencas atendiendo a su tamaño, según Chow	19
Cuadro 1.2	Caracterización de relieve, según Heras	24
Cuadro 1.3	Coeficiente de rugosidad para la fórmula de Manning (Chow, 1982)	67
Cuadro 3.1	Registro de Estaciones Pluviométricas, Variación geomorfológica.	98
Cuadro 3.2	Registro análisis estadístico y probalístico En los siguientes puntos se muestra el análisis probabilístico y un resumen de Curva Números y cálculo de abstracciones iniciales la, para cada subcuenca	104
Cuadro 3.3	Resumen de Curva de números y Cálculo de Abstracciones iniciales.	105
Cuadro 3.4	Resultados de precipitación máxima en 24 horas por periodo de retorno	105
Cuadro 3.5	Función de distribución de probabilidades	106
Cuadro 3.6	Función de distribución de probabilidades	106
Cuadro 3.7	Ajuste de función de distribución de probabilidades para cada subcuenca	106
Cuadro 3.8	Gastos máximos por TR para la estación hidrométrica y para cada subcuenca de cuenca de río Cachi	107
Cuadro 3.9	Las subcuencas nos muestran, utilizando este CN se obtienen diferencias significativas	108
Cuadro 3.10	Valores obtenidos en la modelación hidráulica según su cota máximo y mínimo en todo el tramo.	114

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.	
Figura 1.1	Ciclo hidrológico del agua.	9
Figura 1.2	Panorama del estudio de una cuenca subcuenca y microcuenca	12
Figura 1.3	Panorama del estudio de una microcuenca	13
Figura 1.4	Panorama del estudio de la microcuenca y de una subcuenca	14
Figura 1.5	Panorama del estudio de una microcuenca	15
Figura 1.6	Panorama de la división de parteaguas por orden	25
Figura 1.7	Ejemplo de malla no estructurada por elementos triangulares	51
Figura 1.8	Diferentes tipos de flujo; FGV= gradualmente variado; FRV = flujo rápidamente variado	59
Figura 1.9	Clasificación de los perfiles de flujo en flujo gradualmente variado	61
Figura 1.10	Condiciones de flujo en un canal prismático largo	69
Figura 3.1	Ubicación de los puntos de control de la sub cuenca A	99
Figura 3.2	Ubicación de los puntos de control de la sub cuenca B.	100
Figura 3.3	Ubicación de los puntos de control de la sub cuenca C.	101
Figura 3.4	Ubicación de los puntos de control de la sub cuenca D.	102
Figura 3.5	Ubicación de los puntos de control de la sub cuenca E.	103
Figura 3.6	Ubicación de los puntos de control de la sub cuenca F.	104
Figura 3.7	Vista de HEC-HMS de la configuración del modelo para la simulación.	108
Figura 3.8	HEC-HMS. Hirogramas para el $Tr=100$ años, Subcuenca A	109
Figura 3.9	HEC-HMS. Hidrogramas para el $Tr=100$ años, Subcuenca B	109
Figura 3.10	HEC-HMS. Hidrogramas para el $Tr=100$ años, Subcuenca C	110
Figura 3.11	HEC-HMS. Hidrogramas para el $Tr=100$ años, Subcuenca D	110
Figura 3.12	HEC-HMS. Hidrogramas para el $Tr=100$ años, Subcuenca E	111
Figura 3.13	HEC-HMS. Hidrogramas para el $Tr=100$ años, Subcuenca F	111
Figura 3.14	HEC-HMS. Hidrogramas para el $Tr=100$ años, Subcuenca en el punto de aforo	112
Figura 3.15	Perfil del río con niveles de agua para periodos de retorno de 50, 100 y 200 años	113
Figura 3.16	Velocidades en el río (m/s), al transitar gastos asociados a los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años	115

Figura 3.17	Curva de gastos vs cota de la SLA en su situación actual	115
Figura 3.18	Vista en planta de las áreas inundadas para un TR de 200 años	116
Figura 3.19	Cota de inundadas para un TR de 50 años	117
Figura 3.20	Cota de inundadas para un TR de 100 años	117
Figura 3.21	Cota de inundadas para un TR de 200 años	118

RESUMEN

En este trabajo se presenta la aplicación de la modelación hidrológica para la determinación de los gastos escurridos por la cuenca del río Cachi, a su paso por los poblados de Laramate y Santiago de Pischa, para los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años, empleando la metodología de número de curva. Además de la modelación hidrológica ArcGIS y HEC-HMS así como la modelación hidráulica bidimensional en los poblados de Laramate y Santiago de Pischa correspondiente al tránsito de avenidas de los periodos de retornos obtenidos en la modelación hidrológica, utilizando el modelo hidráulico bidimensional HEC-RAS y el IBER. A partir de los resultados de las modelaciones se realizó la comparación estadística de los modelos, lo cual resultó que ambos modelos hidráulicos arrojan resultados aproximados. Se elaboraron mapas de tirante e índice de riesgo para cada periodo de retorno que incluye la delimitación de las áreas inundables. Se ha incursionado en el modelamiento bidimensional, que permite un mayor acercamiento y ajuste a la realidad en la determinación de manchas de inundación, por considerar el flujo en estado turbulento, estado que tienen la mayor parte de los eventos de inundación por desborde de ríos.

Palabras claves: Modelamiento, inundación, parámetros, subcuenca, avenidas extraordinarias.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales más valiosos de cualquier país debido a los beneficios sociales y económicos que derivan de su explotación; sin embargo, junto con las ventajas existen también situaciones extremas tales como las inundaciones y las sequías.

Los desastres naturales de inundaciones son fenómenos difícilmente predecibles, por lo tanto son difíciles de prevenir y controlar. Por tal motivo se han generado políticas de acciones en atención a este tipo de desastres naturales, las cuales han sido insuficientes en la mayoría de los casos, repercutiendo en pérdidas materiales y hasta de vidas humanas.

Por su ubicación geográfica en la parte centro del Perú, ha sido afectado por este tipo de fenómenos de forma cíclica, afectando de manera directa la producción agrícola, pecuaria, forestal y daños a la infraestructura. Es por ello que nace la necesidad de realizar estudios a detalle sobre las cuencas del centro peruano, en especial en la cuenca del río Cachi.

En la cuenca del río Cachi, no es ajeno a estos cambios, con consecuencias de erosión de bancos laterales en el valle, producto de las avenidas extraordinarias de los últimos años (2011). Asimismo, la cuenca del río aumenta progresivamente una erosión potencial del suelo dando lugar las inundaciones súbitas con grandes transportes de sedimentos y este es efluente de muchas quebradas con comportamiento de flujo de lodo o flujo de detritos, transportando elevada concentración de materiales detríticos, que se mueven hacia el valle aguas abajo con velocidades de capacidad erosiva.

Por otra parte también es determinante incluir el estudio hidráulico, lo cual nos permite analizar los perfiles de Superficie Libre de Agua (SLA) para el caudal máximo de diseño obtenido en el estudio anterior (Estudio Hidrológico), para finalmente establecer y/o proyectar las alternativas propuestas como la defensa ribereña con las estructuras adecuadas. CENEPRED, (2004).

El río Cachi, establece el límite entre el departamento de Huancavelica y Ayacucho, por tanto, el estudio hace mención la construcción de la Defensa Ribereña que se considera en los tramos de ambas márgenes. La geometría de las secciones transversales, tipo de rugosidad, pendiente de la línea thalweg, entre otros, determinan la variación de la SLA y las características hidráulicas del flujo, observándose una variación en cada tramo considerado, conforme se muestra en los planos topográficos, vistas satelitales y resultados hidráulicos.

Para el tránsito hidráulico, se emplea el programa HEC RAS 2D, el mismo que permite calcular las características hidráulicas y los niveles de la SLA en cada sección transversal. Mediante el estudio hidrológico, es posible conocer y evaluar las características físicas y geomorfológicas de las cuencas, analizando y tratando la información hidrometeorológica existente de la cuenca, asimismo el estudio hidrológico, nos permite analizar y evaluar la escorrentía mediante las técnicas de transformación precipitación - escorrentía escrita en el presente estudio. Para ello, se efectúa en la cuenca del río Cachi.

Justificación

Ante las amenazas de inundación por eventos de precipitaciones extremas que sufren los poblados de Laramate y Santiago de Pischa y los pronósticos de lluvias intensas que se avecinan por el fenómeno del niño, existe una demanda urgente de conocer el comportamiento del flujo del río Cachi más cercano a la realidad ante posibles amenazas de inundación.

A partir de la modelación hidráulica bidimensional, permite tener un mayor acercamiento, y ajuste a la realidad en la determinación de planos de inundación, debido a que el análisis unidimensional es solo aplicable para un estado de flujo laminar que se da en canales trapezoidales, mientras tanto el análisis bidimensional nos permite determinar por completo en los canales abiertos, los eventos de inundación fluvial y desborde de ríos que se dan en su mayoría en un estado de flujo turbulento, que se da por efecto de la viscosidad (las fuerzas viscosas son débiles comparadas con las fuerzas de inercia), donde las presiones y tensiones se alejan del modelo lineal.

Planteamiento de problemas

Debido a su importancia hemos determinado que las constantes amenazas del desborde del río Cachi e inundación por eventos extraordinarios de precipitación que sufre toda la cuenca del río Cachi, los mayores afectados son los sectores de Laramate Santiago de Pischa en el distrito de Santiago de Pischa.

Hipótesis

En la elaboración de mapas de riesgo de inundación se obtienen resultados muy semejantes, aproximados con modelación hidráulica bidimensional de avenidas extraordinarias.

Objetivos:**Objetivo general**

Determinar las condiciones y características hidrológicas e hidráulicas y mancha de inundación de la cuenca del río Cachi en los sectores de Laramate y Santiago de Pischa.

Objetivos específicos

- Determinar los caudales máximos para diferentes periodos de retorno.
- Estimar y modelar el comportamiento del río Cachi en los sectores de Laramate y Santiago de Pischa como un sistema hidráulico.
- Evaluar los puntos de inundación para un tramo de río Cachi mediante la modelización hidráulica bidimensional con Hec Ras e Iber.
Elaborar mapas de tirante e índice de riesgo para cada periodo de

I. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Antecedentes

Una inundación es el evento que debido a la precipitación (lluvia, nieve o granizo extremo), oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica, provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o en el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura, (CENAPRED, 2009)

La existencia de zonas urbanas, industriales, agropecuarias y vías de comunicación en zonas potencialmente inundables es una realidad cada vez más frecuente. Si los riesgos asociados a la interacción entre la acción humana y el medio hídrico no son controlados, generan graves e incluso algunas veces perjuicios irreversibles.

1.2. Causas que generan una inundación

El Perú se encuentra situado en la parte central y occidental de América del sur, con una extensión 1,285.216 km². Según el último censo del año 2007 cuenta con 28.220.764 millones de habitantes. La población urbana equivale al 76% y la población rural al 24% del total. Por su ubicación geográfica, entre el ecuador y el trópico de capricornio, le correspondería un clima eminentemente tropical con lluvias abundantes, de altas temperaturas y vegetación exuberante; sin embargo, estas características se ven afectadas por la presencia de factores como: La Cordillera de los Andes que atraviesa el territorio longitudinalmente, longitudinalmente, por la Corriente Peruana de Humboldt, por el Anticiclón del Pacífico Sur; lo

cual da como resultado un clima diversificado. La Cordillera de los Andes hace que en el Perú, se distingan tres ambientes geográficamente bien definidos: la costa, una franja estrecha de 80 a 150 km de ancho; la región andina o sierra, que constituye la altiplanicie andina y la selva, que es un vasto sector amazónico. Las mayores ciudades se encuentran en la costa, como Piura, Chiclayo, Trujillo, Chimbote, Lima, Ica. En la sierra destacan las ciudades de Arequipa, Cajamarca, Ayacucho, Huancayo y Cuzco. En la selva es Iquitos la más importante, seguida de Pucallpa y Tarapoto. El 54,6% de la población peruana vive en la costa, el 32,0% en la sierra, y el 13,4% en la selva.

- **Hidrografía:** Según el sistema de codificación estándar internacional recientemente aprobado (Pfafstetter), el Perú cuenta a la fecha con 159 Unidades Hidrográficas, distribuidas en tres vertientes:
- **Vertiente del pacífico:** Conformada por 62 ríos: los ríos de la Vertiente del Pacífico se caracterizan porque sólo transportan agua durante la época de lluvia, permaneciendo secos el resto del año. Sólo algunos ríos mantienen caudales significativos a lo largo del año, como los ríos: Tumbes, Chira, Santa, Rímac, Cañete, Majes, Tambo. La precipitación media anual es de 600 mm, lo cual incluye a la costa y a la sierra proviniendo el 95% de esta última. SANDASUR. (2000)
- **Vertiente del atlántico:** Conformada por 84 ríos; los ríos de esta vertiente se caracterizan por una gran longitud, baja pendiente, son ríos de gran magnitud, profundos, navegables y de caudal regular, desaguan en el gran Amazonas, que a su vez desemboca en el océano Atlántico. La precipitación media anual en esta vertiente es de 2400 mm.
- **Vertiente del Titicaca:** Conformada por 13 ríos dispuestos en forma radial y que confluyen en el Lago Titicaca. Son de recorrido corto y pequeñas pendientes. La precipitación media anual de esta vertiente es de 700 mm.

1.2.1. Actividades humanas

La urbanización de las ciudades provoca que el suelo se cubra con una capa impermeable de concreto o asfalto que no permite que el agua de la lluvia penetre en el suelo. Además, la basura que se tira en la calle, tapa de alcantarillas y ocasiona que su capacidad no sea suficiente para conducir grandes volúmenes de agua.

Cuando se talan los árboles para sembrar, se destruye la cobertura vegetal del suelo. Al llover, el agua arrastra la tierra hacia las partes bajas, tapando el drenaje y azolvando los ríos y las presas, lo que favorece las inundaciones, así como la erosión del suelo por lo que esta acción del hombre es doblemente negativa.

Cuando se construyen las viviendas cerca de los ríos y barrancas, al llover mucho el río crece y ante un desbordamiento puede destruirlas. WIKIPEDIA. (2016)

1.2.2. Exceso de precipitación

De noviembre a marzo es la época de ciclones tropicales, por lo que ocurren fuertes lluvias, que pueden inundar grandes áreas.

1.2.3. Fallas de obras hidráulicas

Cuando se rompe una presa, dique o bordo, el agua almacenada sale rápidamente y puede causar graves daños a poblaciones ubicadas en las zonas bajas o aguas abajo.

1.3. Inundaciones en Perú

Las inundaciones en el Perú son un problema recurrente cada año, debido a la estacionalidad de las precipitaciones en la región andina, la cual tiene una época seca y una época de lluvia bien diferenciada, esta última de diciembre a marzo, sumado a los años de presencia del fenómeno del niño hacen que los caudales de los ríos que bajan de la región andina a la costa aumenten varias veces su magnitud, desbordándose y ocasionando daños en ciudades de la costa

específicamente en la región norte del país, como: Tumbes, Piura, y Lambayeque. Algunas veces estas inundaciones han llegado a la ciudad de Lima con los desbordes de los ríos Chillón y Rímac. Igualmente inundaciones de gran importancia se han dado en la costa sur del país, en ciudades como Ica, y Pisco las cuales han dejado cuantiosos daños materiales. En el caso de la región amazónica, por las características propias de su relieve, como una baja pendiente, la dinámica fluvial de los ríos tienen una tasa anual de migración mayores a 200 m ríos como el Ucayali y Marañón, estos suelen cambiar de cursos cada año recuperando llanuras de inundación anteriores, esto no es un problema cuando la presencia de población es nula, lo contrario ocurre cuando existen centros poblados ubicados cercanos al cauce, como es el caso de la ciudad de Pucallpa. Las inundaciones afectan igualmente en los meses de verano por las intensas lluvias, en departamento como Amazonas, Junín, Loreto y Ucayali. En la vertiente del Titicaca, las inundaciones se presentan mayor mente por los desbordes de los ríos Coata, Ramis, esto sumado a la falta de drenaje de las áreas urbanas y la topografía de la zona, hace que colapse el sistema de drenaje. Las ciudades más afectadas son Puno y Juliaca, igualmente en los meses de verano, lo cual coincide con la época de lluvia, acentuándose con la presencia del fenómeno del niño.

1.3.1. Inundaciones en la cuenca del río Cachi

En la cuenca del río Cachi, en el periodo comprendido entre los meses de Diciembre a Marzo de 2011 sufrió severas inundaciones ocasionadas por el desbordamiento del río Cachi y algunos otros afluentes afectando las localidades de Laramate y Santiago de Pischa.

1.4. El ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico, se considera el concepto fundamental de la hidrología. De las muchas representaciones que se pueden hacer de él, la más ilustrativa es quizás la descriptiva, Figura 1.1.

Como todo ciclo, el hidrológico no tiene ni principio ni fin; y su descripción puede comenzar en cualquier punto. El agua que se encuentra sobre la superficie terrestre o muy cerca de ella se evapora bajo el efecto de la radiación solar y el viento. El vapor de agua, que así se forma, se eleva y se transporta por la atmósfera en forma de nubes hasta que se condensa y cae hacia la tierra en forma de precipitación. Durante su trayecto hacia la superficie de la tierra, el agua precipitada puede volver a evaporarse o ser interceptada por las plantas o las construcciones, luego fluye por la superficie hasta las corrientes o se infiltra. El agua interceptada y una parte de la infiltrada y de la que corre por la superficie se evapora nuevamente. De la precipitación que llega a las corrientes, una parte se infiltra y otra llega hasta los océanos y otros grandes cuerpos de agua, como presas y lagos. Del agua infiltrada, una parte es absorbida por las plantas y posteriormente es transpirada, casi en su totalidad, hacia la atmósfera y otra parte fluye bajo la superficie de la tierra hacia las corrientes, el mar u otros cuerpos de agua, o bien hacia zonas profundas del suelo (percolación) para ser almacenada como agua subterránea después aflorar en manantiales, ríos o el mar (Aparicio, 1999)

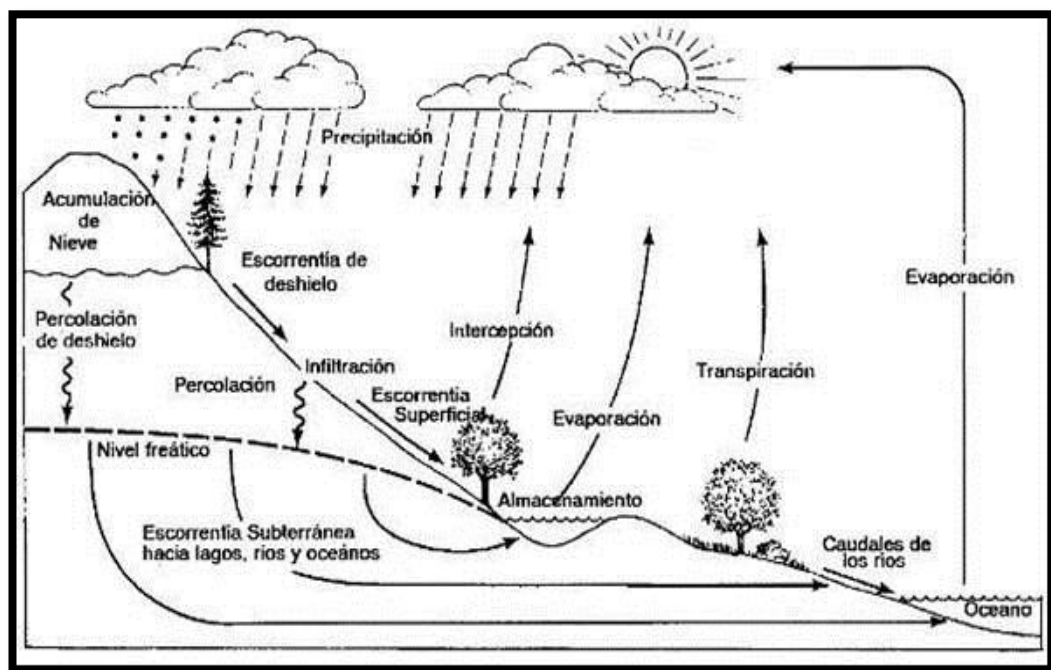


Figura 1. 1. Ciclo hidrológico.

1.4.1. Precipitación

La precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua.

La precipitación depende principalmente del clima y de la temperatura, la cual resulta influenciada en forma notable por los cambios de altitud más que por su latitud, como es el caso de los picos de las montañas cubiertas por nieves y los glaciares existentes en la faja ecuatorial de Sudamérica y África (Campos, 2001).

1.4.2. Intercepción

Se define como intercepción a las precipitaciones que en forma de lluvia, rocío, granizo, etc., quedan parcialmente retenidas por las hojas, ramas o tronco de la cubierta vegetal y de ahí se evaporan nuevamente a la atmosfera. La parte aérea de la vegetación tiene la propiedad de actuar de barrera capaz de interceptar las precipitaciones, variando su influencia y distribución bajo el área de influencia de su cobertura (Chávez, 2007).

1.4.3. Evapotranspiración

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica es importante conocer, por un lado, la cantidad de agua que se pierde por evaporación en grandes depósitos, como presas, lagos o en sistemas de conducción, y, por otro, la cantidad de agua con que es necesario dotar a los distritos de riego, para determinar las fuentes y dimensiones de los sistemas de abastecimiento.

Evaporación es el proceso por el cual el agua pasa del estado líquido en que se encuentra en los almacenamientos, conducciones y en el suelo, en las capas cercanas a su superficie, ha estado gaseoso y se transfiere a la atmósfera.

Transpiración es el agua que se despiden en forma de vapor de las hojas de las plantas. Esta agua es tomada por las plantas, naturalmente, del suelo.

Evapotranspiración es la combinación de evaporación y transpiración. Uso consuntivo es la combinación de evapotranspiración y el agua que las plantas retienen para su nutrición. Esta última cantidad es pequeña en comparación con la evapotranspiración (aproximadamente representa sólo el 1%), por lo que los términos evapotranspiración y uso consuntivo se usan como sinónimos (Aparicio, 1992).

1.4.4. Infiltración

La Infiltración es un elemento importante del ciclo hidrológico interviniente en muchos problemas de evaluación, planificación y diseños de ingeniería.

Se define a la infiltración como al proceso hidrológico por el cual el agua ingresa al suelo a través de su superficie. La superficie a través de la cual se produce el proceso de ingreso del agua al suelo puede ser:

- La superficie del suelo en terreno natural no inundado.
- El lecho de un río o cauce natural o artificial.
- El fondo de una laguna o estero.

1.4.5. Escurrimiento superficial

El escurrimiento se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca. El agua proveniente de la precipitación que llega hasta la superficie terrestre (una vez que una parte ha sido interceptada y evaporada) sigue diversos caminos hasta llegar a la salida de la cuenca (Aparicio, 1992). La manera de valorar el escurrimiento es a través del caudal (Volumen/Tiempo). Generalmente se verán en este tema los caudales expresados en m^3/s , l/s, etc.

1.4.6. Hidrogramas

La representación gráfica de los caudales del curso de agua de una cuenca en función del tiempo se denomina hidrograma. El estudio de hidrogramas de crecida de una cuenca, resulta muy importante para el dimensionamiento de estructura, predicción de hidrogramas, etc.

1.5. Cuenca

Pérez (2001), Dice: que la cuenca es una unidad del territorio en donde funciona la combinación de un subsistema hídrico que produce agua, simultáneamente con los subsistemas ecológico, económico, social y político, también se denomina un sistema integrado por varias subcuencas o microcuencas.

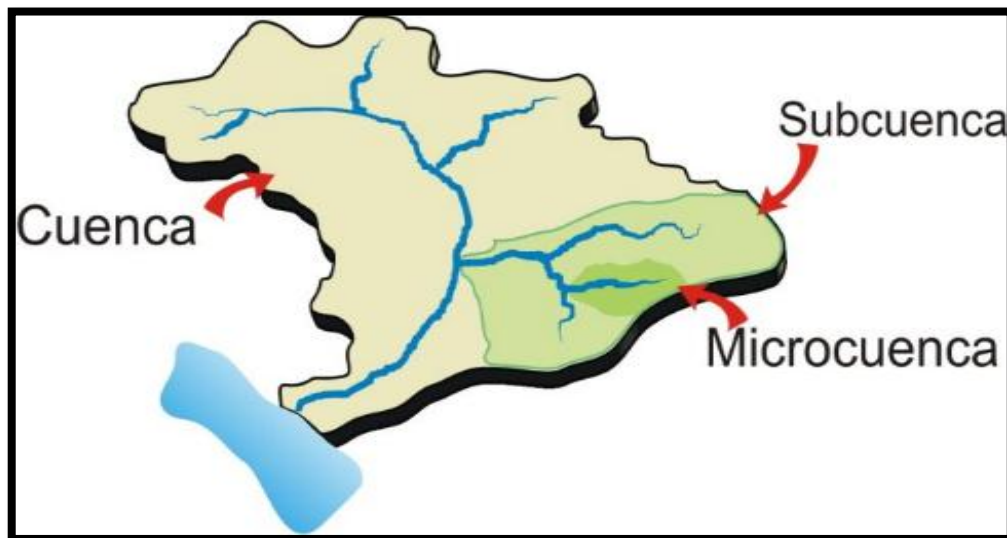


Figura 1. 2. Vista del estudio de una cuenca, subcuenca y microcuenca.

1.5.1. Microcuenca

Sandasur (2000) menciona: Entendemos por cuenca a un espacio natural, en la cual las aguas de lluvia, escurren o filtran hasta llegar a un río o colector principal, a través de quebradas, o afluentes o riachuelos. Dentro de la cuenca, se encuentra la microcuenca, que es un espacio más pequeño.

En una microcuenca encontramos: El agua, el suelo, las plantas y los animales; todos estos forman un conjunto llamado ecosistema en el que se encuentran en equilibrio y en forma estable y los que tienen un rol importante en la conservación del agua. En la microcuenca el hombre forma parte de la naturaleza, realizando actividades para su sobrevivencia como: la vida en el hogar, la agricultura, ganadería, crianza de peces y otras, donde el agua es muy importante y vital. Estas actividades del hombre, muchas veces crean desequilibrios en la naturaleza.

Una microcuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una Subcuenca; es decir, que una Subcuenca está dividida en varias microcuencas.



Figura 1. 3. Imagen de una microcuenca estable.

- **Subcuenca:** Conjunto de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente.
- **Quebrada:** Es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una microcuenca.
- **Cuenca Hidrográfica:** se refiere a la definición geográfica de la misma, es el contorno o límite de la misma que drena agua en un punto en común.
- **Cuenca Hidrológica,** se suele entender como una unidad para la gestión que se realiza dentro de la cuenca hidrográfica (Figura 1.4).

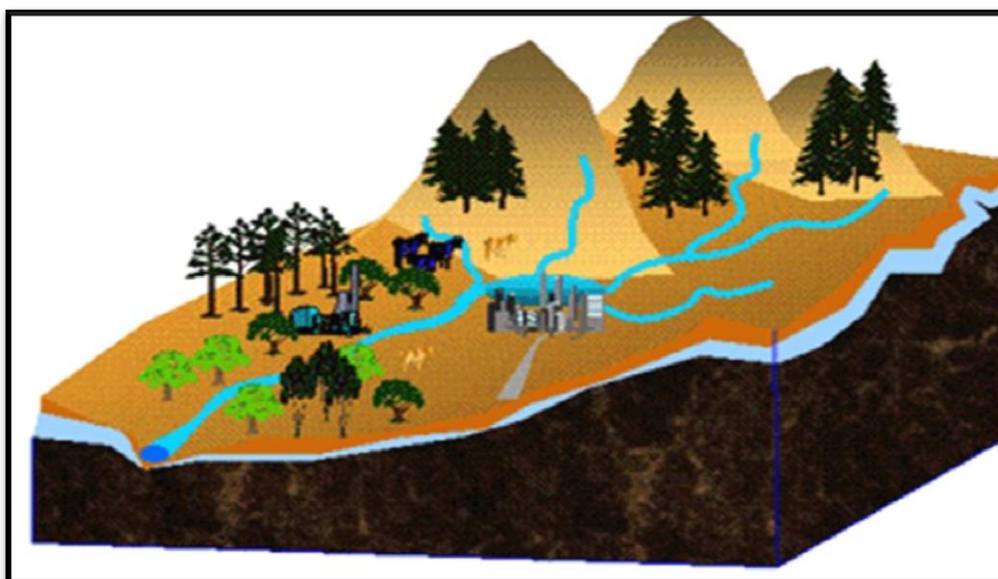


Figura 1. 4. Vista Panorámica fluctuante y permanente de una subcuenca.

1.6. La microcuenca y los desastres

Sandasur (2000), menciona: El desastre es una situación que produce daños a la vida, salud, vivienda, infraestructura, cultivos y al medio ambiente, en nuestra comunidad.

Los desastres se producen por peligros naturales u ocasionados por el hombre. Los principales peligros naturales son: huaycos, deslizamientos, sequías, aluviones, granizadas, inundaciones y terremotos. Los peligros ocasionados por el hombre son: la deforestación, los incendios, el sobrepastoreo, la contaminación con sustancias químicas, etc.

El agua, constituye un peligro cuando cae en forma abundante a través de lluvias torrenciales, produciendo:

- Deslizamientos en suelo sin vegetación, cárcavas y en laderas con fuertes pendientes.
- Inundaciones por el desborde de ríos y lagunas.
- Huaycos en quebradas.



Figura 1. 5. Vista de los desastres que producen en una microcuenca.

1.7. Estudio de cuencas hidrológicas

1.7.1. Delimitación

Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida (Aparicio, 1992).

El área drenada de una cuenca hidrológica es el área en proyección horizontal encerrada por el parteaguas y se determina con el planímetro o bien con otro método que definen superficies de zonas irregulares. El perímetro es la longitud total del parteaguas y por lo regular se utiliza el curvómetro para medirlo.

La forma de la cuenca interviene de manera importante en las características de descarga de un río, en especial en los eventos de avenidas máximas.

Para caracterizar este parámetro se utilizan el coeficiente de compacidad (K_c), la relación de circularidad (R_{ci}) y la relación de elongación (R_e) que son definidos a continuación (Summerfield, 1991).

1.7.2. Hidrografía

Hidrografía de una cuenca es el sistema interconectado de cauces, a través del cual, el agua captada en las partes altas se recolecta y es conducida a las partes bajas. En algunos tramos de los cauces, los bordos o riberas estarán asociados a grandes extensiones planas adyacentes que serán inundadas en la época de avenidas que se le conoce con el nombre de planicies de inundación.

Si la planicie de inundación se ha creado a través de la erosión lateral y retroceso gradual de las paredes del valle, formando una delgada capa de sedimentos, entonces recibe el nombre de erosional (Dingman, 1994).

1.7.3. El Parteaguas

El parteaguas es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas (Aparicio, 1992).

Se ubican los puntos altos que están definidos por las curvas de nivel en el plano (estas curvas son líneas que indican la elevación de los lugares por donde pasan y cuya elevación será igual al valor de la curva).

El parteaguas nunca debe cortar un río, quebrada o arroyo.

Una vez establecida la línea divisoria de la cuenca, se puede conocer mediante métodos sencillos, su área que es de mucha importancia para considerarlo al hacer estimaciones de volúmenes precipitados, el perímetro de la cuenca, la forma de ésta, etc. (Aparicio, 2002).

1.7.4. Topografía

En general, para estudiar una cuenca hidrológica se requieren métodos cuantitativos y cualitativos. En el primer caso, es fundamental definir parámetros que representen algunas características particulares importantes, que pueden ofrecer una información relevante acerca de las variables y los procesos hidrológicos.

La topografía sirve para determinar la longitud del eje mayor de la cuenca que es la máxima longitud que va desde el punto de la descarga o salida de la cuenca al punto más lejano de la cuenca. Este parámetro es importante, ya que da una idea de la forma de la cuenca. Los procesos hidrológicos, por ejemplo el escurrimiento superficial, responden de manera diferente en una cuenca alargada que a la que se aproxima a una forma circular.

1.7.5. Ancho de la cuenca

Es la longitud perpendicular a la longitud del eje mayor de la cuenca y para su estimación se miden las longitudes perpendiculares representativas de cada parte de la cuenca, tomando como referencia la recta que se ha trazado para la longitud del eje mayor.

1.7.6. Orientación de la cuenca

Es el ángulo de orientación a partir del norte geográfico y para su determinación se toma como punto de referencia la descarga o salida de la cuenca y utilizando la recta que representa a la longitud del eje mayor, se determina el ángulo de la orientación a partir del norte geográfico. Este parámetro es importante, ya que los sistemas de circulación atmosférica son fundamentales en lo que respecta al régimen pluviométrico de una cuenca (Hillel, 1980).

1.8. Caracterización de la Cuenca

Una de las herramientas más importantes en el análisis hídrico es la Morfometría de cuencas (Campos, 1992), ya que permite establecer parámetros de evaluación del funcionamiento del sistema hidrológico de una región.

De acuerdo con López (1989), dicha herramienta puede servir también como análisis espacial ayudando en el manejo y planeación de los recursos naturales al permitirnos, en el marco de una unidad bien definida del paisaje, conocer diversos componentes como el tamaño de la cuenca, la red de drenaje, la pendiente media, el escurrimiento, etcétera.

1.8.1. El Parteaguas

Es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas (Aparicio, 1992), Figura 3.5.

El parteaguas de una cuenca se puede delimitar de las siguientes formas:

- Levantamiento topográfico del parteaguas.
- Cartas topográficas (a mano, en escritorio).
- Software especial (por ejemplo SWAT), el cual requiere como alimento el Modelo Digital de Elevación (MDE; sito INEGI o bien comprar las vectoriales de INEGI y convertirlo a GRID o TIN).

1.8.2. Área y perímetro de la Cuenca

Se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas (Aparicio, 1992).

- Sirve de base para la determinación de otros elementos (parámetros, coeficientes, relaciones, etc.).
- Por lo general los caudales de escurrimiento crecen a medida que aumenta la superficie de la cuenca.
- El crecimiento del área actúa como un factor de compensación de modo que es más común detectar crecientes instantáneas y de respuesta inmediata en cuencas pequeñas que en las grandes cuencas.

Siguiendo el criterio de investigadores como Ven Te Chow, se pueden definir como Cuencas Pequeñas aquellas con áreas menores a 250 km^2 , mientras que las que poseen áreas mayores a los 2500 km^2 , se clasifican dentro de las Cuencas Grandes, Cuadro 1.1

Cuadro 1.1. Clasificación convencional de las cuencas atendiendo a su tamaño, según Chow.

Área (km²)	Denominación
< 25	Muy pequeña
25-250	Pequeña
250-500	Intermedia-pequeña
500-2 500	Intermedia-grande
2 500-5 000	Grande
> 5 000	Muy grande

1.8.3. Elevación Media de la Cuenca

La variación altitudinal de una cuenca hidrográfica incide directamente sobre su distribución térmica y por lo tanto en la existencia de microclimas y hábitats muy característicos de acuerdo a las condiciones locales reinantes (Londoño, 2001).

Constituye un criterio de la variación territorial del escurrimiento resultante de una región, el cual, da una base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas de ella.

Para poder determinar la elevación media de una cuenca existen diferentes métodos, a continuación se mencionan los más importantes.

1.8.4. Curva hipsométrica o hipsográfica

La curva hipsométrica, o curva hipsográfica, es la representación gráfica del relieve de una cuenca. Representa el estudio de la variación de la elevación de los varios terrenos de la cuenca, con referencia al nivel medio del mar. Esta variación puede ser indicada por medio de un gráfico que muestre el porcentaje de área de drenaje que existe por encima, o por debajo de varias elevaciones (Londoño, 2001).

Para construir la curva hipsométrica, se debe medir el área comprendida entre los límites de la cuenca y bajo cada isohipsa o curva de nivel. Para trazar la curva hipsométrica, se representan, en un sistema de

coordenadas, las alturas en la ordenada, en función del área acumulada, por encima o por debajo de una cierta elevación, en la abscisa. Esta representación gráfica permite conocer, fácilmente, los porcentajes de área por encima o por debajo de una determinada altura. (Londoño, 2001).

1.8.5. Área-Elevación

La elevación media de la cuenca hidrográfica se determina como el promedio ponderado de las alturas que se encuentran dentro de la cuenca considerada (Londoño, 2001).

En la ecuación (1.1) se muestra la ecuación que permite calcular dicho parámetro.

$$\frac{\frac{H1+2H2}{3}xA1+\frac{H2+H3}{2}xA2+\dots+\frac{2Hn-1+Hn}{3}xA_n}{A1+A2+A3+\dots+A_{n-1}+A_n} \quad (1.1)$$

H = Elevación media de la cuenca, m.

H1, H2, H3,... Hn = altura indicada por las curvas de nivel, desde el punto más bajo hasta el parteaguas, m.

A1, A2, A3,...An = Área comprendida entre las curvas de nivel y la divisoria de aguas, en Km² ó m².

1.8.6. Pendiente media de la Cuenca

El relieve o topografía de una cuenca puede tener más influencia sobre su respuesta hidrológica que la forma de la misma. La pendiente media constituye un elemento importante en el efecto del agua al caer a la superficie, por la velocidad que adquiere y la erosión que produce.

1.8.6.1. Criterio de Alvord

Analiza la pendiente existente entre curvas de nivel, trabajando con la faja definida por las líneas medias que pasan entre las curvas de nivel.

$$S_c = \left(\frac{D}{A}\right) * L \quad (1.2)$$

Dónde:

S_c = Pendiente media de la cuenca, km/km

D = Equidistancia de curva de nivel, km

A = Área de la cuenca, km^2 .

L = Longitud total de las curvas de nivel de equidistancia D , km.

1.8.6.2. Criterio de Horton

Consiste en trazar una malla de cuadrados sobre la proyección planimétrica de la cuenca orientándola según la dirección de la corriente principal. Si se trata de una cuenca pequeña, la malla llevará al menos cuatro (4) cuadros por lado, pero si se trata de una superficie mayor, deberá aumentarse el número de cuadros por lado, ya que la precisión del cálculo depende de ello.

Una vez construida la malla, se miden las longitudes de las líneas de la malla dentro de la cuenca y se cuentan las intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel.

$$S_x = \left(\frac{N_x}{L_x} \right) * D \quad (1.3)$$

$$S_y = \left(\frac{N_y}{L_y} \right) * D \quad (1.4)$$

$$S_c = \frac{S_x + S_y}{2} \quad (1.5)$$

Dónde:

D = Equidistancia de curvas de nivel, m.

L_x = Longitud de las cuadrículas sobre la cuenca sobre eje X, m.

N_x = Número de intersecciones o tangencias de las curvas de nivel de equidistancia D en las líneas al eje x.

S_x = Pendiente de la cuenca en la dirección X, m/m. S_y = Pendiente de la cuenca en la dirección Y, m/m. S_c = Pendiente media de la cuenca, m/m.

1.8.7. Factor de forma (Kf)

El factor de forma de Horton expresa la relación existente entre el área de la cuenca y el cuadrado de la longitud máxima de la misma (Londoño, 2001).

$$K_f = \frac{A_c}{L_c^2} \quad (1.6)$$

Dónde:

Kf = Factor de forma, adimensional,

Ac = Área de la cuenca en km²,

Lc = Longitud de la cuenca en km.

La longitud de la cuenca se mide siguiendo el desarrollo longitudinal del cauce principal, hasta llegar a la divisoria de la cuenca en el punto más alejado. El valor máximo que se puede obtener del factor de forma es 0,7854 para una cuenca completamente circular y, a medida que la cuenca se hace más alargada, el valor tiende a cero (Londoño, 2001).

La longitud de la cuenca se mide siguiendo el desarrollo longitudinal del cauce principal, hasta llegar a la divisoria de la cuenca en el punto más alejado. El valor máximo que se puede obtener del factor de forma es 0,7854 para una cuenca completamente circular y, a medida que la cuenca se hace más alargada, el valor tiende a cero (Londoño, 2001).

1.8.8. Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad, Kc

Designado por Kc e igualmente propuesto por Gravelius, el coeficiente de compacidad se obtiene al relacionar el perímetro de la cuenca (P), con el perímetro de un círculo, que tiene la misma área de la cuenca (A) (Londoño, 2001).

La ecuación (1.7) nos permite el cálculo de este coeficiente.

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1.7)$$

Dónde:

K_c = coeficiente de compacidad,

P = perímetro de la cuenca (longitud de la línea del parteaguas), m,

A = área de la cuenca, m².

Este valor adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de 1 para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Los valores de K_c no son inferiores a 1. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano sea a la unidad, lo cual quiere decir que entre más bajo sea K_c , mayor será la concentración de agua.

1.8.9. La corriente principal

La corriente principal de una cuenca es la corriente que pasa por la salida de la misma. Esta definición se aplica solamente a las cuencas exorreicas (cuencas que vierten sus aguas en una tercera entidad, en una desembocadura). Las demás corrientes de una cuenca de este tipo se denominan corrientes tributarias. Todo punto de cualquier corriente tiene una cuenca de aportación, toda cuenca tiene una y sólo una corriente principal. Las cuencas correspondientes a las corrientes tributarias o a los puntos de salida se llaman cuencas tributarias o Subcuencas. Entre más corrientes tributarias tenga una cuenca, es decir, entre mayor sea el grado de bifurcación de su sistema de drenaje, más rápida será su respuesta a la precipitación (Aparicio, 1992).

1.8.10. Pendiente del cauce principal

La pendiente del cauce se la puede estimar por diferentes métodos, uno de ellos es el de los valores extremos, el cual consiste en determinar el desnivel H entre los puntos más elevado y más bajo del río en estudio y luego dividirlo entre la longitud del mismo cauce L , lo que significa:

$$S = \frac{H}{L} \quad (1.8)$$

Dónde:

S = Pendiente media del cauce, m/m.

H = Desnivel entre los puntos más bajo y más alto, m.

L = Longitud del cauce, m.

La influencia de la pendiente media de la corriente principal se nota, principalmente, en la velocidad de flujo, y en la duración de subida o en la duración total de las avenidas y, por consiguiente, juega un papel importante en la forma del hidrograma. Su influencia se acopla a la de la longitud de la corriente (Londoño, 2001).

Cuadro 1. 2. Caracterización de relieve, según Heras

Pendiente en %	Tipo de terreno
2	Llano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado
25	Fuerte Accidentado
50	Escarpado
> 50	Muy escapado

1.8.11. Longitud del cauce principal

Es la medida del escurrimiento principal de la cuenca, medido desde la parte más alta hasta la salida de la cuenca (Londoño, 2001).

Este parámetro influye en el tiempo de concentración y en la mayoría de los índices Morfométrica. Se obtiene a partir del mapa digitalizado de la red de drenaje.

1.8.12. Orden de corrientes

El orden de corriente se determina como se muestra en la Figura 1.6. Una corriente de orden 1 es un tributario sin ramificaciones, una de orden 2 tiene sólo tributarios de primer orden, etc. Dos corrientes de orden 1 forman una de orden 2, dos corrientes de orden 3 forman una de orden 4, etc., pero, por ejemplo, una corriente de orden 2 y una de orden 3

forman otra de orden 3. En la Orden de corriente en cauces se observa un ejemplo del orden de corriente (Aparicio, 1992).

El orden de una cuenca es el mismo que el de la corriente principal en su salida. Nótese que el orden de una cuenca depende en mucho de la escala del plano utilizado para su determinación; en este sentido, las comparaciones entre una cuenca y otra deben hacerse con cuidado, especialmente cuando los planos correspondientes no están a la misma escala o están editados por diferentes organismos (Aparicio, 1989).

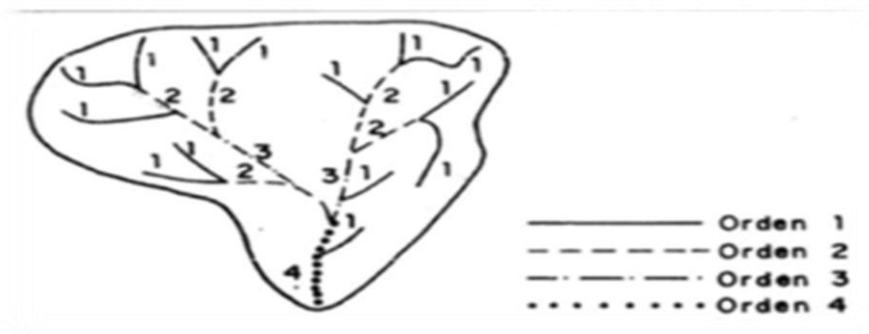


Figura 1. 6. Vista de la división de parteaguas por orden.

Una vez que a los cauces del sistema o red de drenaje se les ha asignado su número de orden, los segmentos de cada orden se cuentan y se miden para tener el número de segmentos N_u de orden u , y la longitud de flujo de cada segmento de orden L_u .

1.8.13. Orden de corrientes

Es la relación entre el número de corrientes de cualquier orden u (N_u) y el número de corrientes en el siguiente orden superior $u+1$ (N_{u+1}):

$$R_{Bu} = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad (1.9)$$

Dónde:

R_{Bu} = Relación de bifurcación de orden u , adimensional.

N_u = Número de cauces de orden u , adimensional.

u = orden de la corriente.

Según Londoño (2011) el valor mínimo teóricamente posible para Rb es 2.0. Aunque en la realidad el valor promedio es del orden de 3.5

1.8.14. Ley de los números de orden de las cuencas

La relación de bifurcación no será precisamente la misma de orden al siguiente, debido a las variaciones aleatorias de la geometría de la cuenca, pero tendrá a ser constante a través de sus series de relaciones de bifurcación, expresada en la ecuación (Chow, 1994).

$$N_u = R_b u^{k-u} \quad (1.10)$$

Dónde:

k = Es el orden del cauce principal.

R_{bu} = Relación de bifurcación de orden u, adimensional.

N_u = Número de cauces de orden u, adimensional

Longitud media de cauces

La longitud media ($\overline{L_u}$), de los segmentos de cauces de orden u es una propiedad dimensional que revela el tamaño característico de los componentes del sistema de drenaje y las superficies de la cuenca que contribuyen a un escurrimiento.

Se mide la longitud de los cauces $\overline{L_u}$, para obtener la longitud media de los cauces de orden u, se divide la longitud total entre el número de segmentos N_u de ese orden.

$$\overline{L_u} = \frac{\sum_{i=1}^{N_u} L_{ui}}{N_u} \quad (1.11)$$

Dónde:

Longitud media de los segmentos de los cauces de orden

$\overline{L_u}$ = Longitud media de los segmentos de los cauce de

N_u = Número de cauces de orden u, adimensional.

1.9. Análisis meteorológico

El análisis de series de tiempo de datos hidrometeorológicos, es una herramienta para analizar la evolución del clima pasado y presente. Una forma de realizarse es mediante el análisis de la precipitación, la temperatura y el escurrimiento, de las estaciones convencionales, ubicadas dentro de la zona de estudio (Roblero, 2013).

1.9.1. Cálculo de datos faltantes de precipitación

Según Campos (2001) los datos o valores faltantes de un registro de lluvias son bastante frecuentes y se deben a una gran variedad de causas. Por ejemplo, debido a desperfectos en el equipo de mediciones, por enfermedad o situación del encargado de las observaciones, por interrupciones debidas a las limitaciones presupuestales, etc. En general los datos faltantes son estimados en base a los registros de las estaciones cercanas, tal es el caso del método llamado Racional Deductivo.

1.9.2. Análisis de la información de la precipitación

La importancia de los datos recabados de la precipitación, radica en la interpretación adecuada que se le pueda dar para evitar conclusiones erróneas al trabajar con datos equívocos o con valores aparentes: Estos errores pueden ocasionarse por causas debidas a los instrumentos de medición, al sitio en que se encuentra la estación, a los métodos empleados para registrarlos y al factor humano que puede ser apreciable, etc.

Para el análisis de la precipitación se utilizan los registros históricos de la precipitación diaria observada en las estaciones meteorológicas instaladas en todo el país. A partir de esta información se sintetizan los diferentes expresiones de ella, como son la precipitaciones mensuales, anuales, medias mensuales, y medias anuales, ecuaciones 20 a 24 (Chávez, 2007).

1.10. Análisis hidrométrico

El análisis de series de tiempo de datos hidrométricos, es una herramienta para analizar la evolución del escurrimiento, de las estaciones hidrométricas convencionales, ubicadas dentro de la zona de estudio (Roblero, 2013).

1.10.1. Hidrometría

La medición del agua y en especial la de los caudales, con fines hidrológicos, se denomina hidrometría que no es más que la aplicación de los principios de la hidráulica en la medida de los escurrimientos.

El régimen de los caudales de una corriente de agua durante un período determinado, es el único término del balance hidrológico de una cuenca que se puede medir con una precisión aceptable; los otros términos del balance hidrológico como la precipitación, evaporación, transpiración, infiltración, no pueden ser sino estimados mediante fórmulas hidrológicas aproximadas. El dato del caudal es básico e indispensable para los estudios de factibilidad técnica del tipo y forma de los aprovechamientos hidráulicos para plantear los sistemas de recursos hidráulicos. Estos datos se obtienen en las llamadas “estaciones hidrométricas o de aforo” que permiten observar y medir, en series de tiempo, tan largas y frecuentes como sea posible, los caudales escurridos en puntos característicos del río principal, aforar una corriente en una sección consiste en determinar el gasto y volumen de agua que pasa por unidad de tiempo.

1.10.2. Métodos de aforo

Los métodos de medición de corrientes de agua o de aforo se clasifican en: volumétricos, sección-control, sección-pendiente y sección-velocidad.

1.10.2.1. Volumétricos

Se emplea, por lo general, para la determinación de caudales muy pequeños y se requiere de un recipiente para recolectar el agua. El

caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen (Franquet, 2009).

1.10.2.2. Sección control

El lugar donde se va a efectuar la medición se conoce como la “sección transversal del curso de agua”. Cuando una sección está calibrada significa que se conoce la variación de la altura del nivel del agua y el caudal. Para el caso de medidores y vertederos existen las fórmulas adecuadas en función de la altura y en los casos de los ríos y arroyos se tienen las curvas de calibración llamadas $(h-Q)$ (Franquet, 2009).

1.10.2.3. Sección y velocidad

Es el utilizado para medir el caudal o gasto en las estaciones hidrométricas, se basa en la ecuación de continuidad. El método se aplica en cauces que lleven agua y es el que se utiliza en las todas las estaciones hidrométricas del país, para lo cual se sigue un procedimiento estándar. Se determinan por separado el área de la sección transversal del cauce y la velocidad del agua que pasa por la sección hidráulica. El área se determina mediante sondeos o por algún otro procedimiento topográfico y la velocidad del agua por flotadores, molinetes y sondeos (Roblero, 2013).

1.10.3. Estaciones hidrométricas o de aforo

El escurrimiento se mide en sitios seleccionados y acondicionados para la observación y medida del gasto o caudal de la corriente, están localizadas generalmente en tramos de los cauces de los ríos o arroyos, rectos sin meandros aguas arriba y abajo y que no se erosionen fácilmente, para que la sección se mantenga lo más estable en el tiempo.

Los escurrimientos se miden en diferentes formas, como son: niveles de agua en el cauce, caudales instantáneos que pasan en un sitio determinado del cauce y volúmenes de agua que pasan por un sitio

determinado y en un período de tiempo dado; los niveles, en metros; el caudal o gasto, en m^3/s o l/s [L^3/T] y los volúmenes, en m^3 .

1.10.4. Acervos de información hidrométrica

La frecuencia con que se registra el caudal en una estación hidrométrica depende de cómo se presenten los escurrimientos: si el escurrimiento es regular y no presenta grandes variaciones en general se realizan una o dos observaciones al día; cuando se presentan fuertes variaciones del caudal en el tiempo, como es el caso de la ocurrencia de avenidas, la frecuencia de la observación del gasto es mayor, que puede ser de horas entre observaciones, con el objeto de registrar el ascenso, pico y descenso del valor del caudal de la avenida.

En principio, la importancia del uso de los registros está en conocer los caudales o gastos diarios obtenidos en los aforos y sus expresiones sintéticas como: la media diaria, la mensual, la media mensual, etc., en Perú la red de estaciones hidrométricas está a cargo de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) mediante la Autoridad Local del Agua (ALA), que contiene bases de datos hidrométricos a nivel diario, de la red de estaciones hidrométricas del país (Roblero, 2013).

1.11. Modelos

Un modelo es una representación abstracta, conceptual, gráfica o visual-física, matemática, de fenómenos, sistemas o procesos a fin de analizar, describir, explicar, simular - en general, explorar, controlar y predecir esos fenómenos o procesos. Un modelo permite determinar un resultado final a partir de datos de entrada. Se considera que la creación de un modelo es una parte esencial de toda actividad científica.

1.11.1. Importancia de los modelos

La importancia de los modelos radica en la predicción de fenómenos a largo plazo en un tiempo relativamente corto, permite obtener relaciones de causa y efecto sin haber realizado cambios en el sistema real

(Benavides, 1998). Dentro de los usos y ventajas sobre los modelos matemáticos son:

- Se tienen respuestas cuantitativas de los fenómenos.
- Dan idea de los puntos en los cuales no se tienen información.
- Ayudan a definir metodologías.
- Ayudan a la investigación debido a que categorizan variables.
- Ayudan a interpolar y predecir el fenómeno.
- Ayudan a sugerir prioridades
- en la investigación y desarrollo.
- Ayudan a imaginar el funcionamiento del fenómeno físico.
- Son una herramienta para experimentar sin destruir ni alterar el fenómeno real.

1.11.2. Modelos hidrológicos

Los modelos hidrológicos son una herramienta de gran importancia para el estudio de avenidas, estos modelos se ha extendido por todo el mundo, fundamentalmente en países desarrollados. En la actualidad, con el empleo de estos modelos, se realiza el análisis y la prevención de las inundaciones; además, es posible manejar hipótesis suficientemente realistas o previsibles que ofrezcan un cierto grado de confianza para la toma de decisiones, ya sea en la ordenación del territorio en torno a los ríos o para exigir criterios de diseño de obras e infraestructuras capaces de soportar y funcionar adecuadamente en situaciones de emergencia. Incluso, alertar a los servicios de protección civil y establecer protocolos de actuación ante posibles situaciones de peligro por intensas lluvias (Roblero, 2013).

Se han desarrollado muchos modelos computacionales de cuencas entre los más utilizados se encuentran el Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System (HEC-HMS por sus siglas en inglés) del Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU. (U.S. Army Corps of Engineers: USACE); el TR-20 del Servicio de Conservación de Suelos, USDA y el SWMM (Modelo de

Gestión de Agua de Tormenta) de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (Roblero, 2013).

El HEC-HMS y el TR-20 se utilizan para generar hidrogramas de crecidas en el análisis y diseño de esquemas de control de flujo, mientras que el SWMM se adapta a los análisis y las aplicaciones de diseño que involucran determinaciones simultáneas de cantidad y calidad de agua. Estos tres modelos son llamados modelos de evento. (Roblero, 2013).

El TOPMODEL (Topographical Model) y SHE son los modelos estándar para análisis hidrológicos en muchos países de Europa. El TOPMODEL está bastante ligado al análisis y procesamiento de la información digital del terreno. Está definido como un modelo conceptual de área de contribución variable, el cual subdivide la cuenca en pequeños elementos y para cada uno de ellos estima el área aguas arriba que drena a través del elemento, la longitud del lado por donde sale el agua hacia otros elementos aguas abajo y la pendiente del elemento (Roblero, 2013).

El programa Modelo para pronóstico de escurrimiento (MPE), desarrollado en lenguaje de programación Visual Basic, tiene la finalidad de obtener el hidrograma de escurrimiento de una cuenca con un modelo de parámetros distribuidos. El método empleado para la producción del escurrimiento está basado en el del número de curva o SCS (Soil Conservation Service), con una modificación que permite considerar el secado del suelo después de una lluvia que se denominó factor de olvido, el cual hace que las aportaciones de las lluvias antecedentes vayan disminuyendo conforme pasa el tiempo. Con este parámetro se consideran las pérdidas por evapotranspiración. La transferencia del escurrimiento se hace con el método de Clark modificado (Roblero, 2013).

1.11.3. Modelos hidráulicos

La mayoría de los modelos hidráulicos se utilizan para la modelación de inundaciones, a continuación se mencionan algunas características de los modelos más utilizados.

1.11.3.1. Unidimensionales

Según Roblero (2013), los modelos unidimensionales más utilizados son: HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System), este “Sistema de Análisis de Ríos” es un modelo numérico para flujo unidimensional, con capacidad para trabajar con flujos mixtos subcrítico y supercrítico. Es un programa desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers: USACE). Puede modelar estructuras fluviales como diques, puentes, alcantarillas y barajes.

MIKE 11 es un sistema de modelación matemática para la simulación de flujos, calidad del agua, transporte de sedimentos y procesos morfológicos de erosión y sedimentación en ríos, estuarios, redes de canales de riego y drenaje y otros cuerpos de agua. Es un sistema de programación integrado, que conecta un número de módulos independientes a través de un sistema de menú estructurado. Esta característica modular provee un ambiente amigable y racional y realza la flexibilidad del programa, lo cual presenta las siguientes ventajas: cada módulo puede manejarse separadamente, transferencia automática de datos entre los distintos módulos y facilidad para el acople de procesos físicos (morfología de ríos, suspensión de sedimentos y calidad del agua). Es un modelo matemático unidimensional para el análisis detallado, diseño, manejo y operación de sistemas simples y complejos de ríos y canales. Debido a su gran flexibilidad, velocidad y ambiente amigable, suministra un completo y efectivo ambiente de diseño para aplicaciones en ingeniería, control y aprovechamiento de recursos hídricos, control de calidad del agua y planeación. El modelo matemático MIKE 11 posee una serie de módulos básicos: Hidrodinámico, advección-dispersión, Calidad del Agua y Transporte de Sedimentos no Cohesivos. Dispone de módulos adicionales que pueden acoplarse a la

mayoría de estos módulos básicos para simular otros procesos asociados.

1.11.3.2. Bidimensional

Los modelos hidrodinámicos bidimensionales utilizan las ecuaciones de conservación de la masa y momento expresadas en dos dimensiones y los resultados se calculan en cada punto de la malla en el dominio de solución. Los modelos bidimensionales pueden resolverse usando el método de los elementos finitos. Tienen la desventaja de requerir un mayor tiempo de implementación, y una alta demanda de datos y tiempo computacional.

Según Roblero (2013), los modelos bidimensionales más comerciales son:

FLO-2D es un modelo bidimensional de diferencias finitas simula el flujo de fluidos no-newtonianos, aguas claras, fangosas y con escombros de vegetación, sobre una topografía compleja, urbanizada o no; estima el flujo hidráulico, y predice el área de inundación y las profundidades y velocidades máximas del flujo. No contempla el arrastre de sedimentos en cuanto a zonas de deposición y erosión. La utilidad del modelo radica en la aplicación a diversos problemas no convencionales de inundación tal como flujo no confinado, flujos divididos, flujos de barro y complejos flujos urbanos. Simula el flujo de barro sobre las planicies de inundación. El modelo requiere de archivos de datos donde se incluyen los procesos físicos tales como el flujo en el canal, flujo bajo puentes, flujo en alcantarillas, precipitación, propiedades geológicas de la mezcla de agua con sedimentos, infiltración, etc., es decir, aquellos archivos que controlen la simulación de la inundación y añaden detalle a la rutina de inundación. Las ecuaciones básicas por las cuales se rige el modelo son la ecuación de la continuidad las cuales son resueltas usando el algoritmo de diferencias finitas, resuelve la ecuación de momento para la velocidad del flujo en cada celda. Las limitaciones del programa con respecto al canal son: No modela el flujo alrededor de las pilas de un puente, el

sobre-elevación del canal en las curvas, los saltos hidráulicos, la sedimentación y erosión del canal y de la superficie de escurrimiento.

TUFLOW es un modelo que tiene una amplia gama de aplicaciones con capacidades similares a otros modelos de inundaciones. En comparación con los principales modelos de simulación de inundaciones, cuenta con un mejor manejo de datos y cálculos más rápidos, ofrece modelado hidrodinámico estable, robusto y eficiente, a una fracción del costo de otros modelos de gama alta. Se utiliza para el modelo de aguas costeras, estuarios, ríos, llanuras de inundación y entornos urbanos de drenaje. Se adapta a las inundaciones en ríos a través de un complejo como son tuberías urbanas, junto con los estuarios costeros y el sistema hidráulico, ofrece una flexibilidad sin precedentes y robustez.

IBER es un modelo matemático bidimensional para la simulación de flujos en ríos y estuarios promovido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX y desarrollado en colaboración con el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, GEAMA (de la Universidad de La Coruña), los campos de aplicación son: simulación del flujo en lámina libre en cauces naturales, evaluación de zonas inundables, cálculo hidráulico de encauzamientos, cálculo hidráulico de redes de canales en lámina libre, cálculo de corrientes de marea en estuarios, estabilidad de los sedimentos del lecho, procesos de erosión y sedimentación por transporte de material granular. El modelo consta de módulos: hidrodinámico, turbulencia, y transporte de sedimentos por carga de fondo y por carga en suspensión.

1.12. Modelación hidrológica con el modelo HEC-HMS

El Sistema de Modelación Hidrológico del Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU. (U.S. Army Corps of Engineers: USACE), Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System (HEC-HMS por sus siglas en inglés) es aplicado en muchas investigaciones, ya que es un programa computacional gratuito y de amplia utilización internacional en el estudio

de avenidas, el cual provee una variedad de opciones para simular procesos de precipitación - escurrimiento y tránsito de caudales (Feldman, 2000).

Este modelo utiliza métodos de precipitación-escorrentía para estimar los hidrogramas de escorrentía directa generados por las precipitaciones en una cuenca o región durante un período especificado. Es un programa flexible que permite al usuario la selección de diferentes métodos para el cálculo de pérdidas, hidrogramas, flujo base y propagación en cauces. Posibilita realizar simulaciones de los procesos hidrológicos a nivel de eventos o en forma continua. Los primeros simulan el comportamiento de un sistema hídrico durante un evento de precipitación.

El sistema HEC-HMS incluye en su formulación modelos de eventos y modelos continuos, que permiten abordar el tratamiento de ambos tipos de situaciones. A continuación se exponen las diferentes alternativas consideradas en la modelación de la cuenca y en la modelación de los diferentes componentes específicos que intervienen en el proceso general de transformación de precipitaciones en caudales (Consejería de medio ambiente, gobierno de Cantabria, 2004).

1.12.1. Modelado de la cuenca

En este sentido, el programa HEC-HMS incluye diferentes tipos de elementos, cuya descripción y funcionalidad se indican a continuación (U.S. Army Corps of Engineers, 2010).

- **Subcuenca:** Este tipo de elemento se caracteriza porque no recibe ningún flujo entrante y da lugar a un único flujo saliente, que es el que se genera en la subcuenca a partir de los datos meteorológicos, una vez descontadas las pérdidas de agua, transformado el exceso de precipitación en escorrentía superficial y añadido el flujo base. Se utiliza para representar cuencas vertientes de muy variado tamaño.

- **Tramo de cauce:** Se caracteriza porque recibe uno o varios flujos entrantes y da lugar a un solo flujo saliente. Los flujos entrantes, que provienen de otros elementos de la cuenca, tales como subcuencas u otros tramos de cauce, se suman antes de abordar el cálculo del flujo saliente. Este tipo de elementos se suele utilizar para representar tramos de ríos o arroyos en los que se produce el tránsito de un determinado hidrograma.
- **Embalse:** Es un tipo de elemento que recibe uno o varios flujos entrantes, procedentes de otros elementos, y proporciona como resultado del cálculo un único flujo saliente.
- **Confluencia:** Se caracteriza porque recibe uno o varios flujos entrantes y da lugar a un solo flujo saliente, con la particularidad de que el flujo saliente se obtiene directamente como suma de los flujos entrantes, considerando nula la variación del volumen almacenado en la misma. Permite representar la confluencia propiamente dicha de ríos o arroyos, aunque ello no es imprescindible, ya que los flujos entrantes pueden proceder también de Subcuencas parciales.
- **Derivación:** Este tipo de elemento se caracteriza porque da lugar a dos flujos salientes, principal y derivado, procedentes de uno o más flujos entrantes. Se puede utilizar para representar la existencia de vertederos laterales que derivan el agua hacia canales o zonas de almacenamiento separadas del cauce propiamente dicho.
- **Fuente:** Junto con la subcuenca, es una de las dos maneras de generar caudal en el modelo de cuenca. Se suele utilizar para representar condiciones de contorno en el extremo de aguas arriba, y el caudal considerado puede proceder del resultado del cálculo efectuado en otras cuencas.

- **Sumidero:** Recibe uno o varios flujos entrantes y no da lugar a ningún flujo saliente. Este tipo de elemento puede ser utilizado para representar el punto más bajo de una cuenca endorreica o el punto de desagüe final de la cuenca en cuestión. La combinación de estos tipos de elementos, con las adecuadas conexiones entre ellos, constituye finalmente la representación esquemática de la cuenca total.

1.12.2. Modelado de los componente del proceso

Ante la práctica imposibilidad de abordar de manera global la modelación del proceso de transferencia lluvia-caudal, se suele optar generalmente por analizar, de manera individualizada, diferentes aspectos parciales del proceso. Este es también el criterio adoptado en el programa HEC-HMS.

1.12.2.1. Precipitación y evapotranspiración

La precipitación constituye la entrada principal al proceso hidrológico antes descrito. Dado que la información disponible sobre la precipitación es limitada, tanto a nivel espacial como temporal, es necesario recurrir a algún procedimiento que permita establecer un modelo de precipitación acorde con el objetivo perseguido en cada caso. En este sentido, puede ser necesario disponer de datos de precipitación en forma de series continuas en períodos largos de tiempo, o bien, de hietogramas de diseño en períodos cortos de tiempo.

En el primero de los casos, el programa HEC-HMS contempla diferentes posibilidades, según el tipo de distribución espacial que se considere para la precipitación en el conjunto de la cuenca o subcuenca objeto de análisis. Si se admite la hipótesis de distribución espacial uniforme, existen diferentes alternativas para determinar el valor de la precipitación media sobre el conjunto de la superficie, a partir de la información puntual registrada en una serie de pluviómetros:

- Media aritmética o ponderada, con diferentes criterios de ponderación.
- Polígonos de Thiessen.

- Método de las isoyetas, si bien este procedimiento es razonablemente aplicable cuando se trata de valores a nivel decenal, mensual o anual.

Si se considera que la distribución espacial de la precipitación no es uniforme, las alternativas que contempla el programa HEC-HMS son, por una parte, la utilización de datos obtenidos mediante radar, que proporcionan los valores registrados directamente sobre una cuadrícula. Por otro lado, se puede utilizar también un algoritmo que proporciona el valor de la precipitación en un punto, o en una zona de pequeña extensión, como media ponderada de los valores registrados en diferentes pluviómetros, con coeficientes de ponderación que tienen en cuenta el inverso del cuadrado de la distancia al pluviómetro correspondiente.

Para el establecimiento de hietogramas de diseño en períodos cortos de tiempo, el programa HEC-HMS contempla diferentes posibilidades, algunas de las cuales resultan un tanto sofisticadas. No obstante, se considera también la posibilidad de utilizar un hietograma definido por el usuario, basado generalmente en análisis estadísticos llevados a cabo sobre registros históricos en pluviómetros o pluviógrafos representativos. En cuanto a la evapotranspiración, cabe señalar que su conocimiento no es relevante cuando se trata de analizar la respuesta hidrológica de la cuenca frente a precipitaciones ó tormentas de corta duración. En los casos de simulación continua, el programa HEC-HMS contempla la posibilidad de definir valores medios mensuales, determinados según los métodos habitualmente utilizados en Hidrología.

1.12.2.2. Volumen total disponible para escorrentía

De acuerdo con lo indicado anteriormente, el volumen total de agua disponible para escorrentía superficial es el resultado de descontar de la precipitación el agua

Interceptada, por la vegetación, infiltrada en el suelo, almacenada en la superficie del mismo, evaporada desde diferentes superficies o transpirada a través de las plantas.

El programa HEC-HMS contempla diferentes alternativas para cuantificar estas pérdidas de agua:

- Establecimiento de un umbral de precipitación, por debajo del cual no se produce escorrentía superficial, y una tasa constante de pérdidas por encima del citado umbral.
- Utilización del concepto de número de curva (CN), desarrollado por el U.S. Soil Conservation Service (SCS), teniendo en cuenta los usos del suelo, el tipo de suelo y el contenido de humedad previo al episodio lluvioso que se considera.
- Método de Green y Ampt, que tiene en cuenta, entre otros, aspectos tales como la permeabilidad del suelo y el déficit inicial de humedad del mismo.
- Modelo SMA (Soil Moisture Accounting), que permite simular el movimiento del agua a través del suelo y del subsuelo y el escurrimiento superficial del exceso.

En cuanto a la aplicabilidad de estos modelos a las diferentes situaciones que se pueden plantear, cabe comenzar por señalar que el modelo SMA está especialmente indicado en los casos de simulación continua, mientras que los tres restantes se utilizan en los casos de tormentas de corta duración, si bien primero de los modelos mencionados también se puede utilizar en los casos de simulación continua.

En general, desde el punto de vista de variación espacial de los valores de los parámetros implicados, los modelos se pueden clasificar en agregados o distribuidos. En el primero de los casos, los parámetros mantienen un valor constante dentro de cada subcuenca, pudiendo existir diferencias entre unas subcuencas y otras, mientras que en el caso de modelos distribuidos lo habitual es que los valores de los parámetros varíen de un punto a otro, en el interior de cada subcuenca. En este último caso, suele ser necesario completar la representación de la subcuenca en cuestión, mediante la superposición de una malla rectangular de celdas, de tamaño más o menos grande, según la precisión deseada y la información disponible.

En relación con los modelos concretos aquí mencionados, es interesante señalar que el método de Green y Ampt es de tipo distribuido; el modelo SMA y el basado en el concepto de número de curva presentan sendas versiones de tipo agregado y distribuido; y el modelo basado en el establecimiento de un umbral de precipitación y una tasa constante de pérdidas es de tipo agregado.

Finalmente, cabe señalar que todos ellos son de tipo empírico, lo cual significa que los valores de los parámetros no pueden ser determinados a partir de mediciones específicas, sino que deben obtenerse mediante el oportuno proceso de calibrado o ajuste, o bien ser estimados a partir de las características de la cuenca.

1.12.2.3. Escorrentía superficial

Otro de los aspectos que es susceptible de ser analizado de manera individualizada es el referente al desarrollo de la escorrentía superficial y su concentración en un determinado punto del cauce. El programa HEC-HMS contempla dos posibles alternativas, basadas en modelos de tipo empírico o conceptual, respectivamente.

Entre los modelos de tipo empírico, basados todos ellos, en mayor o menor medida, en el concepto de hidrograma unitario, propuesto originalmente por Sherman en 1932, el programa permite seleccionar uno de los siguientes:

- Hidrograma unitario definido por el usuario.
- Hidrograma sintético de Snyder.
- Hidrograma del Soil Conservation Service.
- Hidrograma de Clark (original y modificado).

Todos ellos son de tipo empírico, como ya se ha indicado antes, y son aplicables, en principio, a tormentas de corta duración, si bien su formulación no impide utilizarlos en casos de simulación continua, considerados como una sucesión de tormentas. Por otro lado, todos ellos, salvo el hidrograma de Clark modificado, son de tipo agregado.

Como alternativa a los modelos anteriores, el programa HEC-HMS incluye un modelo conceptual, de tipo onda cinemática, en el que la cuenca o subcuenca está representada por un cauce muy ancho, alimentado en su origen por el exceso de precipitación. Este modelo es de tipo agregado y se aplica al caso de aguaceros de corta duración. Los datos necesarios para su utilización, que deben ser extraídos de medidas reales, hacen referencia a la longitud, pendiente, rugosidad de la cuenca, etc.

1.12.2.4. Flujo base

Tiene su origen en la precipitación registrada sobre la cuenca en períodos precedentes, que se ha almacenado temporalmente en capas más o menos profundas, e incluye también el flujo hipodérmico o subsuperficial asociado al período actual. El programa HEC-HMS considera tres posibles alternativas para su modelación:

- Caudal constante, con posible variación mensual. Aunque puede parecer excesivamente simplista, resulta válido cuando se trata de determinar el caudal máximo de un hidrograma aislado.
- Curva de recesión exponencial.
- Depósitos lineales sucesivos.

Todos estos modelos son agregados, empíricos y aplicables, en principio, a aguaceros aislados, de corta duración.

1.12.2.5. Tránsito del hidrograma por el cauce

La agrupación de caudales de agua de diversa procedencia (superficial, etc.) en un punto de un cauce y su variación a lo largo del tiempo constituye un hidrograma. El tránsito de estos caudales hacia aguas abajo, a lo largo de un determinado tramo de cauce, da lugar a un nuevo hidrograma en el extremo de aguas abajo del mismo. El programa HEC-HMS permite escoger entre los siguientes modelos a la hora de tratar de representar la transformación que experimenta el hidrograma entre los puntos inicial y final de un tramo de cauce:

- Modelo de Puls modificado.
- Modelo de Muskingum.

- Modelo de Muskingum-Cunge.
- Modelo de onda cinemática.

La exposición detallada de cada uno de estos modelos excede de lo que aquí se pretende. No obstante, cabe señalar que todos ellos son de tipo agregado, y aplicables, en principio, a tormentas aislados de corta duración. En cuanto a sus fundamentos básicos, hay que indicar que el modelo de onda cinemática es de tipo conceptual, mientras que el modelo Lag, el de Puls modificado y el de Muskingum son de tipo empírico. El modelo de Muskingum-Cunge es de tipo quasi-conceptual, ya que en su formulación intervienen algunas variables que son susceptibles de ser determinadas a partir de mediciones geométricas.

1.13. Modelación hidráulica unidimensional y bidimensional con el sistema HEC-RAS

El Hydrologic Engineering Center - River Analysis System (HEC-RAS) es un modelo unidimensional y bidimensional que permite ejecutar análisis hidráulicos del flujo de agua en lámina libre en régimen permanente y no permanente.

Para el análisis hidráulico en régimen permanente, HEC-RAS es capaz de realizar cálculos de los perfiles de la superficie del agua en flujo gradualmente variado. Se pueden calcular perfiles de la superficie del agua en régimen subcrítico, supercrítico y mixtos. Los perfiles de la lámina de agua se calculan de sección en sección resolviendo la ecuación de energía por medio del procedimiento iterativo del Paso Estándar (U.S. Army Corps of Engineers, 2010). Para el cálculo del perfil de la lámina de agua en régimen variable, HEC-RAS resuelve las ecuaciones de Saint Venant en una dimensión, que consiste en un sistema en derivadas parciales formado por la ecuación de continuidad y la de conservación de la cantidad de movimiento. Para la solución de las ecuaciones, HEC-RAS utiliza el esquema de Preissmann o esquema de los cuatro puntos. Dicho esquema implícito en diferencias finitas es utilizado por varios programas comerciales.

Considerando la información topobatimétrica, el gasto transitado y el valor del coeficiente de rugosidad seleccionado, según las características del cauce a simular, el programa permite calcular los valores de: Elevación de la superficie libre, ancho de la superficie libre del agua, velocidad, área hidráulica, número de Froude y régimen hidráulico en consecuencia, con base en las expresiones que se presentan a continuación:

$$Q = n^{-1} Rh^{2/3} S^{1/2} \quad (1.12)$$

$$Rh = A / P \quad (1.13)$$

$$A = f(y) \quad (1.14)$$

$$P = f(y) \quad (1.15)$$

$$v = Q / A \quad (1.16)$$

$$Fr = v / \sqrt{(9.81 T)} \quad (1.17)$$

Dónde:

Q = Gasto de diseño [m³/s]

n = Coeficiente de rugosidad de Manning, s/m^{1/3}.

Rh = Radio hidráulico de la sección, m.

A = Área de la sección transversal de la sección hidráulica del río, m²

P = Perímetro mojado de la sección transversal, m.

y = Tirante normal en la sección referida, m.

v = Velocidad media del flujo en la sección, m/s.

Fr = Número de Froude, que indica el tipo de régimen hidráulico.

B = Ancho de la superficie libre del agua, m.

Para la simulación del funcionamiento hidráulico del río, dada una sección de control, donde son conocidas las condiciones de frontera y a partir de donde son iniciados los cálculos hidráulicos, HEC-RAS realiza los siguientes pasos:

- Asume una elevación de la superficie libre del agua, aguas arriba de la sección de control (para régimen mixto).
- Con base en dicha elevación y las variables mencionadas, determina la carga de velocidad asociada.
- Con estos valores calcula la pendiente de fricción y resuelve la ecuación (1.18) para evaluar las pérdidas por fricción, expansión y/o contracción.

- Posteriormente y con los datos de los pasos 1 a 3, resuelve la ecuación (1.19) para obtener el tirante.
- Finalmente, compara el tirante contra la elevación de la superficie libre del agua (paso 1), hasta que ambos valores presentan un error menor a 1 cm.

Una vez que el nivel de la superficie libre del agua se ha balanceado, el modelo evalúa si dicho nivel se encuentra en su posición correcta relativa al tirante crítico (arriba o abajo del tirante crítico para régimen subcrítico o supercrítico respectivamente), de acuerdo con el tipo de perfil calculado. En caso de estar equivocado dicho nivel, el software elige como elevación el tirante crítico y a partir de ahí continúa con el cálculo del perfil en el sentido de avance respectivo.

Las ecuaciones utilizadas corresponden a las siguientes expresiones:

$$h_e = L S_f + C \left| k_2 v_2^2 / 2g - k_1 v_1^2 / 2g \right. \quad (1.18)$$

$$y_2 + k_2 v_2^2 / 2g = y_1 + k_1 v_1^2 + h_e \quad (1.19)$$

Dónde:

h_e = Pérdidas por fricción entre secciones [m]

L = Separación entre secciones [m]

S_f = Pendiente de fricción

C = Coeficiente de expansión o contracción 0.3 y 0.1 respectivamente

k_i = Coeficiente de velocidad para la sección i

v_i = Velocidad media en la sección i [m/s]

y_i = Tirante en la sección i [m].

1.14. Modelación hidráulica con el sistema IBER

El programa de computadora IBER, es un modelo matemático bidimensional, 2D, para la simulación de flujo en ríos y estuarios, elaborado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX o Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas del Gobierno de España.

IBER es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente, y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial. El rango de aplicación de IBER abarca la hidrodinámica fluvial, la simulación de rotura de presas, la evaluación de zonas inundables, el cálculo de transporte de sedimentos, y el flujo de marea en estuarios. El modelo IBER consta actualmente de 3 módulos de cálculo principales: un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos. Todos los módulos trabajan sobre una malla no estructurada de volúmenes finitos formada por elementos triangulares y/o cuadriláteros.

El módulo hidrodinámico resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad, también conocidas como 2D Shallow Water Equations (2D-SWE) o ecuaciones de Saint Venant bidimensionales. Dichas ecuaciones asumen una distribución de presión hidrostática y una distribución relativamente uniforme de la velocidad en profundidad. La hipótesis de presión hidrostática se cumple razonablemente en el flujo en ríos, así como en las corrientes generadas por la marea en estuarios. Asimismo, la hipótesis de distribución uniforme de velocidad en profundidad se cumple habitualmente en ríos y estuarios.

A continuación se comentan los puntos principales que utiliza el programa IBER para la modelación hidráulica (Manual de referencia hidráulico IBER, 2014).

1.14.1. Ecuaciones hidrodinámicas

En el módulo hidrodinámico se resuelven las ecuaciones de conservación de la masa y de momento en las dos direcciones horizontales (Manual de IBER 2014)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h U_x}{\partial x} + \frac{\partial h U_y}{\partial y} = M_s \quad (1.20)$$

$$\frac{\partial h U_x}{\partial t} + \frac{\partial h U_x^2}{\partial x} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial x} + \frac{t_{s,x}}{\rho} - \frac{t_{b,x}}{\rho} - \frac{g h^2}{\rho \xi^2} \frac{\partial p}{\partial x} + 2\Omega \sin \lambda U_y + \frac{\partial h t_{xx}^e}{\partial x} + \frac{\partial h t_{xy}^e}{\partial y} + M_x \quad (1.21)$$

$$\frac{\partial h U_y}{\partial t} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial x} + \frac{\partial h U_y^2}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial y} + \frac{t_{s,y}}{\rho} - \frac{t_{b,y}}{\rho} - \frac{g h^2}{\rho \xi^2} \frac{\partial p}{\partial y} - 2\Omega \sin \lambda U_x + \frac{\partial h t_{xy}^e}{\partial x} + \frac{\partial h t_{yy}^e}{\partial y} + M_y \quad (1.22)$$

Dónde:

H = Calado o tirante del agua, m.

Ux, Uy= Velocidades horizontales promediadas en profundidad, m/s.

g = Aceleración de la gravedad, m/s².

Zs = Elevación de la lámina libre, m.s.n.m.m.

τs = Fricción en la superficie libre debida al rozamiento producido por el viento,

τb = Fricción debido al rozamiento del fondo,

ρ = Densidad del agua, kg/m³.

Ω = Velocidad angular de rotación de la tierra,

λ = Latitud del punto considerado,

τ_{exx}, τ_{exy}, τ_{eyy} = Tensiones tangenciales efectivas horizontales,

Ms, Mx, My = Modelización de precipitación, infiltración y sumideros.

Se incluyen los siguientes términos fuente en las ecuaciones hidrodinámicas:

1.14.2. Fricción de Fondo

El fondo ejerce una fuerza de rozamiento sobre el fluido que es equivalente al rozamiento con una pared, con la particularidad de que, en general, en ingeniería hidráulica la rugosidad del fondo es elevada, como ocurre en ríos y estuarios.

La fricción del fondo tiene un doble efecto en las ecuaciones de flujo. Por un lado produce una fuerza de fricción que se opone a la velocidad media, y por otro lado, produce turbulencia. Ambos efectos se pueden caracterizar por la velocidad de fricción *u_f*, que no es más que una forma de expresar la tensión tangencial de

$$u_f = \sqrt{\frac{\tau_b}{\rho}} \quad (1.23)$$

Dónde:

u_f = Velocidad de fricción

τ_b = Módulo de la fuerza de fricción de fondo

ρ = Densidad del agua. Kg/m³.

En los modelos promediados en profundidad no es posible calcular la velocidad de fricción por medio de funciones de pared estándar, tal y como se hace en los contornos tipo pared, ya que las ecuaciones no se resuelven en la dirección vertical. Por lo tanto, es necesario relacionar la velocidad de fricción u_f con la velocidad media promediada en profundidad mediante un coeficiente de fricción.

La tensión de fondo se puede expresar como:

$$\tau_b = \rho u_f^2 = \rho C_f |U|^2 \quad (1.24)$$

Dónde:

τ_b = Módulo de la fuerza de fricción de fondo

U_f = velocidad de fricción

C_f = Coeficiente de fricción de fondo. Adimensional.

ρ = Densidad del agua. Kg/m³.

Existen diferentes expresiones que permiten aproximar el coeficiente de fricción C_f . La mayor parte de ellas asumen flujo uniforme en canal con un perfil logarítmico de velocidad en profundidad. A diferencia de los modelos 1D, en los modelos 2D el radio hidráulico deja de definirse como área de la sección mojada entre perímetro mojado, ya que en 2D no tiene sentido el definir una sección transversal. Tomando una columna de fluido de ancho Δx y tirante h , el radio hidráulico se calcularía como:

$$R_h = \frac{A}{P_m} = \frac{h\Delta x}{\Delta x} = h \quad (1.25)$$

Dónde:

Rh = Radio hidráulico, m.

A = Área de la sección mojada, m².

Pm = perímetro mojado, m.

h = Tirante, m.

Δx = ancho de la sección de mojado, m.

Por lo tanto, en los modelos 2D es lo mismo hablar de radio hidráulico y de tirante. La fricción de fondo se evalúa mediante la fórmula de Manning, la cual utiliza el coeficiente de Manning como parámetro. La fórmula de Manning utiliza el siguiente coeficiente de rugosidad:

$$C_f = g \frac{n^2}{h^{1/3}} \quad (1.26)$$

Dónde:

Cf = Fricción de fondo,

g = aceleración de la gravedad, m/s².

n = coeficiente del número de Manning, adimensional.

h = tirante, m.

1.14.3. Esquemas Numéricos

Tanto las ecuaciones hidrodinámicas (ecuaciones de aguas someras bidimensionales), como las correspondientes a los modelos de turbulencia y de transporte de sedimentos, se resuelven en forma integral por el método de volúmenes finitos. El método de volúmenes finitos es uno de los más extendidos y comúnmente utilizados en dinámica de fluidos computacional. En esta sección se describen brevemente los esquemas numéricos utilizados en IBER. Las características de los esquemas numéricos utilizados en todos los módulos de IBER son las siguientes:

- Esquemas en volúmenes finitos, planteados en forma integral y conservativa.
- Mallado no-estructurado. Mallas formadas por elementos de 3 y 4 lados.
- Capacidad de resolver flujo rápidamente variado (régimen subcrítico, supercrítico, cambios de régimen).
- Capacidad de resolver flujo rápidamente variable (resaltos móviles, ondas de choque no estacionarias).
- Resolución de las ecuaciones hidrodinámicas mediante esquemas descentrados tipo Roe de alta resolución (orden superior a 1 y no oscilatorios).
- Tratamiento descentrado del término fuente pendiente del fondo. Tratamiento centrado del resto de términos fuente.
- Esquemas de orden 1 y orden 2 por líneas de precisión en espacio.
- Esquemas explícitos en tiempo.
- Tratamiento de frentes seco-mojado no estacionarios mediante esquemas estables y conservativos (sin pérdida de masa).

1.14.4. Cálculo de Malla

Para resolver una ecuación diferencial por el método de volúmenes finitos es necesario realizar previamente una discretización espacial del dominio a estudiar. Para ello se divide el dominio de estudio en celdas de tamaño relativamente pequeño (malla de cálculo). IBER trabaja con mallas no estructuradas formadas por elementos que pueden tener 3 o 4 lados, Figura 3.7. Se pueden combinar elementos irregulares de 3 y 4 lados dentro de la misma malla. La principal ventaja de trabajar con mallas no estructuradas es la facilidad con que se adaptan a cualquier geometría, ya que no es necesario que la malla tenga ningún tipo de organización o estructura interna. Esta característica las hace especialmente indicadas para su utilización en hidráulica fluvial.

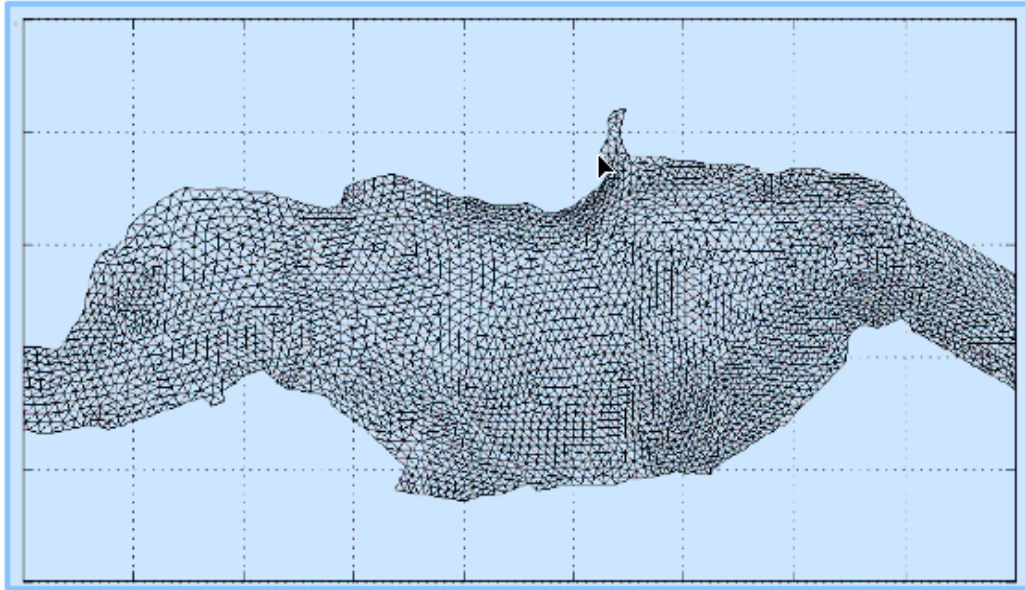


Figura 1. 7. Ejemplo de malla no estructurada por elementos triangulare

1.14.5. Discretización en volúmenes finitos de las ecuaciones

Para su discretización por el método de volúmenes finitos, en IBER se trabaja con las ecuaciones de aguas someras bidimensionales escritas en forma conservativa y vectorial como:

$$\frac{\partial W}{\partial t} + \frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y} = \sum_k G_k \quad (1.27)$$

En donde el vector de variables conservadas w y el vector de los términos de flujo F_x, F_y vienen dados por:

$$W = \begin{bmatrix} h \\ q_x \\ q_y \end{bmatrix} \quad (1.28)$$

$$F_x = \begin{bmatrix} q_x \\ \frac{q_x^2}{h} + \frac{gh^2}{2} \\ \frac{q_x q_y}{h} \end{bmatrix} \quad (1.29)$$

$$F_y = \begin{bmatrix} q_y \\ \frac{q_x q_y}{h} \\ \frac{q_y^2}{h} + \frac{gh^2}{2} \end{bmatrix} \quad (1.30)$$

Y los términos G_k , representan los términos fuente incluidos en las ecuaciones hidrodinámicas, presentadas previamente.

Para realizar la discretización espacial de las ecuaciones de conservación de masa y movimiento por el método de volúmenes finitos se realiza la integral de las ecuaciones diferenciales en cada celda de la malla de cálculo. Esta forma de proceder es especialmente ventajosa para la resolución de ecuaciones de conservación, ya que se resuelven las ecuaciones en forma integral, lo que permite formular de forma sencilla métodos conservativos.

1.15. Mapas de índice de riesgos

La elaboración de los mapas de riesgo por inundación se hizo con ayuda de los mapas de peligro y de vulnerabilidad, dado que con la combinación de éstas variables determina el riesgo, (CENAPRED, 2006).

El riesgo en general está dado por la expresión:

$$R = C V P \quad (1.31)$$

Dónde:

C = Valor de los bienes expuestos.

V = Porcentaje de daños de áreas de cultivo por efecto de una inundación, o vulnerabilidad.

P = Probabilidad de que ocurra un hecho potencialmente dañino, o peligro.

Como se puede ver, tanto la vulnerabilidad como el peligro son adimensionales, por lo que las unidades del riesgo serán las del valor de los bienes expuestos, que generalmente están dadas en unidades monetarias, como pesos. El riesgo R puede expresarse de varias maneras:

Para un escenario en particular; por ejemplo, para un cierto periodo de retorno. Si el periodo de retorno es de 100 años, el riesgo estará dado por la expresión.

$$R = C V T_{100} P_{100} \quad (1.32)$$

Dónde:

VT100: Es la vulnerabilidad asociada con un tirante o profundidad de inundación con un periodo de retorno de 100 años.

P100: Es la probabilidad de que se alcance un tirante o profundidad de inundación asociado a un periodo de retorno de 100 años.

Como una estimación del valor esperado de los daños o pérdidas anuales. En este caso se estima un valor esperado de los daños de los bienes expuestos que se tiene año con año, mediante la sumatoria del producto de las funciones de vulnerabilidad, peligro y el valor de los bienes expuestos de cada vivienda. También será necesario discretizar la variable tirante, o profundidad de inundación, de tal manera que sea posible estimar un valor del peligro de acuerdo con un rango de tirantes. De esta manera se puede calcular el riesgo con la siguiente expresión.

$$R_j = \sum_{i=1}^m C_j P(i) \cdot V_i(Y_i) \quad (1.33)$$

Donde el subíndice i se refiere a cada uno de los niveles de peligro, o periodo de retorno analizados, y j se refiere a cada una de las viviendas. P (i) y V_i (Y_i) son las funciones de peligro y vulnerabilidad, respectivamente.

Si se quisiera estimar el riesgo para toda una localidad, entonces se procede a sumar los valores de riesgo para todas las viviendas:

$$R_{localidad} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m C_j P(i) \cdot V_j(Y_i) \quad (1.34)$$

Donde el subíndice n se refiere al número total de viviendas en la localidad, y se define a la función de peligro.

Hay que hacer notar que en ambas expresiones la vulnerabilidad depende del tirante Y_i, y el peligro P (i) determina un valor de Y_i, por lo que se dice que el tirante es el parámetro que se ha seleccionado para determinar el riesgo por inundaciones.

Eventualmente será mejor expresar los resultados en un mapa, por lo que se puede calcular un índice de riesgo para cada vivienda de la manera siguiente:

$$I_{RJ} = \frac{R_j}{C_{MAX}} \quad (1.35)$$

Dónde:

C_{MAX} es el valor del bien expuesto más alto dentro de la localidad

IR_j será Alto si $0.67 < IR_j < 1.0$

IR_j será medio si $0.33 < IR_j < 0.67$

IR_j será Bajo si $0.00 < IR_j < 0.33$

De hecho se puede asociar un color a cada valor del índice de riesgo, por ejemplo rojo para alto, amarillo para medio y verde para bajo. Hay que recordar que los valores son relativos dentro de la misma localidad. Una vez hechos los cálculos se puede regresar a la traza urbana y pintar cada vivienda con el color correspondiente según su índice de riesgo, peligro o vulnerabilidad.

El mapa de riesgo por inundación permite establecer zonas críticas que requieran de dos medidas de mitigación:

- Una medida de tipo estructural, como puede ser una reubicación o una obra de protección, o bien
- Un monitoreo durante eventos de lluvias potencialmente extremas, es decir, que rebasen umbrales previamente fijados, mediante un sistema de alerta que permita a la población, asentada en estas zonas, ser evacuadas y resguardar algunos de sus bienes.

1.16. Los Ríos

Chow, (1982) menciona: La corriente de agua continúa sobre la superficie terrestre. Líneas de drenaje natural. Son agentes constructores (forman terrazas y llanuras) y modificadores por su capacidad erosiva.

Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal determinado, rara vez constante a lo largo del año, y desemboca en el mar, en un lago o en otro río, en cuyo caso se denomina afluente.

La parte final de un río es su desembocadura. Algunas veces terminan en zonas desérticas donde sus aguas se pierden por infiltración y evaporación; es el caso de los ríos alóctonos (llamados así porque sus aguas proceden de otros lugares con clima más húmedo).

Los ríos poseen las siguientes partes:

- **Naciente:** origen del río.
- **Curso:** distancia entre la naciente y desembocadura.
- **Curso Superior:** pendiente más pronunciada. Desplazamiento rápido de las aguas. Erosión en sentido vertical. Da lugar a valles.
- **Curso Medio:** pendiente menos pronunciada, gran poder de transporte. Erosión horizontal, así el valle se ensancha.
- **Curso Inferior:** pendiente suave, proceso de deposición ya que las aguas pierden fuerza.
- **Cauce:** Cavidad por la que corre el agua.
- **Desembocadura:** espacio por el cual el río vierte sus aguas.
- **Caudal:** Volumen de agua que lleva un río.
- **Régimen:** Variación del caudal durante un año.
- **Corriente:** traslación continuada de las aguas de un río desde su naciente hasta su desembocadura.
- **Vertiente:** Declive del terreno en una misma dirección, hacia donde se desplazan las aguas.
- **Divisoria de aguas:** Línea que une los puntos más altos entre dos cuencas.

1.17. Flujo de agua en canales abiertos

Un canal abierto es un conducto en el cual el agua fluye con una superficie libre; de acuerdo con su origen un canal puede ser natural o artificial.

Los canales naturales incluyen todos los cursos de agua que existen de manera natural en la tierra, los cuales varían en tamaño desde pequeños arroyos en zonas montañosas, hasta quebradas, ríos grandes y pequeños y estuarios de mareas. Las propiedades hidráulicas de un canal natural por lo general son muy irregulares, en algunos casos pueden hacerse suposiciones empíricas razonables consistentes con las observaciones y experiencias reales, de tal modo que las condiciones de flujo en estos canales se vuelvan manejables mediante el tratamiento analítico de la hidráulica teórica (Chow, 1982). Los canales artificiales son aquellos que construidos o desarrollados por el esfuerzo humano: canales de navegación, canales de centrales hidroeléctricas, canales de irrigación, cunetas de drenaje, vertederos, etc. Las propiedades hidráulicas de estos canales pueden ser controlados hasta un nivel deseado o diseñados para cumplir unos requisitos determinados (Chow, 1982).

En el flujo de canales abiertos, el líquido que fluye tiene superficie libre y sobre él no actúa otra presión que la debida a su propio peso y a la presión atmosférica. El flujo en canales abiertos también tiene lugar en la naturaleza, como en ríos, arroyos, etc., en general cauces con secciones irregulares. De forma artificial, creadas por el hombre, tiene lugar en los canales, acequias, y canales de desagüe (Chow, 1982).

1.17.1. Tipos de flujo

El flujo en canales abiertos puede clasificarse en muchos tipos y describirse de varias maneras. La siguiente clasificación se hace de acuerdo con el cambio en la profundidad del flujo con respecto al tiempo y al espacio (Chow, 1982).

1.17.2. Flujo permanente y no permanente

Tiempo como criterio. Se dice que el flujo en un canal abierto es permanente si la profundidad del flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración. El flujo es no permanente si la profundidad cambia con el tiempo. En la mayor parte de canales abiertos es necesario estudiar el comportamiento del flujo solo bajo condiciones permanentes. Sin embargo el cambio en la condición del flujo con respecto al tiempo es importante, el flujo debe tratarse como no permanente, el nivel de flujo cambia de manera instantánea a medida que las ondas pasan y el elemento tiempo se vuelve de vital importancia para el diseño de estructuras de control (Chow, 1982).

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

$$Q = A \cdot V \quad (1.36)$$

Dónde:

V : es la velocidad media en m/s,

A : es el área de la sección transversal de flujo perpendicular a la dirección de este en m².

En la mayor parte de los problemas de flujo permanente el caudal es constante a través del tramo de canal en consideración; en otras palabras, el flujo se considera continuo. Entonces a partir de la ecuación (1.36)

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2 = \dots \quad (1.37)$$

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

Sin embargo la ecuación (1.37) obviamente no es válida cuando el caudal de un flujo permanente no es uniforme a lo largo del canal, es decir, cuando parte del agua sale o entra a lo largo del curso del flujo. Este tipo de flujo conocido como flujo espacialmente variado, se presenta en

cunetas a lo largo de carreteras, en vertederos de canal lateral, en canaletas de agua de lavado de filtros, en canales de efluentes alrededor de tanques de planta de tratamiento de aguas residuales y en canales principales de riego y drenaje en sistemas de irrigación. La ley de continuidad para flujo no permanente requiere la consideración del tiempo. Por consiguiente, la ecuación de continuidad para flujo continuo no permanente debe incluir el elemento tiempo como una de sus variables (Chow, 1982).

1.17.3. Flujo Uniforme Y Flujo Variado

Espacio como criterio. Se dice que el flujo en canales abiertos es uniforme si la profundidad del flujo es la misma en cada sección del canal. Un flujo uniforme puede ser permanente o no permanente, según cambie o no la profundidad con respecto al tiempo.

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

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

La clasificación de flujos en canales abiertos se resume de la siguiente manera:

- Flujo permanente
 - Flujo uniforme
 - Flujo variado

- i. Flujo gradualmente variado
 - ii. Flujo rápidamente variado
- Flujo no permanente
 - Flujo uniforme no permanente
 - Flujo no permanente
 - i. Flujo gradualmente variado no permanente
 - ii. Flujo rápidamente variado no permanente

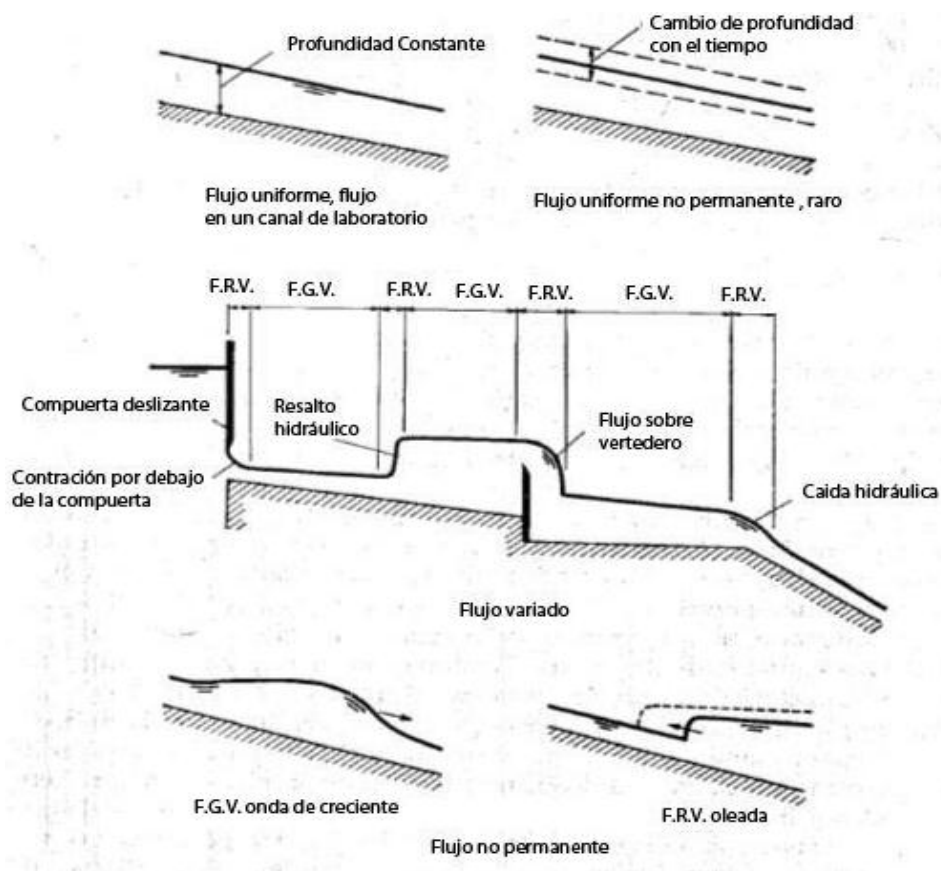


Figura 1. 8. Diferentes tipos de flujo; FGV= gradualmente variado; FRV = flujo rápidamente variado.

- **Perfiles de flujo**

La ecuación dinámica de flujo gradualmente variado, expresa la pendiente de la superficie longitudinal del flujo con respecto al fondo del canal. Por consiguiente puede utilizarse para describir las características de varios perfiles de flujo (Chow, 1982).

El perfil de flujo representa la curva de la superficie del flujo. Esta representara una curva de remanso si la profundidad del flujo se incrementa en dirección del flujo, y una curva de caída si la profundidad disminuye con la dirección del flujo (Chow, 1982).

El cálculo de la superficie libre del agua consiste en obtener lo tirantes a lo largo del canal con las condiciones de frontera adecuadas.

Para un caudal y una condiciones de canal determinados las líneas de profundidad normal y las líneas de profundidad crítica dividen el espacio de un canal en tres zonas (Chow, 1982).

Zona 1. El espacio por encima de la línea superior

Zona 2. El espacio entre las dos líneas

Zona 3. El espacio por debajo de la línea inferior.

Luego, los perfiles de flujo o curvas de remanso se pueden clasificar en trece tipos diferentes de acuerdo con la naturaleza de la pendiente del canal y la zona en la cual se encuentra la superficie del flujo, respecto a un tirante. Estos tipos se distinguen como H2, H3, Figura 1.9. (a); M1, M2, M3, Figura 1.9. (b); C1, C2, C3, Figura 1.9. (c); S1, S2, S3, Figura 1.9. (d); y A2, A3, Figura 1.9. (e); de donde la letra describe la pendiente: H para horizontales, M para suaves (subcritica), C para critica, S para empinada (supercritica) y A para pendiente adversa, y el numero representa el número de la zona. De los trece perfiles de flujo, doce son para flujo gradualmente variado, y uno, C2, es para flujo uniforme (Chow, 1982).

Las formas que adoptan los perfiles se muestran en la Figura 1.9 y a continuación se hace una descripción más detallada de cada una.

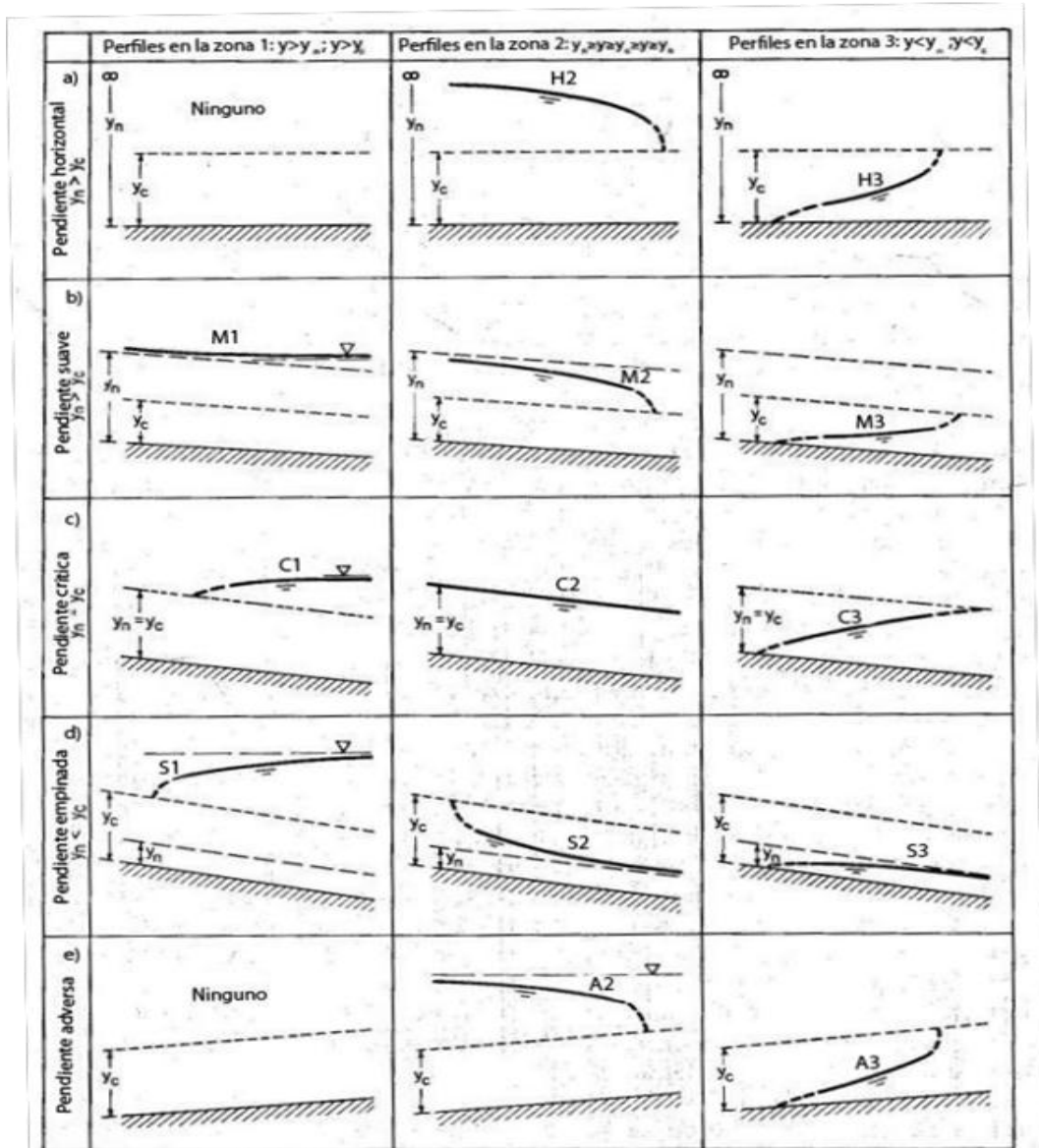


Figura 1.9. Clasificación de los perfiles de flujo en flujo gradualmente variado.

A. Perfiles tipo M $S_0 < S_e$ y $y_n > y_c$, Figura 1.9 (b).

El perfil M1, Figura 1.9. (b), representa la curva de remanso más conocida; es el más importante de todos los perfiles de flujo desde un punto de vista práctico. Este perfil ocurre cuando el extremo de aguas abajo de un canal suave largo se sumerge en un embalse hasta una profundidad mayor que la profundidad normal de flujo en el canal. Este perfil de flujo se ubica en la zona. El extremo de aguas arriba de la curva es tangente a la línea de profundidad normal, debido a que.

$\frac{dy}{dx} = 0$ cuando $y = y_n$; y en el extremo de aguas abajo es tangente a la superficie horizontal del embalse, debido a que $\frac{dy}{dx} = S_0$ cuando $y = \infty$. Ejemplos

comunes del perfil M1 son el perfil por detrás de una presa en un río natural y el perfil en un canal que une dos embalses.

Un perfil M2, Figura 1.9. (b), ocurre cuando el fondo del canal en el extremo de aguas abajo se sumerge en un embalse con una profundidad menor que la normal. El extremo de aguas arriba del perfil de flujo es tangente a la línea de profundidad normal, debido a que $\frac{dy}{dx} = 0$ cuando $y = y_n$. Si la cantidad de sumergencia en el extremo de aguas abajo es menor que la profundidad crítica, el perfil terminará abruptamente, con su extremo tangente a una línea vertical en una profundidad igual a la profundidad crítica, debido a que $\frac{dy}{dx} = \infty$ cuando $y = y_c$. Esto implica la formación de una caída hidráulica. Si la profundidad de sumergencia en el extremo de aguas abajo es mayor que la profundidad crítica, entonces se formará tanto perfil como agua haya por encima de la superficie del embalse.

En teoría el perfil M3, Figura 1.9. (b), empieza desde el fondo del canal aguas arriba, con un ángulo de pendiente vertical o con un ángulo agudo, dependiendo del tipo de ecuación de flujo uniforme que se utilice, y termina con un resalto hidráulico en el extremo de aguas abajo. Por lo general este tipo de perfil ocurre cuando un flujo supercrítico entra en un canal suave. El inicio del perfil, a pesar de que no puede definirse con precisión mediante la teoría, depende de la velocidad inicial del agua entrante. A mayor velocidad, más distante aguas abajo empezará el perfil. El extremo teórico de aguas arriba del perfil intersecará el fondo del canal. En este extremo $y = 0$. Por consiguiente, la velocidad se volvería infinita. Luego, el extremo teórico de aguas arriba de un perfil M3 no puede existir físicamente.

B. Perfiles tipo S. $S_0 > S_c$ y $y_n < y_c$, Figura 1.9. (d).

El perfil S1 Figura 1.9. (d), empieza con un resalto en el extremo de aguas arriba y se vuelve tangente a la horizontal en el extremo de aguas abajo. Ejemplos son los perfiles de flujo por detrás de una presa en un canal empinado y en un canal empinado llegando a un embalse con una alta elevación.

El perfil S2 Figura 1.9. (d), es una curva de caída. A menudo es muy corto y semeja una transición entre una caída hidráulica y un flujo uniforme, debido a que empieza aguas arriba con una pendiente vertical en la profundidad crítica y es tangente a la línea de profundidad normal en el extremo de aguas abajo. Ejemplos son los perfiles formados en el lado de aguas abajo de un ensanchamiento de sección de canal y en el lado empinado de un canal que cambia su pendiente de empinada a más empinada.

El perfil S3 Figura 1.9. (d), es también del tipo transicional, conformado entre un flujo supercrítico entrante y la línea de profundidad normal a la cual el perfil es tangente. Ejemplos son el perfil en el lado de pendiente empinada en un canal que cambia pendiente de empinada a menos empinada y debajo de una compuerta con una profundidad de flujo entrante menor que la profundidad normal en un canal de pendiente empinada.

C. Perfiles tipo C. $S_0 = S_c$ y $y_n = y_c$, Figura 1.9. (c).

Éstos son los casos limitantes de perfiles M cuando el fondo del canal se vuelve horizontal. Los Perfiles H2 y H3 corresponden a los perfiles M2 y M3, pero un perfil H1 no puede establecerse en realidad, debido a que y_n es infinito.

E. Perfiles tipo A. $S_0 < 0$, Figura 1.9. (e).

El perfil A1 es imposible debido a que el valor de y_n no es real. Los Perfiles A2 y A3 son similares a los perfiles H2 y H3, respectivamente. En general los perfiles tipo A rara vez ocurren.

1.17.4. Estado de flujo

El estado o comportamiento del flujo en canales abiertos está gobernado básicamente por los efectos de viscosidad y gravedad en relación con las fuerzas inerciales del flujo. La tensión superficial del agua puede afectar el comportamiento del flujo bajo ciertas circunstancias, pero no juega un papel significativo en la mayor parte de los problemas de canales abiertos que se presentan en ingeniería.

Efecto de viscosidad.- el flujo puede ser laminar, turbulento o transicional según el efecto de la viscosidad en relación con la inercia.

El flujo es laminar si las fuerzas viscosas son muy fuertes en relación con las fuerzas inerciales, de tal manera que la viscosidad juega un papel importante en determinar el comportamiento del flujo.

El flujo es turbulento si las fuerzas viscosas son débiles en comparación a las fuerzas inerciales. En flujo turbulento, las partículas del agua se mueven en trayectorias irregulares, que no son suaves ni fijas, pero que en conjunto todavía representan el movimiento hacia delante de la corriente entera.

Entre los estados de flujo laminar y turbulento existe un estado mixto o transicional.

El evento de la viscosidad en relación con la inercia puede explicarse mediante el número de Reynolds, definido por:

$$R = \frac{VL}{\nu} \quad (1.38)$$

Dónde:

V = velocidad del flujo, [L/T]

L = longitud característica, la cual es considerado igual al radio hidráulico, [L]

ν = viscosidad cinemática del agua. [M/LT].

El flujo en canales es laminar si el número de Reynolds R es pequeño y turbulento si R es grande. Muchos experimentos han demostrado que el flujo en tuberías cambia de laminar a turbulento en el rango de R entre el valor crítico de 2,000 y un valor que puede ser tan alto como 50,000. En estos experimentos se tomó como la longitud característica el diámetro de la tubería; cuando se toma el radio hidráulico como longitud característica el rango correspondiente es desde 500 hasta 12,500, debido a que el diámetro de una tubería es cuatro veces su radio hidráulico.

1.17.5. Rugosidad

La rugosidad de las paredes de los canales y tuberías está en función del material con que están construidos, el acabado de la construcción y el tiempo de uso. Los valores son determinados en mediciones tanto de laboratorio como en el campo. La variación de este parámetro es fundamental para el cálculo hidráulico por un lado, y para el buen desempeño de las obras hidráulicas por otro.

$$V = \frac{1.49}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (1.39)$$

Dónde:

V = velocidad media, [L/T]

R = radio hidráulico, [L]

S = pendiente de la línea de energía y n = coeficiente de rugosidad.

Fue desarrollada a partir de siete ecuaciones diferentes. Debido a la simplicidad de su forma y a los resultados satisfactorios que arroja en aplicaciones prácticas, la ecuación de Manning se ha convertido en la más utilizada de todas las ecuaciones de flujo uniforme para cálculo de flujo en canales abiertos (Chow, 1982).

Al aplicar la ecuación (1.39), la mayor dificultad está en la determinación del coeficiente de rugosidad n , ya que no existe un método exacto para la selección de n . con el nivel de conocimiento actual, seleccionar un valor de n significa estimar la resistencia al flujo en un canal determinado, lo cual realmente es un asunto de intangibles (Chow, 1982).

El U.S. Solid Conservation Service ha hecho una serie de estudios del flujo de agua en canales pequeños poco profundos protegidos con recubrimiento vegetal. Se ha encontrado que para estos canales los valores de n varían con la forma y la sección transversal del canal, la pendiente del lecho del canal y la profundidad del flujo. Al comparar dos canales, y mantener los demás factores iguales, la menor profundidad arroja un valor de n mayor, debido a la mayor proporción afectada por la vegetación. Luego, un canal triangular tiene un valor de n mayor que un canal trapezoidal, y un canal ancho tiene un valor de n menor que un canal angosto. Un flujo con suficiente profundidad tiende a doblar y a sumergir la vegetación, son lo cual se producen valores bajos de n . Una pendiente alta genera altas velocidades, mayor aplanamiento de la vegetación y valores bajos de n (Chow, 1982).

En el Cuadro 1.3 se describen los coeficientes de rugosidades que se utilizan para la ecuación (1.39)

Tipo de canal y descripción	Minimo	Normal	Máximo
A. Arroyos (ancho superior al nivel de crecida < 30.5 m (100 ft))			
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 más piedras	0.035	0.045	0.050
5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones 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 mucha maleza, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos	0.075	0.100	0.150
b) Corrientes montañosas, sin vegetación en el cañal, barrancas usualmente empinadas, árboles y matorrales a lo largo de las barrancas sumergidas a niveles altos			
1. Fondos: gravas, cantos rodados y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2. Fondo: cantos rodados con rocas grandes	0.040	0.050	0.070
B. Planicies de inundación			
a) Pastizales, sin matorrales			
1. Pasto corto	0.025	0.030	0.035
2. Pasto alto	0.030	0.035	0.050
b) Áreas cultivadas			
1. Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
2. Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
3. Campos de cultivo maduros	0.030	0.040	0.050
c) Matorrales			
1. Matorrales dispersos, con mucha maleza	0.035	0.050	0.070
2. Pocos matorrales y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
3. Pocos matorrales y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
4. Matorrales medios densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
5. Matorrales medios densos, en verano	0.070	0.100	0.160
d) Árboles			
1. Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
2. Terreno limpio, con troncos sin retoños	0.030	0.040	0.050
3. Igual que el anterior, pero con una gran cantidad de retoños	0.050	0.060	0.080
4. Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel de agua por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
5. Igual que el anterior, pero con nivel de crecida por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160
C. Corrientes mayores (ancho superficial en nivel de crecida > 30.5 m (100 ft) el valor de n es menor que el correspondiente a corrientes menores con descripción similar, debido a que las barrancas ofrecen resistencia menos efectiva			
a) Sección regular, sin cantos rodados ni arbustos	0.025	---	0.060
b) Sección irregular y rugosa	0.035	---	0.100

Cuadro 1. 3. Coeficiente de rugosidad para la fórmula de Manning (Chow, 1982).

1.17.6. Sección de control

Una sección de control de una corriente se define como aquella en la que existe una relación única entre el tirante y el gasto. De los muchos tipos de secciones de control que se pueden usar para aforar una corriente, los

más comunes con los que producen un tirante crítico y los vertedores (Aparicio, 1989).

Para que lo anterior se cumpla debe presentarse en la sección la energía específica mínima, es decir:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{B} \quad (1.40)$$

Dónde:

Q = gasto en m³/s,

g = aceleración de la gravedad (9.81 m/s²),

A = área hidráulica en m² y

B = ancho de la superficie libre del agua en m.

La sección de control regula el flujo de tal modo que restringe la transmisión de efectos de cambio en condiciones del flujo, ya sea en una dirección hacia aguas arriba o en una dirección hacia aguas abajo, según el estado de flujo en el canal. Como la sección de control mantiene una relación nivel-caudal definitiva, siempre es un lugar adecuado para una estación de aforo y para el desarrollo de una curva de calibración de caudales, la cual es una curva que representa la relación profundidad-caudal en la estación de aforo (Chow, 1982).

En la Condiciones de flujo en un canal prismático largo se muestran tres condiciones de flujo en el canal, que presentan los flujos subcrítico, crítico y supercrítico, respectivamente. Las pendientes de los tres canales son: suave o subcrítica, crítica y empinada o supercrítica, de manera equivalente.

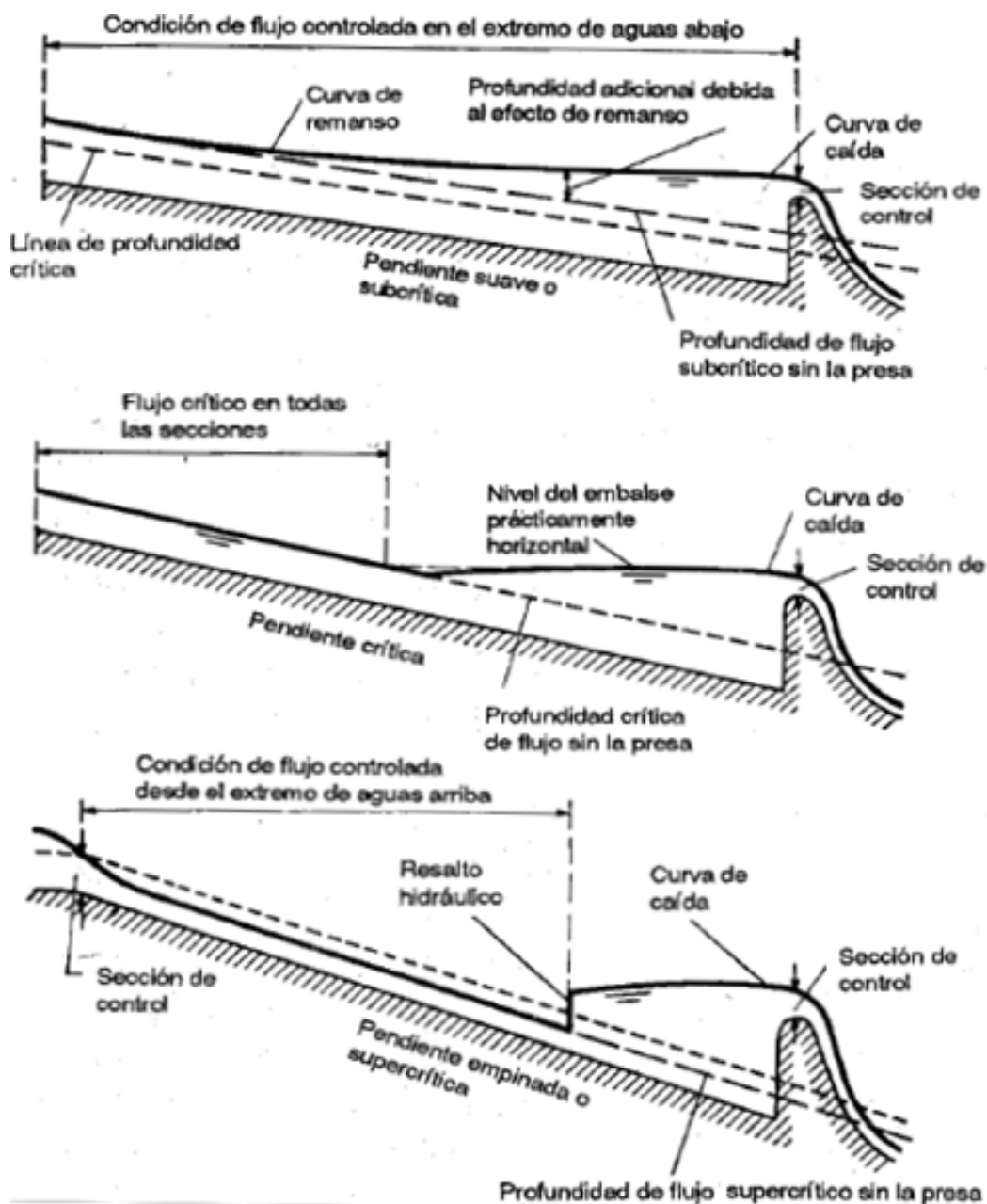


Figura 1. 10. Condiciones de flujo en un canal prismático largo.

El método de las secciones de control es el más preciso de todos para el aforo, pero presenta algunos inconvenientes. En primer lugar, es relativamente costoso y, en general, sólo se puede usar cuando los gastos no son muy altos. En el caso de los estrechamientos se restringe el transporte de objetos arrastrados por la corriente y la sección puede obstruirse. Por ello, este método es adecuado en ríos pequeños, cauces artificiales (como por ejemplo canales de riego) o cuencas experimentales (Aparicio, 1989).

En la mayoría de los ríos, la forma de las secciones transversales cambia continuamente debido a los procesos de erosión y sedimentación, por lo que es conveniente realizar aforos con la frecuencia suficiente para contar en cualquier momento con una curva elevaciones-gastos actualizada. La variabilidad en el tiempo de la sección de aforos depende de varios factores: su forma, su situación con respecto a curvas y otras características del río y el material que forma el cauce, entre otras.

1.17.7. Manchas de Inundación

UNESCO, 2011. Menciona: Manchas de inundación es un aumento del agua por encima del nivel normal del cauce, entendiendo como “normal” el nivel que presenta regularmente el cauce sin causar daños. Una definición más completa de inundación sería: “Es aquel evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y, generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura.”

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción de la zona

2.1.1. Ubicación Política

Región	:	Los Libertadores
Departamento	:	Ayacucho
Provincia	:	Huamanga
Distrito	:	Santiago de Pischa

Santiago de Pischa, se encuentra ubicado en la parte Nor oeste de la provincia de Huamanga a 65 km. de la ciudad de Ayacucho, vía Libertadores cumbre Yanabamba – San Pedro de Cachi a 3400 msnm, entre las coordenadas 13°12'39" de latitud sur y 74°17'15" de longitud oeste.



Figura 2. 1. Mapa de ubicación nacional.



Figura 2. 2. Mapa de ubicación departamental

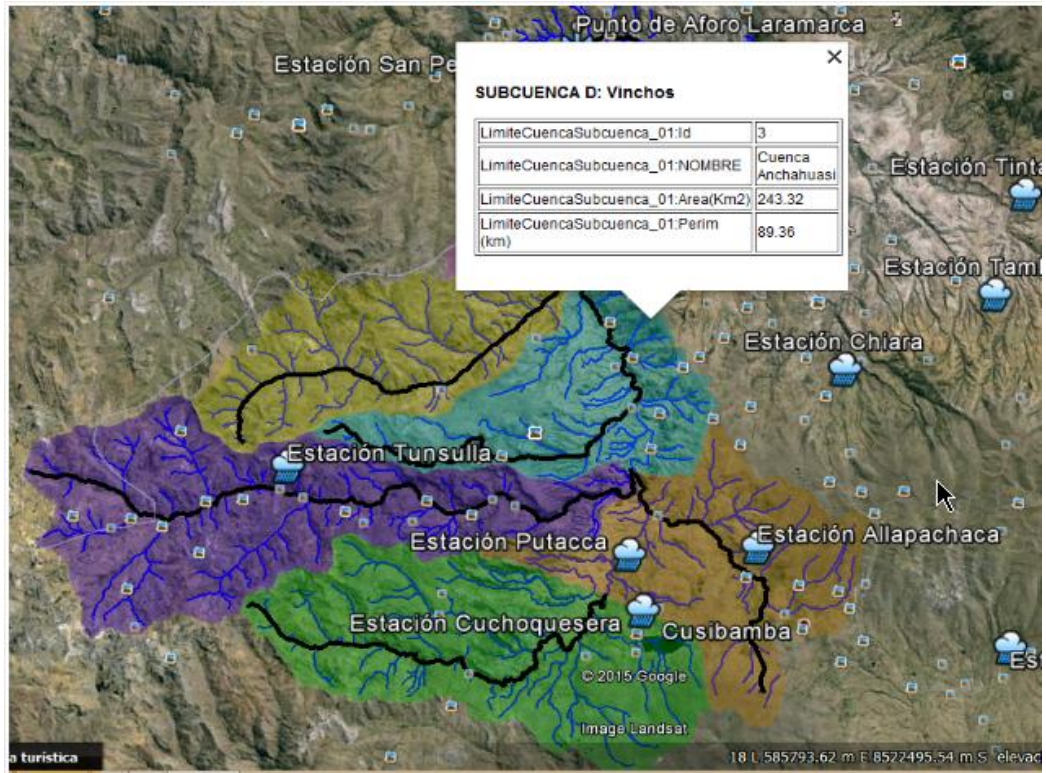


Figura 2. 3. Panorama principal de la cuenca y la subcuenca del estudio.

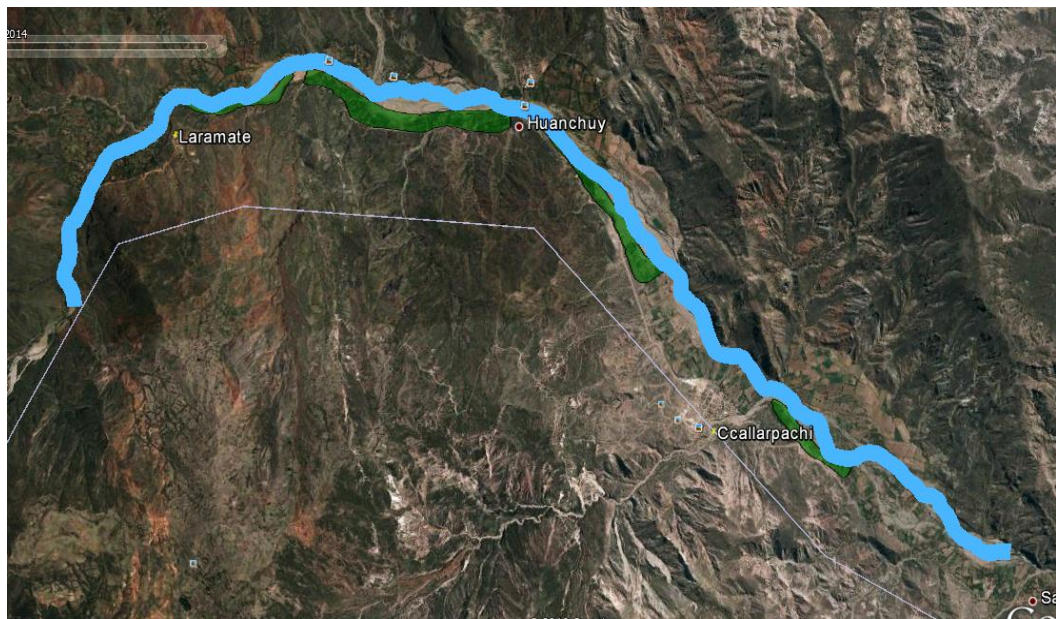


Figura 2. 4. Vista principal del lugar de intervención.

2.1.2. Ubicación geográfica

Santiago de Pischa, se encuentra ubicado en la parte Noroeste de la provincia de Huamanga a 52 km. de la ciudad de Ayacucho, vía Los Libertadores cumbre Yanabamba (Km 30), interconexión a través de una

trocha carrozable, siguiendo la ruta Huamanga y Lagunilla, con desvío hacia la izquierda pasando las comunidades Compañía y Simpapata.

Presenta una topografía accidentada, tiene valles interandinos, laderas con pendientes pronunciadas que llega hasta el río Pongora, en la parte más alta cuenta con pequeñas llanuras y la producción es variada en pequeñas escalas.

Santiago de Pischa limita: por el norte con Ticllas y Acobamba del Departamento de Huancavelica, por el Sur con los distritos de Socos, por el Este con los distritos de Ticllas, Oeste Provincia de Angaraes de Huancavelica.

Presenta variedad de flora de acuerdo a los pisos ecológicos existentes, predominando las siguientes plantas: cabuya, molle, chillka, kishuar, tara, guarango, sauce, eucalipto, aliso, chachas, ichu, carrizo, taya, tankar, huallhua, etc. Las variedades frutales encontramos a los siguientes: naranja, chirimoya, lúcuma, durazno, manzanas, palta, paca, capuli, etc., estos son producido solamente con fines de auto consumo, mientras en la parte baja se producen hortalizas para el mercado de Ayacucho. La fauna silvestre está constituido por una variedad de especies, cuyo hábitat son los diferentes pisos ecológicos que presenta la zona, podemos encontrar a las siguientes variedades: gavián, cernícalo, cuculí, lechuza, huaychao, gorrión, gilguero, zorzal, tuya, etc.

El distrito de Santiago de Pischa tiene como capital San Pedro de Cachi según datos del Censo Nacional 2007, tiene una población total de 1467 habitantes. Es decir, 702 varones y 765 mujeres. Es el distrito de menor población de Huamanga.

- **Extensión y topografía**

El distrito de Santiago de Pischa tiene una extensión territorial de 114.84 km², topografía accidentado, tiene valles interandinos, laderas con pendientes pronunciadas que llega hasta el Río Pongora, en la parte más

alta cuenta con pequeñas llanuras y la producción es variada en pequeñas escalas.

- **Climatología**

El distrito de Santiago de Pischa la Las precipitaciones pluviales promedios varían de 500 a 600mm anuales, y la temperatura que va de los 12°C a 28°C, en la zona alta y el valle del Río Pongora, respectivamente, las Zonas ecológica en todo el distrito se puede distinguir 02 zonas ecológicas:

Bosque seco Mantaro Tropical (Bs-MBT) o Quechua, ya que abarca desde los 2400 a 2800 m.s.n.m., son pequeños valles interandinos. En esta parte la población se dedica a la producción de árboles frutales de naranja, palta, chirimoya, paca, tuna, etc., y otros cultivos transitorios tales como alfalfa, frijol, maíz, etc. Las plantas nativas o típicas de la zona son: el molle, tuna, cactus, guarango, cabuya.

Bosque Húmedo Montano Tropical (bh-MT) o Suni. Abarca desde los 3500 a 4000 m.s.n.m. el clima en esta parte es frío. La población en esta parte se dedica al cultivo de tubérculos como la papa, oca, olluco, haba, kiwicha, maca, etc.

- **Población**

El distrito de Santiago de Pischa, según la base de datos de Almanaque Estadístico Ayacucho 2004-2005 y del Censo Nacional 2007; tiene una población total de 1467 habitantes. Es decir, 702 varones y 785 mujeres. Y tiene una densidad de 16.55 y 37.95 habitantes/ km², valores que están por encima de la densidad departamental que es 13.05 y 13.98 Hab/Km², para los años 2004 y 2007, respectivamente e inferior a la de provincial que es de 67.99 y 74.26.

- **Costumbres y folklore**

Las festividades tradicionales de las comunidades del distrito se realizan en fechas diferentes casi continuas durante el año, en donde participan

toda la población. Por estas fechas cada uno de las comunidades recibe la visita de sus hijos residentes en las ciudades de Huamanga, Lima y de otros lugares, significando un reencuentro con sus parientes, el pueblo y sus costumbres.

Las fiestas son organizadas en forma anual por los distintos mayordomos o cargontes, según la usanza tradicional pre-establecida, con bandas musicales, arpa y violín, corrida de toros, quema de fuegos artificiales, chicha de jora o molle, comidas típicas, los que son brindados a todos los asistentes sin excepción.

Así mismo el distrito cuenta con una variedad de platos típicos, los que son preparados en ocasiones festivas de cada comunidad.

- Mazamorra de molle, de calabaza, de tuna, de miski a base del sumo de la cabuya, llipta de maíz especial.
- Picante de trigo, de quinua, de atajo, de yuyo, de arveja, el saralawa, sopa de chochoca.
- Chicha de molle, de cabuya (el huarapo), de tuna, de naranja, de jora.
- La huatia preparada durante la época de la cosecha.

2.2. Materiales

- Plano topográfico de planta y perfil longitudinal.
- Carta Nacional digitalizada de los cuadrantes 27n, 27ñ.
- Libreta de campo.

2.2.1. Equipos

- Computadora portátil
- Impresora y escáner.
- Cámara fotográfica.
- Calculadora Científica.
- Gps.
- Estación Total marca Sokia.
- Wincha de 50m.

2.2.2. Programas de apoyo de Ingeniería

- ArGis 10.3.1
- HEC-HMS 3.5.
- Auto CAD civil 3D 2015.
- Google earth.
- Sas planet satelital.
- Microsof office 2013.
- IBER 2.3.2
- HEC RAS 5.0

2.3. Metodología

2.3.1. Fase preliminar

Los procedimientos del trabajo de campo consisten en reconocimiento insitu del área de influencia:

- Reconocimiento de la cuenca insitu.
- Recolección de información de estudios existentes
- Coordinación entre las autoridades locales ubicadas en la cuenca de rio Cachi margen derecho (departamento de Ayacucho) y autoridades margen izquierdo (departamento de Huancavelica).
- Recopilación de información básica.
- Búsqueda y de información básica.
- Programación de actividades.
- Recolección de información de estudios existentes.
- Evaluación y análisis de las estaciones pluviométricas aledañas a la Cuenca de Rio Cachi.
- Evaluación Hidrológica y rastros dejados en las avenidas máximas registradas en las estructuras existentes (Puentes Vehiculares existentes)

2.3.2. Fase de campo

El trabajo de campo consiste en la observación de los elementos más importantes para la adecuada realización, de las actividades programadas anteriormente entrevista área usuaria o área de influencia:

- Evaluación de las características geomorfológicas, geológicas, edafológicas cobertura vegetal y de sus suelos, entre otros.
- Evaluación de todo el sistema hidrográfico de la cuenca del río Cachi, densidad de drenaje, características más importantes de las fuentes hídricas superficiales, aportes de los glaciares en la parte alta de la cuenca, quebradas efluentes, lagunas, manantiales, etc.
- Verificación de los lugares históricamente más importante como generadores de sedimentos en la cuenca de río Cachi, verificando perdidas de cobertura vegetal del suelo, los mismos que se constituyen como principales fuentes generadoras de sedimentos.
- Trabajos de levantamiento topográfico del tramo correspondientes de Laramate y Santiago de Pischa en la cuenca del río Cachi.

2.3.3. Fase de gabinete

- Revisión de la información (estudios técnicos) recabada por parte del interesado hacia las entidades y base de datos al Internet.
- Caracterización y zonificación de la cuenca mediante el uso de las cartas nacionales digitales y datos espaciales Internet, para ello se empleó el software ARCGIS, Google Earth, Autodesk como herramientas de digitalización.
- Realizando el buen uso del software SIG se efectuaron los mapas temáticos como cartografía, topología y altitudinal.
- Se realizó un estudio detallado de la precipitación en base a la información adquirida de las estaciones pluviométricas ubicadas dentro de la Cuenca de Río Cachi.
- Se realizó un estudio detallado de la precipitación en base a la información adquirida de las estaciones pluviométricas ubicadas dentro de la Cuenca de Río Cachi.
- Caracterización y zonificación de la cuenca.
- La descripción de la Cuenca de Río Cachi según niveles, considerando las características geomorfológicas, tipos de suelo, cobertura vegetal, poblados, vías de acceso, etc.

- El análisis estadístico o análisis de frecuencia de las precipitaciones de las estaciones que se consideran.
- Uso de los programas de ingeniería, (ArcGIS, Autocad civil 3d, HEC-HMS, etc.).
- El diseño de los caudales máximos para los diferentes periodos de retorno, por las metodologías que se plantean en el presente estudio.
- Modelización hidrológico e hidráulico.
- Calculo de tirante de inundación.
- Mapa de índice de riesgos.

2.3.4. Mapa base del área de influencia en la cuenca del rio Cachi

Para la elaboración del mapa base del área de influencia en la cuenca de rio Cachi del distrito de Santiago de Pischa, se utilizaron datos vectoriales disponibles en (SENAMHI), escala 1:1 000,000, en donde se manejaron, carreteras, localidades y ciudades. La elaboración del mapa base se realizó con la ayuda del software de Sistema de Información Geografía ArcGis 10.3.1.

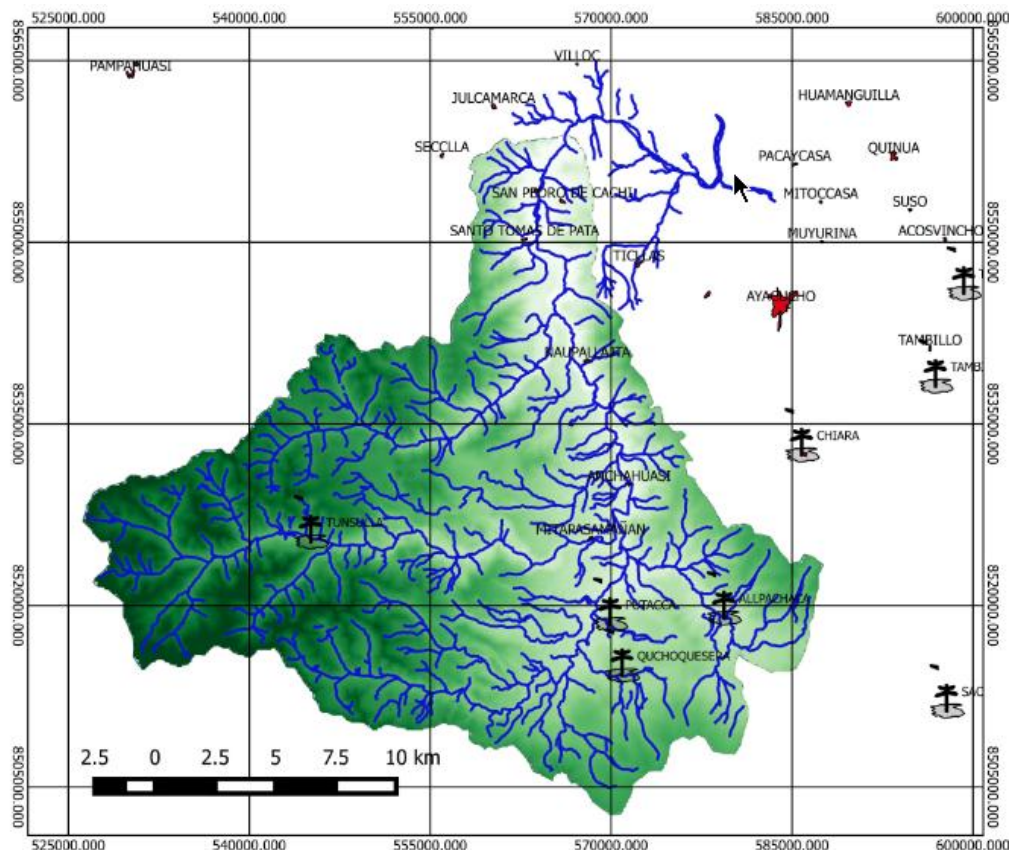


Figura 2. 5. Área de influencia e hidrología de la cuenca de rio Cachi.

2.3.4.1. Mapa base del área de influencia en la cuenca del río Cachi

La delimitación de la cuenca se realizó utilizando un Modelo Digital de Elevaciones (DEM) disponible de INEGI, Figura 2.6. En el que se delimito la hidrografía y los parteaguas.

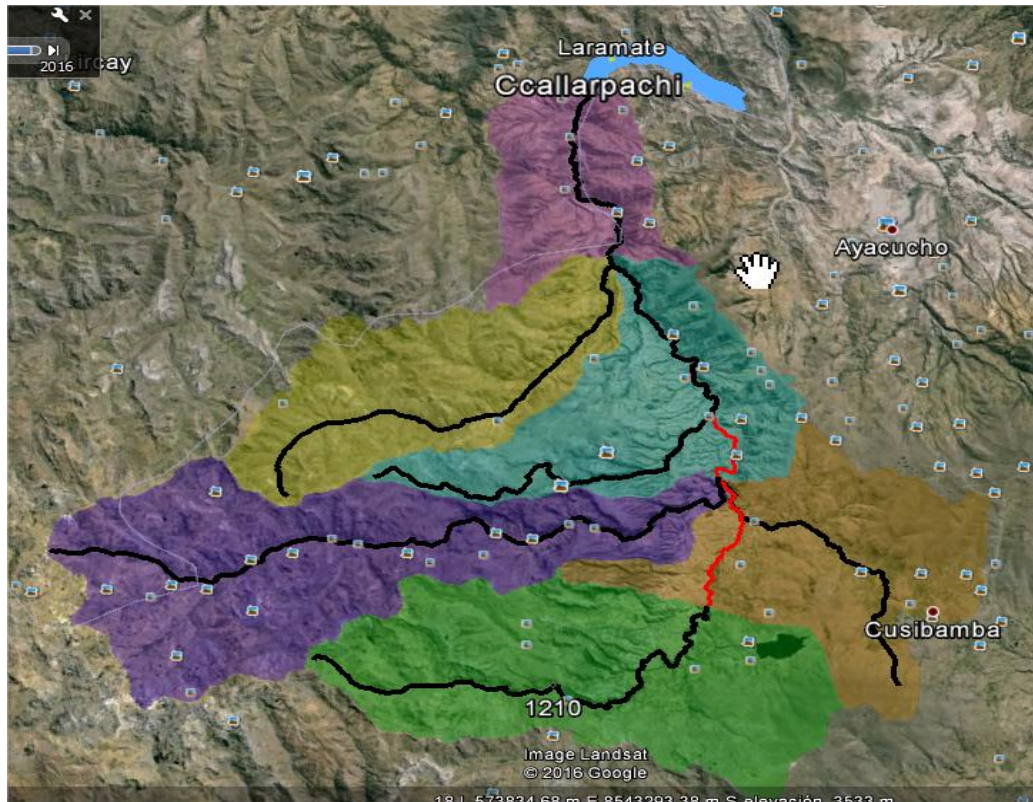


Figura 2. 6. Delimitación del área de influencia en la Cuenca de río Cachi.

2.3.5. Delimitación de Subcuenca

La ubicación de los puntos de salida de las subcuencas del área de influencia en la cuenca de río Cachi n se estableció tomando en cuenta los siguientes aspectos, Figura 2.6.

Analizando la CRC, se estableció la subdivisión en 6 subcuencas, percibiendo los criterios de las localizaciones de las Estaciones Pluviométricas, Variación geomorfológica, entre otros. La descripción de las 6 subcuencas es como sigue:

Subcuenca A: Corresponde a la parte alta de la CRC. Dentro de ésta subcuenca se encuentran el sistema principal del Proyecto de Irrigación Cachi (Captación Choccoro, Captación Chicllarazo).

Subcuenca B: También corresponde a la cabecera de la cuenca de río Cachi. Dentro de la subcuenca se encuentra el recorrido de la vía Libertadores. El área de la subcuenca (Apacheta).

Subcuenca C: Se ubica en la parte Este de la cuenca de río Cachi. Dentro de la subcuenca se encuentra los Centros Poblados de Allpachaca, Cusibamba (Puyas de Raymondi), Rosas Pata, Ccochapata del distrito de Chiara.

Subcuenca D: Se ubica en la parte Centro de la CRC. Dentro de la subcuenca se encuentra los Centros Poblados de Ccochapunco, Tico, Anchachuasi, laguna Ustuna, y el distrito de Vinchos.

Subcuenca E: Corresponde a la parte Oeste de la CRC. Dentro de la subcuenca se encuentra los Centros Poblados de Andabamba y Paccha.

Subcuenca F: Se ubica en la parte inferior de la CRC, finalizando en el punto de aforo que se considera para el presente estudio. Dentro de la subcuenca se encuentra los Centros Poblados de San Pedro de Cachi, Antaparcco y el Distrito Santo Tomas de Pata del departamento de Huancavelica.

2.3.6. Caracterización de la Cuenca hidrológica

Con el Sistema de Información Geográfica del mapa base se realizó la caracterización de la cuenca en forma: Morfométrica, hidrológica, climática, edafológica, fisiográfica, de uso del suelo y vegetación, así como de la ubicación de estaciones meteorológicas e hidrométricas existentes.

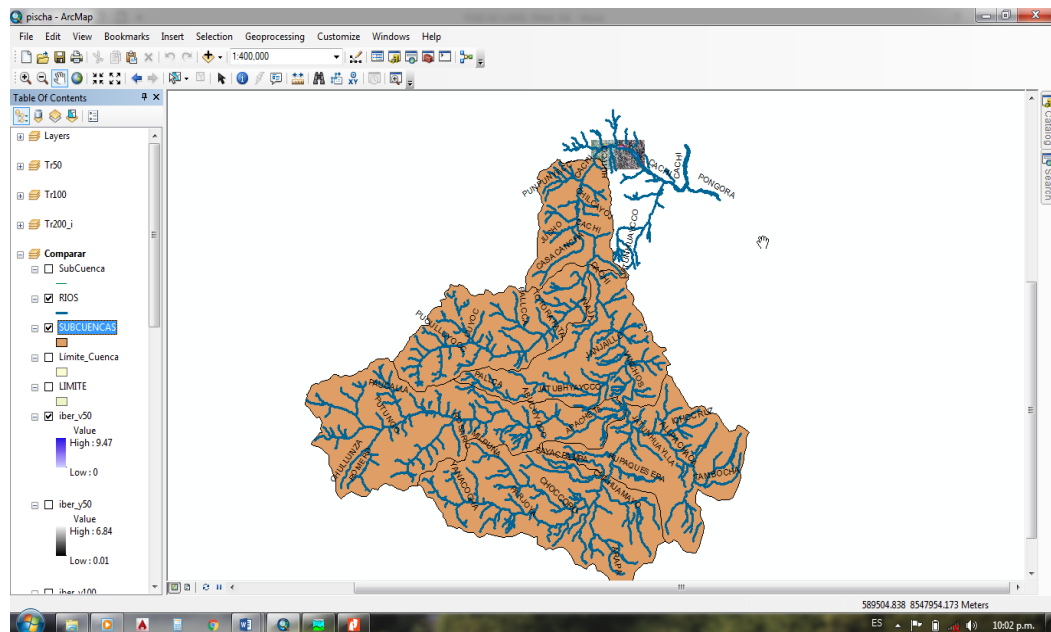


Figura 2. 7. Delimitación de las subcuencas del área de influencia en la cuenca de río Cachi.

2.3.7. Características Morfométricas, fisiográficas e hidrográficas

Para conocer el comportamiento y las posibles correcciones de la cuenca de río Cachi se realizó la caracterización por subcuenca. A continuación se explica en los siguientes puntos la metodología que se siguió.

- **Área y Perímetro**

El área de las Subcuencas fue delimitado con ayuda del programa SWAT en plataforma de ArcMap.

- **Índice de Compacidad (Kc)**

El índice de compacidad se calculó con la fórmula propuesta por Gravelius la cual se muestra en la Expresión (2.1)

$$Kc = \frac{P}{2\pi r} = 0.28 \frac{P}{A^{1/2}} \quad (2.1)$$

- **Factor de Forma (Kf)**

Este factor que representa la relación entre el ancho medio de la cuenca y la longitud del cauce principal fue calculado con la expresión (2.2):

$$Kf = \frac{B}{L} = \frac{B}{L^2} \quad (2.2)$$

- **Pendiente media del cauce principal.**

Para el cálculo de este parámetro se utilizó la expresión (2.3) que corresponde al método denominado Longitud-Elevación:

$$Kf = \frac{B}{L} = \frac{B}{L^2} \quad (2.3)$$

- **Relación de bifurcación**

La relación de bifurcación que describe la clasificación de los tributarios, la cual dicha relación determina la velocidad y los niveles de las crecidas. Se determinó con la ayuda de la expresión (2.4):

$$Kf = \frac{B}{L} = \frac{B}{L^2} \quad (2.4)$$

- **Densidad de corriente**

La densidad de corriente que expresa la relación entre el número de corrientes y el área drenada se determinó con la expresión (2.5), para este parámetro solo se consideraron las corrientes perennes e intermitentes.

$$Dc = \frac{Nc}{A} \quad (2.5)$$

- **Densidad de drenaje**

La densidad de drenaje se define como la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y su área total, se calculó con la ayuda de la expresión (2.6):

$$Kf = \frac{\sum Li}{A} \quad (2.6)$$

2.3.8. Análisis Hidrometeorológico

En la región de la cuenca del Río Cachi se cuenta con las estaciones meteorológicas listadas en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2. 1. Estaciones meteorológicas seleccionadas como base datos de la cuenca de río Cachi.

N°	DESCRIPCIÓN	
1	ESTACIÓN : PUTACCA ALTITUD : 3550.0 msnm LATITUD : 13°23'37" LONGITUD : 74°21'13" UTM X :569984.768 UTM Y :8519239.091	6 ESTACIÓN : CUCHOQUESERA ALTITUD : 3750.0 msnm LATITUD : 13°25'54" LONGITUD : 74°20'40" UTM X :570966.115 UTM Y :8515027.661
2	ESTACIÓN : TAMBILLO ALTITUD : 3250.0 msnm LATITUD : 13°12'54" LONGITUD : 74°06'19" UTM X :596944.599 UTM Y :8538909.954	7 ESTACIÓN : ALLPACHACA ALTITUD : 3550.0 msnm LATITUD : 13°23'19" LONGITUD : 74°16'00" UTM X :579400.350 UTM Y :8519765.825
3	ESTACIÓN : SACHABAMBA ALTITUD : 3540.0 msnm LATITUD : 13°27'27" LONGITUD : 74°05'45" UTM X :597870.358 UTM Y :8512085.320	8 ESTACIÓN : CHIARA ALTITUD : 3400.0 msnm LATITUD : 13°16'00" LONGITUD : 74°12'27" UTM X :585849.874 UTM Y :8533232.999
4	ESTACIÓN : PAMPA CANGALLO ALTITUD : 3350.0 msnm LATITUD : 13°34'09" LONGITUD : 74°11'37" UTM X :587245.243 UTM Y :8499771.661	9 ESTACIÓN : CHONTACA ALTITUD : 3525.0 msnm LATITUD : 13°16'57" LONGITUD : 74°02'42" UTM X :603447.800 UTM Y :8531420.174
5	ESTACIÓN : TUNSULLA ALTITUD : 3900.0 msnm LATITUD : 13°19'57" LONGITUD : 74°34'59" UTM X :545153.596 UTM Y :8526050.914	10 ESTACIÓN : HUANTA ALTITUD : 2620.00 msnm LATITUD : 12°56'00" LONGITUD : 74°15'00" UTM X :581355.074 UTM Y :8570112.566

2.3.9. Selección de estaciones para su análisis

Se seleccionó una 01 estaciones que se encuentran dentro o próximas a las cuencas de río Cachi, y las que contienen datos suficientes para el análisis de la precipitación, Cuadro 2.2. y las 09 estaciones se ubican en el Anexo **A2**.

Cuadro 2. 2. Estación meteorológica seleccionada de la cuenca de rio Cachi.

REGISTRO DE PRECIPITACIONES DIARIAS (mm)

ESTACION : SAN PEDRO DE CACHI DISTRITO : SANTIAGO DE PISCHA ALTITUD : 2990.0 msnm
 CODIGO : 156205 PROVINCIA : HUAMANGA LATITUD : 13°3'55"
 DEPARTAMENTO : AYACUCHO LONGITUD : 74°21'31"

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1973			18	9.3	3.5	4	7.4	6.4	7.4	9.3	6.9	17.2	18.00
1974	25	38.7	112.4	5.6	1.8	8.4	2.1	21.5	6.1	12.6	15.5	11.6	112.40
1975	16.2	19.2	12.1	4.9	6.3	3.2	2.5	2.4	17.2	14.5	10.6	15.7	19.20
1976	41.6	26	23.8	18.8	23.3	8.6	4.5	5.2	16.6	14.6	9.4	12.2	41.60
1977	11.8	26.8	15.8	26.2	2.5	0	7.6	2	24.4	18.1	26.5	13.2	26.80
1978	24.7	18.5	15.2	14.7	0.2	10.2	0	0.8	16.5		25.2	13.9	25.20
1979	11.6	12.3	26.2	13.2	7	1.5	8.2	8.5	0	9.3	0	25.2	26.20
1980	12.4		25.8	7.8	6.5	0	3.7	2.3	12.5	22.4	12.8	18.5	25.80
1981	23.4	27.5	12.7	9	15.2	5.2	0	31.4	8.8	18.7	12.8	13.7	31.40
1982	10.2	22.1	10.7	12.6	1.8	2.2	3	9.8	6.2	18.4	18.9	16.8	22.10
1983	16.5	38.3	19.5	5.2	2.6	0.5	8.2	5.7	0	6.5	25.8	12.5	38.30
1984	22	27.1	14.5	14.5	5.2	10.2	1.8	8.7	6.5				27.10
1985								0	15.5	8.5	2.8	20.6	20.60
1986	31.1	28.9	42.3	18.8	14.9	0	3.5	10	12.6	21.3	24.3	18.2	42.30
1987	28.8	7.5	10.8	22.5	0	14.6	14.9	2.7	2.9	14.2	6.5	13.8	28.80
1988	11.3	18.5	12.5	6.8	11.2	0	1.8	1.5	0	8.5	12.8	15.6	18.50
1989	14.9	14.1	15.2	3.3	1.3	2.1	2.7	1.7	10.3	17.1	6.3	19.4	19.40
1990	11.9	6.5	8.2	4.5	7.2	1.5	1.8	4	2.2	8.2	18.5	14.5	18.50
1991	11.9	10.2	14.4	3.7	0	5.8	0	0	3.1	15.3	12.5	5.2	15.30
1992	15	4.5	8.7	0	0	4.2	0	8.2	4	12.7	6.5	4.2	15.00
1993	4.2	7.1	16.1	12.8	3.5	2.8	3	11.3	10.2	10.3	17.5	17.5	17.50
1994	26	19.8	21.7	7.5	13.2	8.8	0	0.8	5.5	14.4	13.5	18.1	26.00
1995	14.5	16.7	20.8	9.2	2	6.6	0.9	8.5	4.2	23.3	23.9	10.6	23.90
1996	13.6	18.3	28.5	30.7	0.4	2.3	2.7	20.3	14.5	21.5	35	25	35.00
1997	27.7	46.1	15	9.8	5	0	3.5	9.2	13.2	7.4	22.8	26.2	46.10
1998	28.5	38.4	19.8	5.5	0.2	2	0	8.8	0.8	16	10.4	22	38.40
1999	20.5	28	27	18	2.1	2.6	2	1.5	14.5	13.3	16.5	10.7	28.00
2000	19.7	35	15.6	5.9	9.3	4.5	14.5	4	3.5	18.5	9.2	22.6	35.00
2001	17.3	19.2	33.7	11.2	8.7	2.5	9.8	5.7	4	15	21.2	17.8	33.70
2002	21.8	18.4	22.6	8.3	9.2	2.2	9.5	4.4	6.8	16.1	12	21.6	22.60
2003	16.6	32	15.9	27.2				12.6	8.4	5	25	15.5	32.00
2004	6.5	24.1	17.6	9.6	4.6	12.6	6	5.8	7.1	12	12.9	28.2	28.20
2005	16.4	33.2	16	3.8	3.2	0	6.5	5	8.3	17.2	10.4	26.4	33.20
2006	18.5	29.2	15.6	15.6	2.5	5.4	0	6	13.2	25.4	10.2	29.3	29.30
2007	21.2	18.8	47.5	13.6	3.8	0	4	0	5.8	14.3	8.2		47.50
2008	15.4	17.6	13.5	3.6	11.8	4.5	0	0.9	9.2	6.8	5.6	27.8	27.80
2009	27.8	35.5	23.4	22.5	6	0	11.8	1.5	4.8	7.8	17.2	23.3	35.50
2010	31.2	22.4	14.8	14.5	4.9	0.5	3.2	7.3	12.4	8.6	15	31.1	31.20
2011	24	28.6	26.5	45	3	0	7	0.5	6	17	13.3	14.8	45.00
2012	15.6	29.6	23.6	8	15	13	9.5	3.4	20.6	18.5	12.2	23.6	29.60
2013	30.8	18		6.1	32.4	1.6	6.3	17	8.7	14.7	16.5	23.7	32.40
2014	35.2	12.4	24.6	15.8	14.2	3.4	4	6.1	14				35.20
MAX	41.60	46.10	112.40	45.00	32.40	14.60	14.90	31.40	24.40	25.40	35.00	31.10	112.40
PROM	19.83	22.95	21.97	12.33	6.64	3.94	4.45	6.51	8.77	14.19	14.58	18.41	31.09

2.3.10. Delimitación del área de influencia de las estaciones meteorológicas

La delimitación de las áreas de influencia de las estaciones meteorológica en las cuencas de rio Cachi se realizó mediante Polígonos de Thiessen, Figura, con la finalidad de obtener valores ponderados de precipitación máxima en 24 horas por periodo de retorno. Cabe señalar que la subcuenca Las Cuenca de rio Cachi, cuenta con información de estaciones hidrométricas, una a su salida y otras aguas arriba.

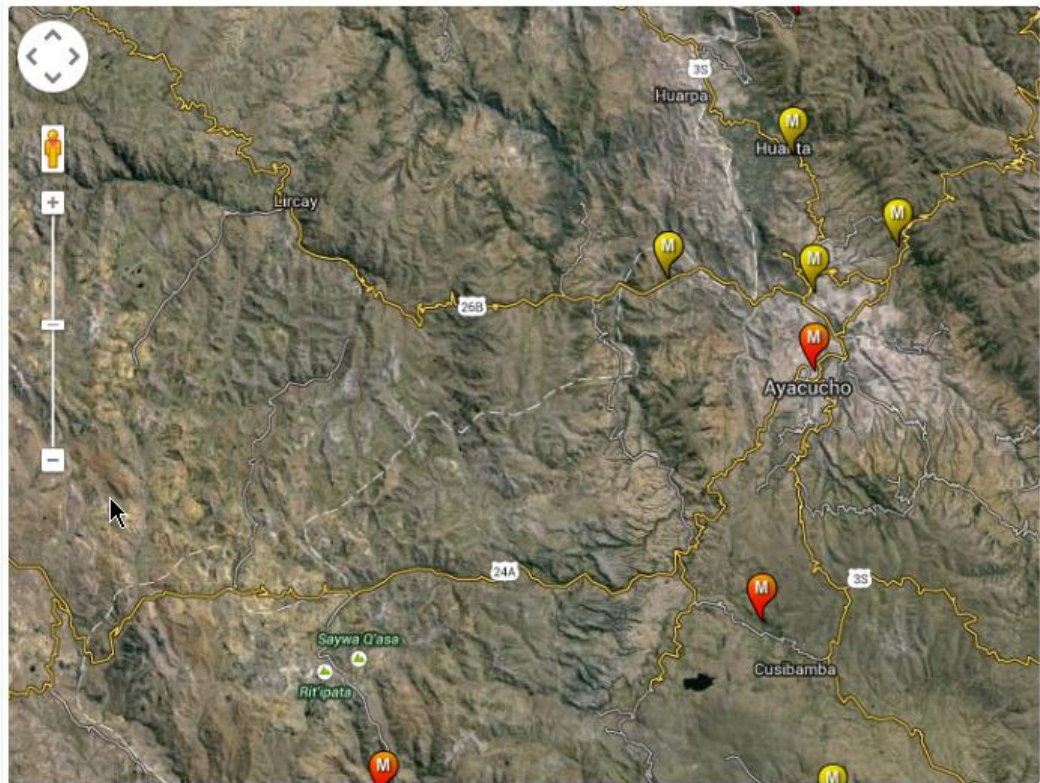


Figura 2. 8. Vista principal de la ubicación de las estaciones meteorológicas de la cuenca.

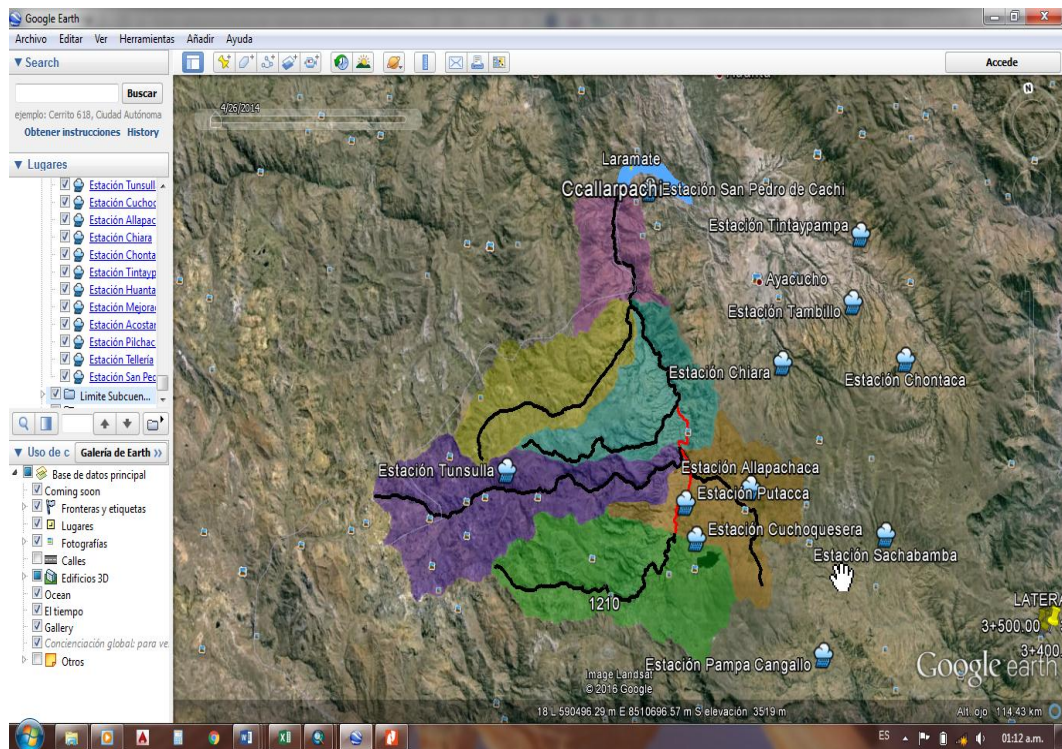


Figura 2. 9. Vista principal de la ubicación de las estaciones meteorológicas de la cuenca.

2.3.11. Análisis estadístico par el área de influencia de la zona de estudio

De las estaciones meteorológicas mencionadas, se realizó el análisis estadístico a los registros históricos de precipitación máxima en 24 horas con el programa de ajuste de funciones AX, elaborado por el SENAMHI. Este programa calcula el error estándar de cada una de las funciones de ajuste con respecto a la muestra, también estima la mejor función de ajuste con sus parámetros. Las funciones de probabilidad que se contemplaron en el empleo de este programa son, la Normal, Log-Normal, Gumbel, Exponencial, Gamma y doble Gumbel.

Con base en el área de influencia de cada estación, se ponderó el valor de precipitación diaria y se obtuvieron las fechas y valores de precipitación máxima por año en toda la cuenca, Cuadro 1.6. Posteriormente se ajustaron dichos valores a funciones de distribución.

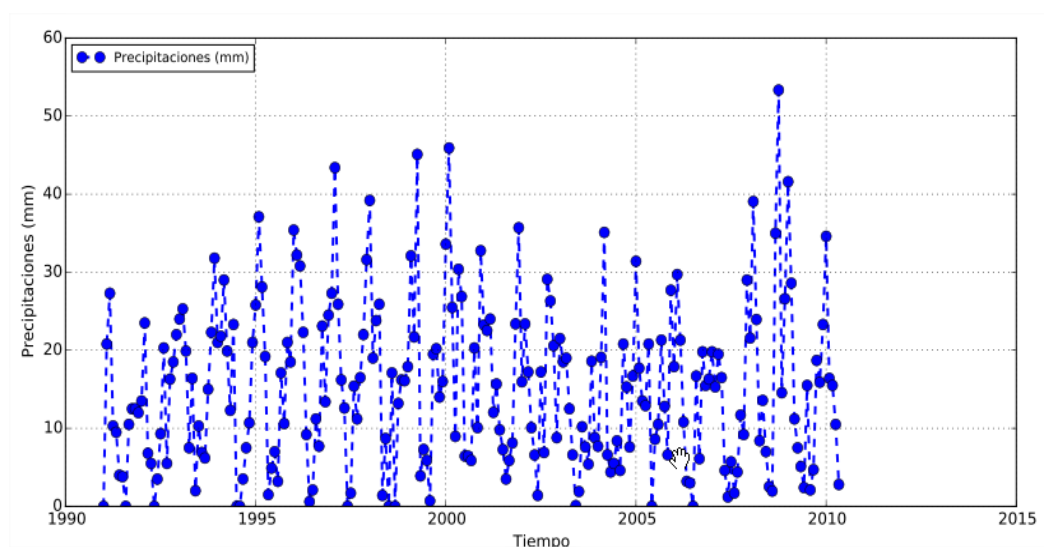


Figura 2. 10. Precipitaciones máximas de 24 horas de la cuenca de río Cachi.

2.3.11.1. Características generales y área de captación de la subcuenca de San Pedro de Cachi

Se muestra el parteaguas de la subcuenca de San Pedro de Cachi, y las características físicas requeridas por el programa HEC-HMS para la determinación del caudal por periodo de retorno se presentan.

Subcuenca F: Se ubica en la parte inferior de la CRC, finalizando en el punto de aforo que se considera para el presente estudio. Dentro de la subcuenca se encuentra los Centros Poblados de San Pedro de Cachi, Antaparcco y el Distrito Santo Tomas de Para del departamento de Huancavelica. El área de la subcuenca es de 146.22 km² y el perímetro = 61.13 km. El cauce principal corresponde a una longitud igual a 17.90 km y pendiente promedio igual a 0.016 m/m.

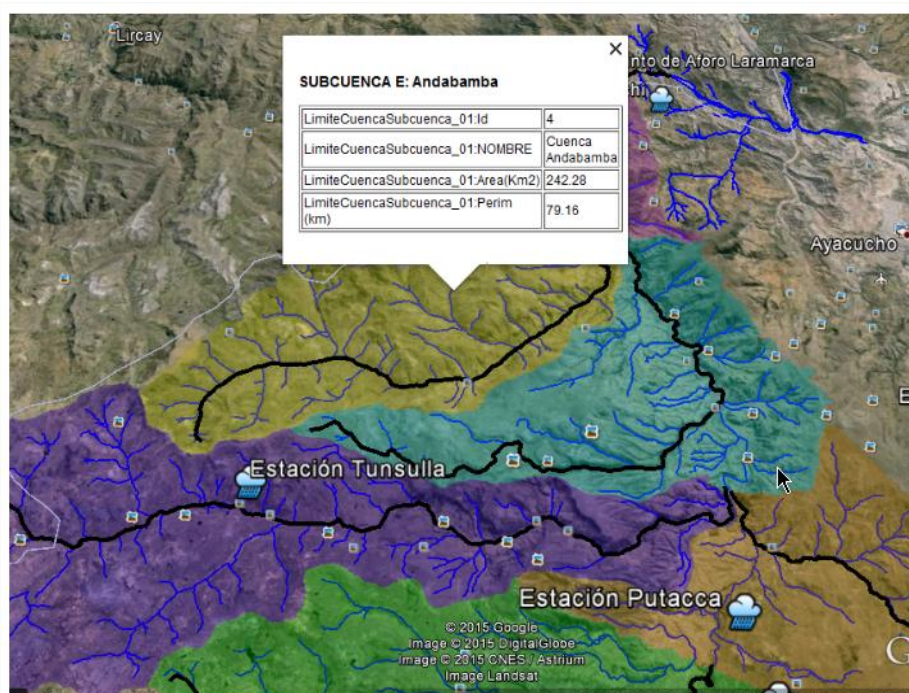


Figura 2. 12. Vista de la sub cuenca F con respectivos parteaguas.

2.3.11.2. Calibración del modelo hidrológico

Debido a que al utilizar el coeficiente de escurrimiento ponderado se obtienen diferencias significativas con respecto a los valores de caudal medido por la estación hidrométrica Las Cuenca de río Cachi, fue necesario ajustar dicho CN para reducir al mínimo las diferencias que existan con respecto al gasto medido por esta estación.

Variando el CN y calculando los parámetros necesarios para el programa HEC- HMS se hicieron modelaciones hasta que se obtuvo la mínima diferencia en los caudales medidos en la hidrométrica cuenca de río Cachi y los resultantes de la modelación con HEC-HMS.

2.3.12. Determinación de gastos máximos por periodos de retorno

En la determinación de gastos máximos que transitan por cada subcuenca se utilizó el programa ingeniería HEC-HMS 3.5.0. Para simular la respuesta hidrológica de una cuenca, el modelo HEC-HMS requiere los siguientes componentes: modelo de cuenca, modelo meteorológico, especificaciones de control y datos de entrada. La simulación calcula la transformación de lluvia a caudal en el modelo de la cuenca, dada la entrada del modelo meteorológico. Las especificaciones de control definen el periodo de tiempo durante el cual se realiza la simulación y el intervalo de tiempo a utilizar. Los componentes de los datos de entrada, tales como las series temporales, se requieren como parámetros o condiciones de contorno tanto en el modelo de la cuenca como en el meteorológico.

El método que se aplicó en el modelo meteorológico es el de la Tormenta tipo 1, que consiste en aplicar una distribución temporal tipo SCS a un volumen total de lluvia en 24 horas. El tipo de modelo de cuenca utilizado en este trabajo, para cada subcuenca en el programa se indica como "Transformación lluvia-caudal", y la metodología de la Curva Número (CN), del Servicio de Conservación de Suelos (SCS).

2.3.12.1. Área de influencia en la zona de estudio

Se ha denominado área de influencia en la zona de estudio a la cuenca formada por las subcuencas, como se muestra en la figura 2.14. se presentan las características físicas de la cuenca de río Cachi.

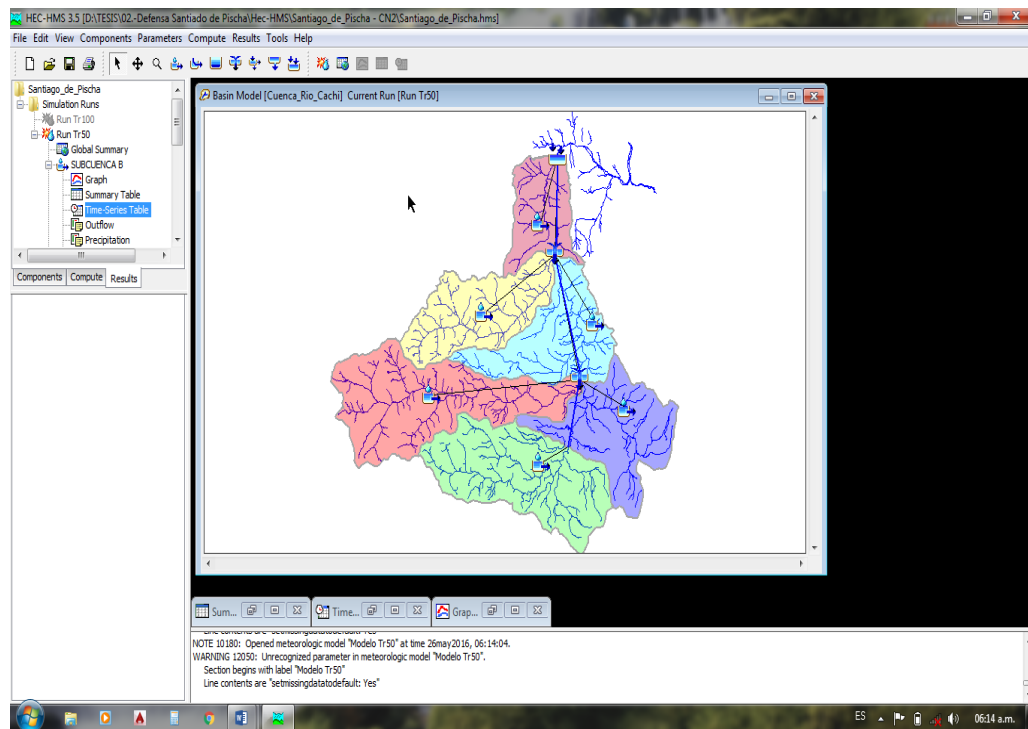


Figura 2. 13. Vista de las subcuenclas con respectivos parteaguas.

- **Coeficiente de escurrimiento (Valor de CN)**

Como se ha realizado la calibración del modelo lluvia escurrimiento para la estación hidrometeorológica de la Cuenca de río Cachi, entonces este valor se extrapola para toda el área de influencia en la zona de estudio y con ello se obtuvieron los valores de los caudales máximos para cada TR.

- **Avenidas máximas probables por periodo de retorno**

Para la obtención de caudales máximos por TR del área de influencia en la zona de estudio se utilizó el programa HEC-HMS, con los valores de características físicas, precipitación máxima en 24 horas por periodo de retorno y el valor de CN.

2.3.13. Modelación hidráulica

Para la modelación hidráulica del área de influencia en la zona de estudio se utilizaron dos modelos: unidimensional Y bidimensional “HEC-RAS” y bidimensional “IBER”. A los cuales se les ingresaron los hidrogramas obtenidos en la modelación hidrológica con el modelo HEC-HMS.

2.3.13.1. Simulación hidráulica unidimensional y bidimensional, HEC-RAS 5.0.0

Este análisis tiene por objeto determinar de manera efectiva (de acuerdo a las condiciones topográficas y capacidad del cauce del río Cachi en su condición actual, a su paso por los poblados de Laramate y Santiago de Pischa), las elevaciones y tirantes del agua en las secciones transversales del río, para los distintos periodos de retorno. Para la simulación se empleó el programa HEC-RAS 5.0.0 (USACE, 2012).

2.3.13.2. Importar Topografía

Una vez generado el Modelo Digital del Terreno y empleando el software HEC- GeoRAS 4.1. (USACE, 2012), en plataforma de Arc-Map 10.3.1, se extrajo la geometría del río, Figura 2.15, donde se aprecia un ejemplo de sección transversal en el cadenamiento de cada tramo.

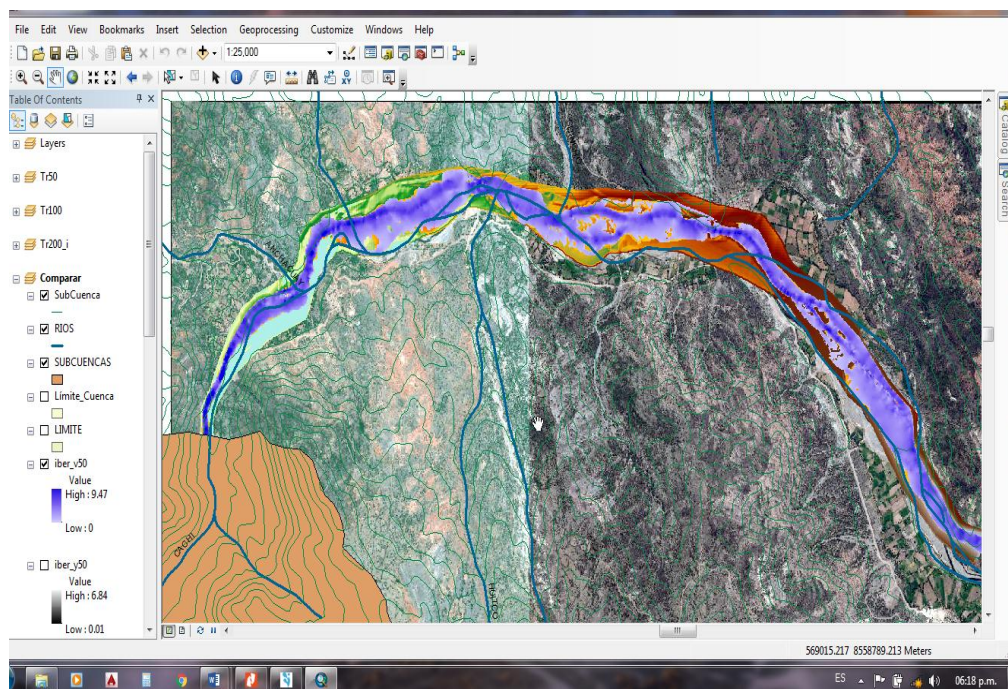


Figura 2.14. Topología base para el tránsito de avenidas en el programa HEC-RAS

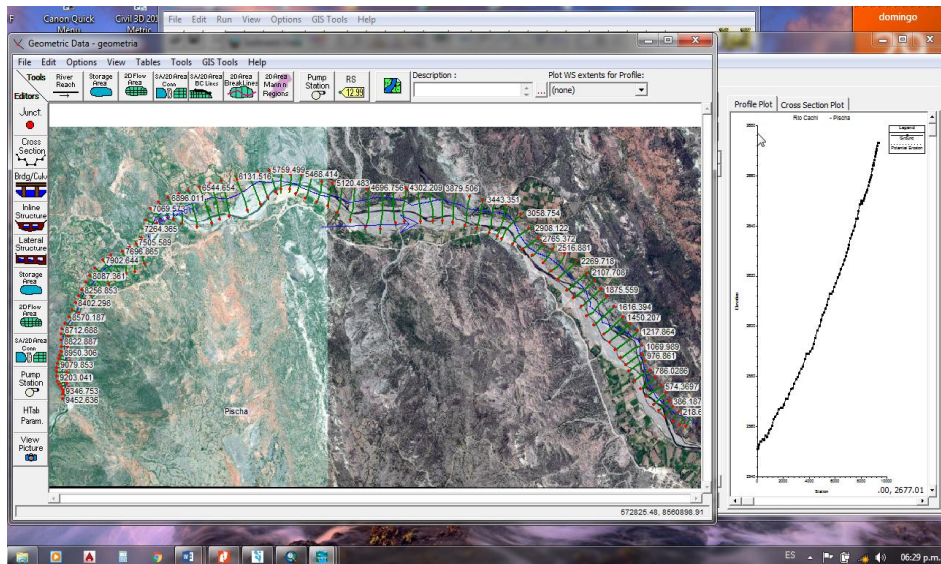


Figura 2.15. Con seccionamiento y ancho de sección variables (con base en los puntos del levantamiento topobatimétrico) y ejemplo de sección transversal.

2.3.13.3. Condiciones de simulación

Como condiciones de frontera, tantas aguas arriba como aguas abajo, se consideraron las pendientes calculadas con el modelo digital de elevaciones. Los valores de gastos correspondientes por periodo de retorno se observan en la Figura 2.17.

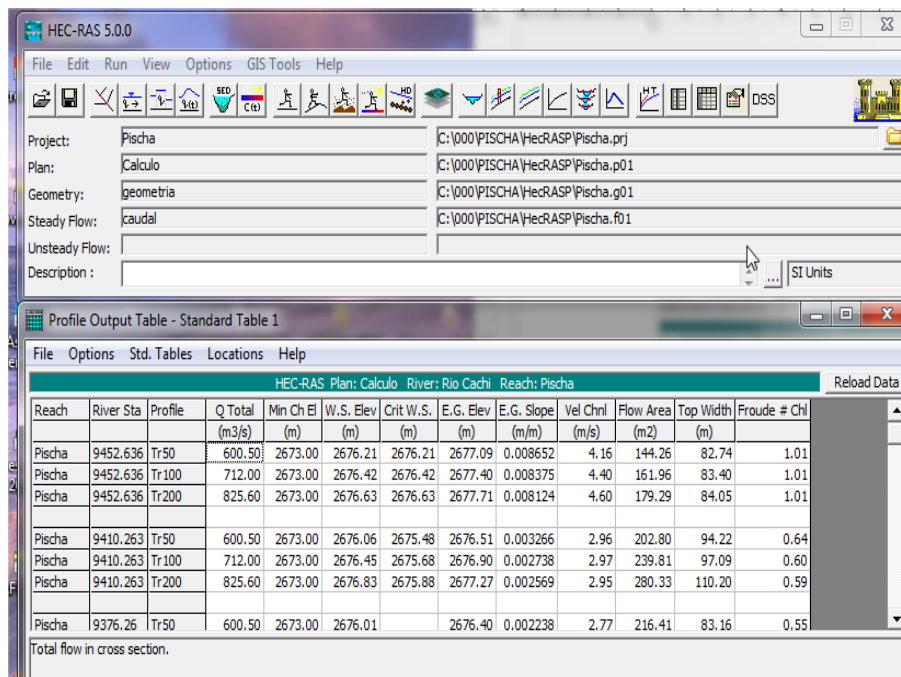


Figura 2.16. Vista de los valores de gastos máximos ingresados para la simulación.

2.3.14. Simulación hidráulica bidimensional, IBER 2.3.2

El análisis bidimensional tiene por objeto determinar las cotas, áreas de inundación y tirantes del agua sobre el cauce del río y dentro del poblado de Laramate y Santiago de Pischa, para los distintos periodos de retorno. Para la simulación se empleó el programa IBER2.3.2.

2.3.14.1. Importar la topografía

El software IBER 2.3.2 solo reconoce la topografía en dos formatos (.txt y asc), la topografía que estaba en formato TIN se transformó a Raster y posteriormente a ASCII con resolución de 10 m, con ArcMap.

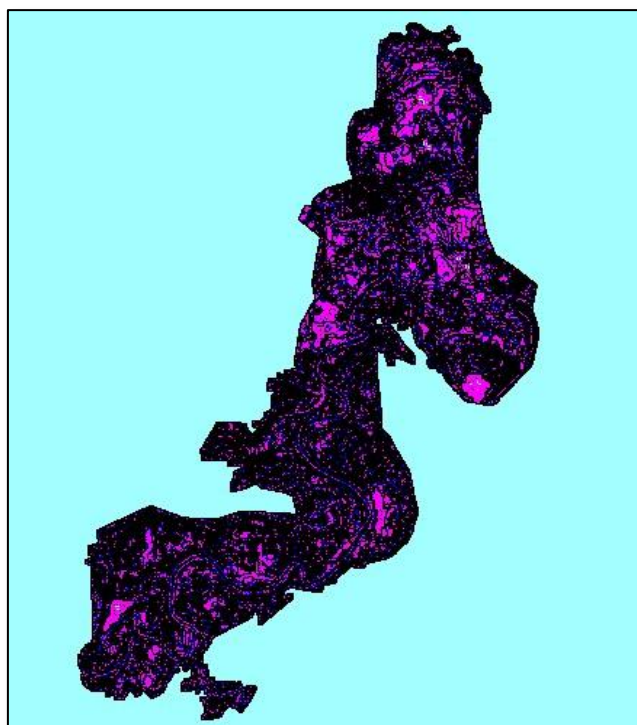


Figura 2. 17. Vista en planta de la topografía en el programa IBER 2.3.2

2.3.14.2. Condiciones de frontera

Las condiciones de frontera dentro del programa de simulación se dividen en dos partes: entradas y salidas. Las entradas son los hidrogramas que se obtuvieron en el estudio hidrológico, las salidas son los posibles lugares por los que el agua se puede extender dentro del área de superficie simulada, también unas de las principales salidas es el extremo final del cauce del río considerado, Figura .

En la Figura 2.19. se muestra el hidrograma del periodo de retorno de 200 años de la subcuenca de cuenca de rio Cachi (Entrada 1), en donde se observa que el hidrograma se ingresó con periodo de una hora, sin embargo para ingresarlo en IBER debe ser en segundos.

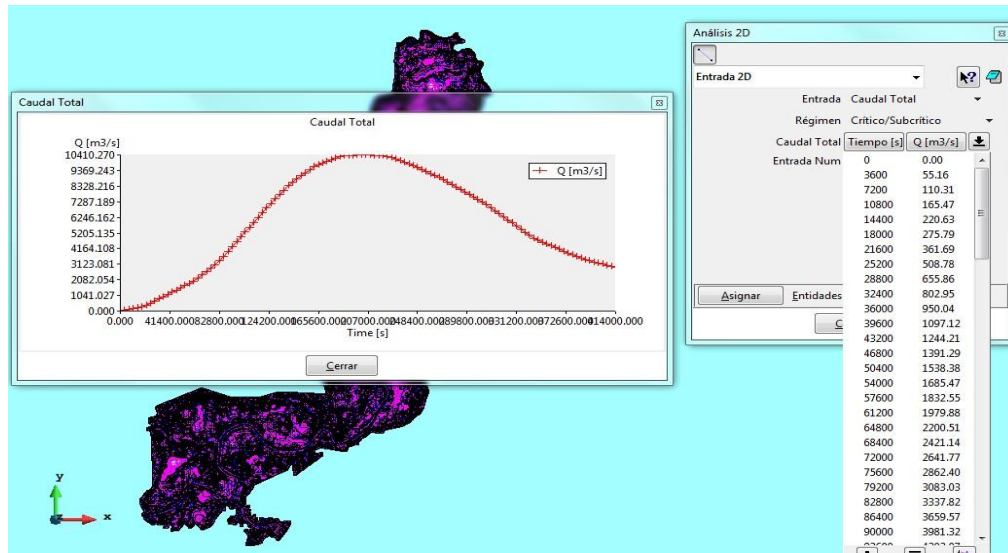


Figura 2. 18. Vista de entradas y salidas dentro del modelo de simulación.

2.3.14.3. Condiciones iniciales

Como ya se indicaron las entradas y salidas, para que el programa IBER realice los cálculos se le debe indicar las condiciones iniciales de simulación, estas condiciones iniciales son en general como se quiere que se inicie la modelación hidráulica, en este caso se consideró como condición inicial que el cauce este totalmente seco; es decir; que no había agua en el cauce, Figura 2.19.



Figura 2. 19. Vista de entradas y salidas dentro del modelo de simulación.

2.3.14.4. Condiciones de simulación

Se creó la malla topografía de la superficie a simular ya que es dentro de la malla donde el programa realiza los cálculos, Figura 2.21.

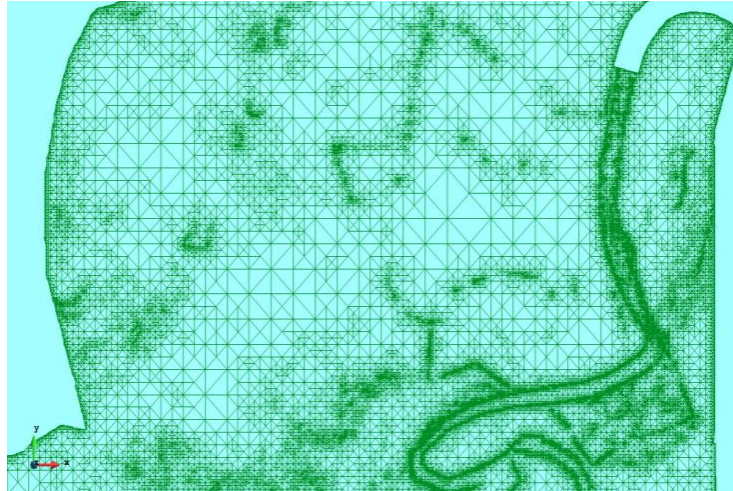


Figura 2. 11. Malla topográfica para Simulación Bidimensional.

Al modelo se le ingreso el mapa de rugosidad en la superficie de simulación, este mapa se creó en el programa ArcMap el que se exportó en formato ASCII. Para la creación del mapa se utilizan los mapas de uso de suelo obtenido de la CONABIO (2012) en formato *.shp. En la Figura 2.21, se muestra la malla de coeficientes de rugosidad de Manning para el área de inundación y el poblado de Laramate y Santiago de Pischa.

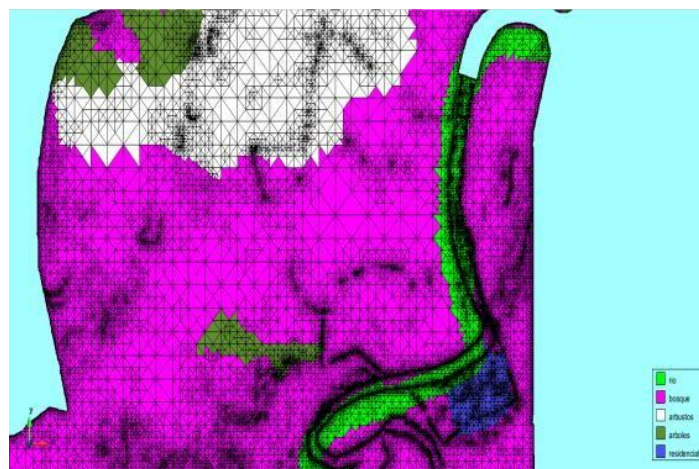


Figura 2. 121. Malla de coeficientes de rugosidad de Manning en el área de inundación de los poblados de Laramate y Santiago de Pischa.

2.3.15. Comparación estadística de resultados de simulación hidráulica

Se establecieron puntos de control en los poblados de Laramate y Santiago de Pischa, con los cuales se extrajeron los valores de cotas alcanzadas con las simulaciones uni y bidimensional.

Los puntos de control se definieron de acuerdo a las zonas con más vulnerabilidad y posibilidad de inundamiento, como son las dos márgenes del río cachi en los sectores de Laramate y Santiago de Pischa, además de puntos por el centro del cauce.

Para comparar las cotas obtenidas de las modelaciones uni y bidimensional se utilizó el método de Prueba de Comparación de Medias, en el cual se compararon los resultados por TR con una hipótesis nula de que los resultados de ambas simulaciones son iguales denotado con la ecuación (2.6).



Figura 2. 132. Ubicación de los puntos de control.

2.3.16. Mapas de tirante

La metodología para la creación de los mapas de tirante de inundación se describe a continuación:

- Se exporto los raster de resultado de tirante de inundación de las dos simulaciones hidráulicas, con resolución de 5 metros.
- Se importaron los raster de resultados al programa ArcMap 10.0.
- Se sobrepone la imagen satelital para la definir las zonas inundables en los poblados de Laramate y Santiago de Pischa.
- Se clasifican los raster de tirantes de inundación en intervalos establecidos de tirante.

III. RESULTADOS

3.1. Características morfométricas fisiográficas e hidrometeorológicas

Analizando la Cuenca de Rio Cachi, se estableció la subdivisión en 6 subcuencas, percibiendo los criterios de las localizaciones de las Estaciones Pluviométricas, Variación geomorfológica, entre otros. La descripción de las 6 subcuencas es como sigue:

Cuadro 3. 1. Registro de estaciones pluviométricas, variación geomorfológica.

Subcuenca	$A(Km^2)$	$P(km)$	$L_{cauce} (km)$	$S_{cauce} (m/m)$
Subcuenca A	356.57	95.59	38.70	0.034
Subcuenca B	394.94	121.54	54.30	0.020
Subcuenca C	261.84	95.23	25.50	0.035
Subcuenca D	243.32	89.36	47.90	0.039
Subcuenca E	242.28	79.16	35.00	0.041
Subcuenca F	146.22	61.13	17.90	0.016
Total	1645.17			

Subcuenca A: Corresponde a la parte alta de la cuenca de rio Cachi. Dentro de esta subcuenca se encuentran el sistema principal del Proyecto de Irrigación Cachi (Captación Choccoro, Captación Chicllarazo capacidad $Q = 10$ m/s, Canal Apacheta, Mini Central Hidroeléctrica Catalinayocc y la Presa Cuchoquesera de capacidad 80 MMC). El área de la subcuenca es de 356.57 km y el perímetro = 95.59 km. La subcuenca A, tiene como límite de cotas entre 3420 y 4693 msnm con una longitud total del cauce principal igual a 38.70 km y pendiente promedio igual a 0.034 m/m. El tipo de suelo, en una extensión considerable, prevalece un

suelo con moderada velocidad de infiltración, observándose en la parte alta, presencia de bofedales, áreas erizas erosionadas y en la parte inferior, se observa áreas de cultivo propios de la zona.

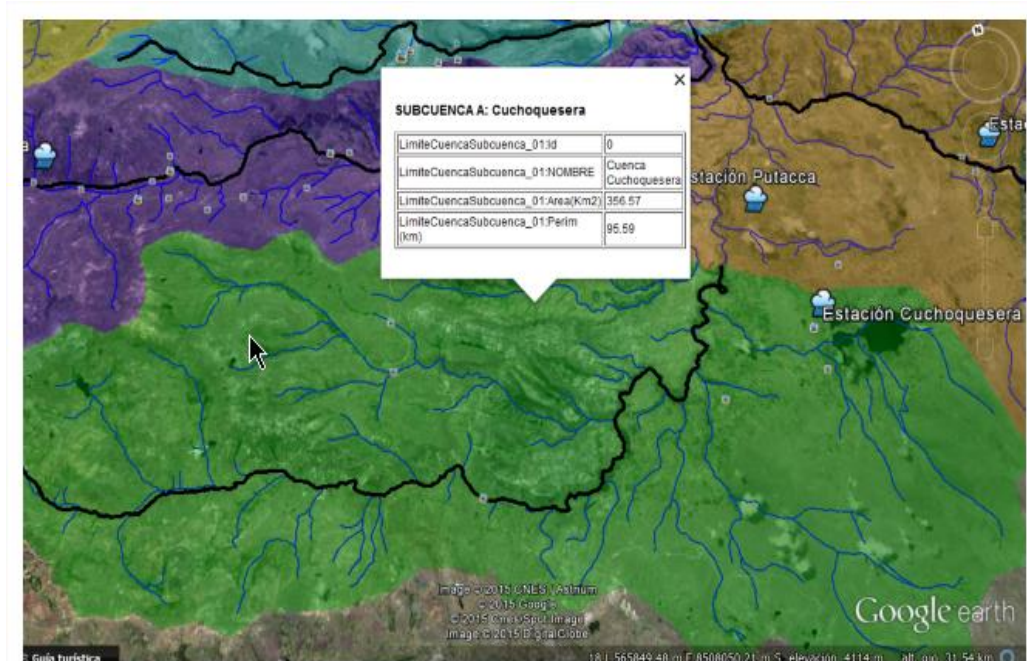


Figura 3. 1. Ubicación de los puntos de control de la sub cuenca A.

Subcuenca B: También corresponde a la cabecera de la CRC. Dentro de la subcuenca se encuentra el recorrido de la vía Libertadores. El área de la subcuenca es de 394.94 km² y el perímetro = 121.94 km. Esta subcuenca B, tiene como límite de cotas entre 3271 y 4769 msnm con una longitud total del cauce principal igual a 54.3 km y pendiente promedio igual a 0.02 m=m.

El tipo de suelo, en una extensión considerable, prevalece un suelo con moderada velocidad de infiltración, observándose en gran parte presencia de bofedales, con áreas erizas erosionadas y presencia de nevados en la cabecera (Apacheta). La subcuenca es alargada, desembocando en la parte baja encañonado. La característica principal de esta subcuenca es la uniformidad que mantiene su pendiente desde la cota superior hasta la cota inferior de 2.0 %

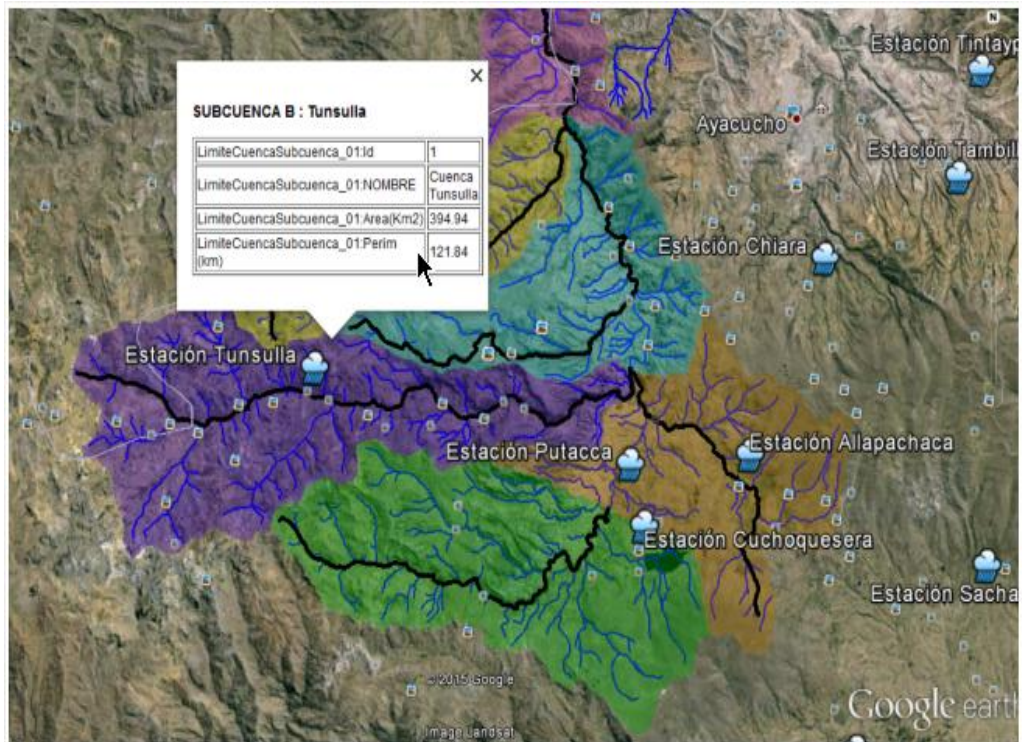


Figura 3. 2. Ubicación de los puntos de control de la sub cuenca B.

Subcuenca C: Se ubica en la parte Este de la CRC. Dentro de la subcuenca se encuentra los Centros Poblados de Allpachaca, Cusibamba (Puyas de Raymondi), Rosas Pata, Ccochapata del distrito de Chiara. El área de la subcuenca es de 261.84 km² y el perímetro = 95.23 km. Esta subcuenca C, tiene como límite de cotas entre 3290 y 3869 msnm con una longitud total del cauce principal igual a 25.5 km y pendiente promedio igual a 0.035 m=m.

El tipo de suelo, prevalece un suelo con moderada velocidad de infiltración, observándose matorrales, arbustos, y sembríos propios del lugar, por otro lado, en la parte cabecera de cuenca se observa presencia de bofedales, con algunas áreas erosionadas.

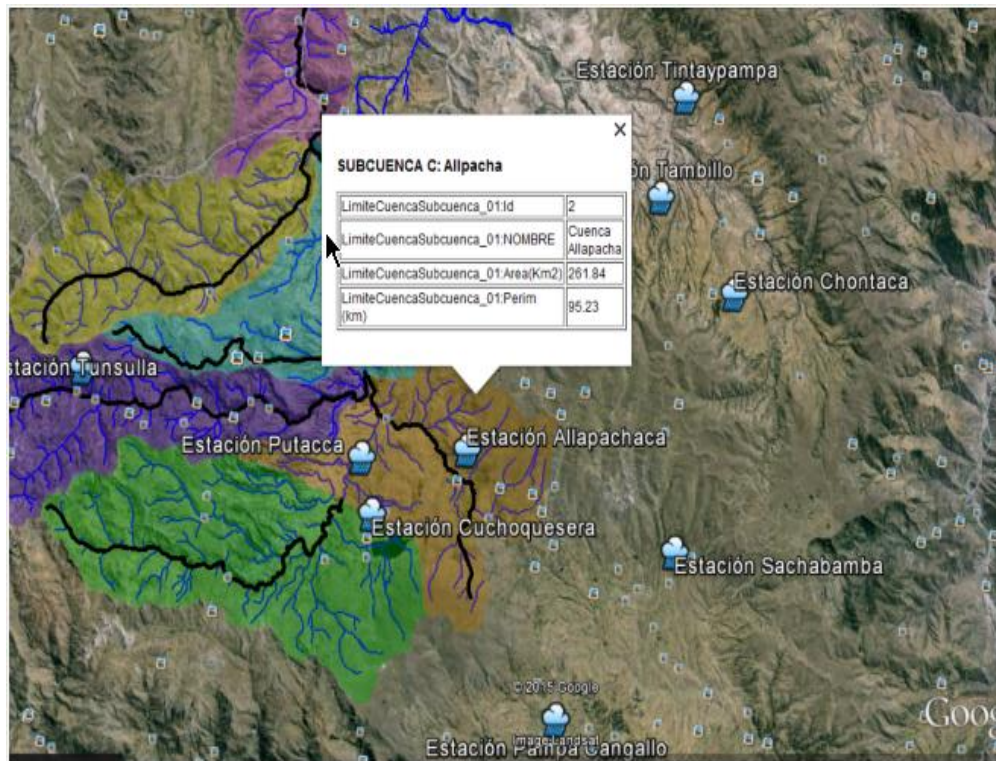


Figura 3. 3. Ubicación de los puntos de control de la sub cuenca C.

Subcuenca D: Se ubica en la parte Centro de la CRC. Dentro de la subcuenca se encuentra los Centros Poblados de Ccochapunco, Tico, Anchachuasi, laguna Ustuna, y el distrito de Vinchos. El área de la subcuenca es de 243.32 km² y el perímetro = 89.36 km. Esta subcuenca D, tiene como límite de cotas entre 2980 y 4469 msnm con una longitud total del cauce principal igual a 47.90 km y pendiente promedio igual a 0.039 m/m.

El tipo de suelo, corresponde a un suelo con bajo potencial de escurrimiento, por lo tanto, las velocidades de infiltración son considerables cuando están Húmedos y consisten principalmente de gravas, arenas profundas. Se observa bosques, matorrales, arbustos, y sembríos propios de la zona valle.

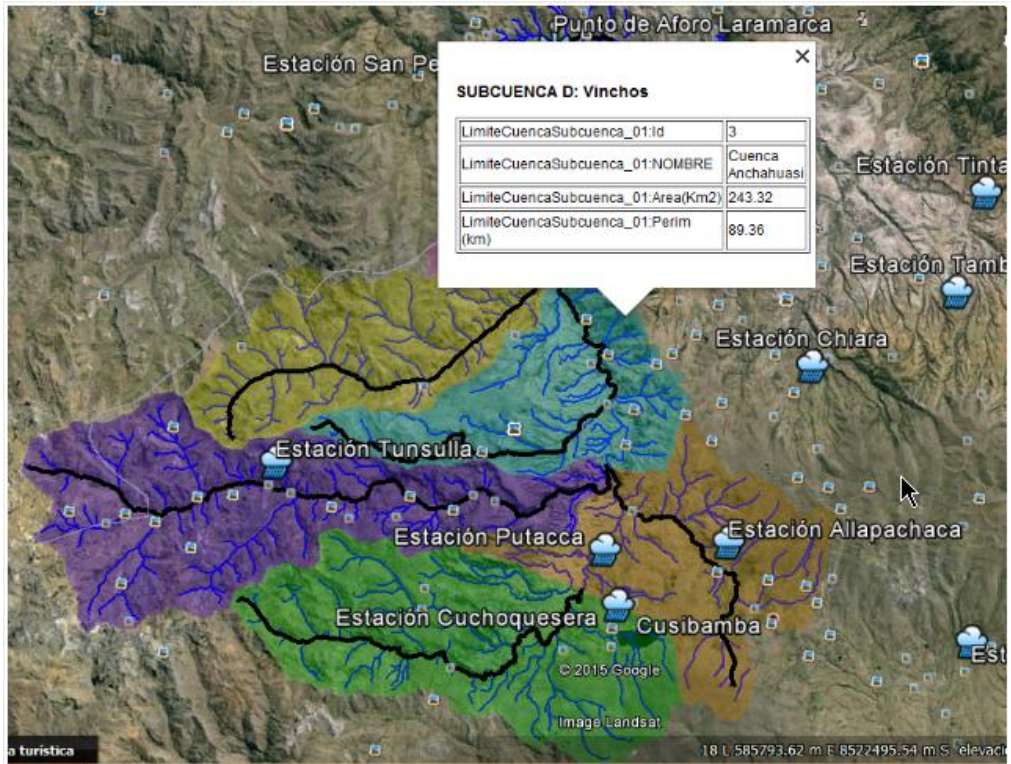


Figura 3. 4. Ubicación de los puntos de control de la sub cuenca D.

Subcuenca E: Corresponde a la parte Oeste de la CRC. Dentro de la subcuenca se encuentra los Centros Poblados de Andabamba y Paccha.

El área de la subcuenca es de 242.28 km² y el perímetro = 79.16 km. Esta subcuenca E, tiene como límite de cotas entre 2946 y 4469 msnm con una longitud total del cauce principal igual a 35.00 km y pendiente promedio igual a 0.041 m/m. El tipo de suelo, en una extensión considerable, prevalece un suelo con moderada velocidad de infiltración, observándose en gran parte presencia de bofedales, con áreas erizas erosionadas y presencia de nevados en la cabecera. La subcuenca es semialargada y prevalece uniformidad en la pendiente desde la cota superior hasta la cota inferior de 4.1 %.

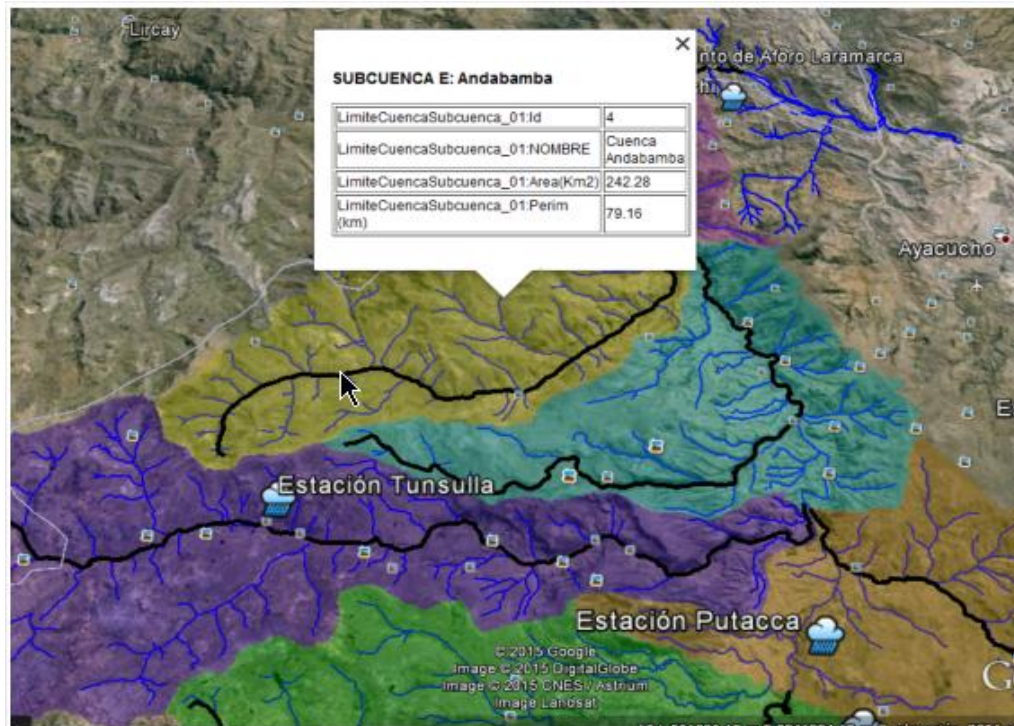


Figura 3. 5. Ubicación de los puntos de control de la sub cuenca E.

Subcuenca F: Se ubica en la parte inferior de la cuenca de río Cachi, analizando en el punto de aforo que se considera para el presente estudio. Dentro de la subcuenca se encuentra los Centros Poblados de San Pedro de Cachi, Antaparcco y el Distrito Santo Tomas de Para del departamento de Huancavelica. El area de a subcuenca es de 146.22 km² y el perímetro = 61.13 km. El cauce principal corresponde a una longitud igual a 17.90 km y pendiente promedio igual a 0.016 m/m.

El tipo de suelo, corresponde a un moderado potencial de escurrimiento. Las áreas en la parte inferior (valle), están cubiertas de matorrales, arbustos, frutales, cactus, tunales (opuntiacus), entre otros propios del valle.

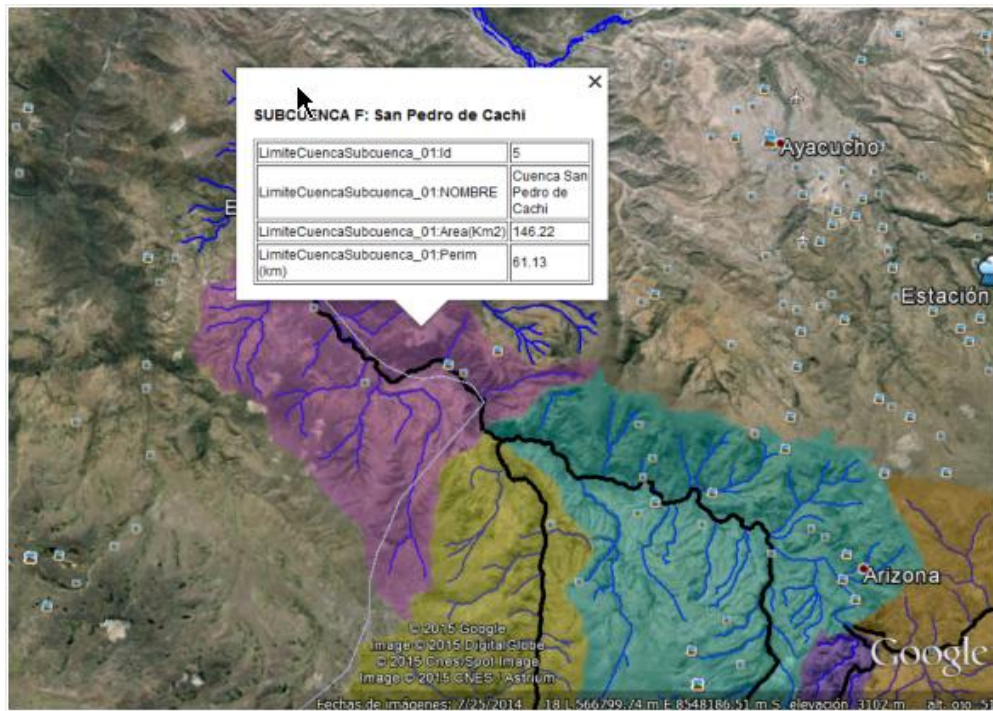


Figura 3. 6. Ubicación de los puntos de control de la sub cuenca F.

3.2. Análisis Hidrometeorológico

En los siguientes puntos se muestra el análisis probabilístico de la precipitación tanto a nivel subcuenca como en toda la cuenca. Se muestra el resumen de resultados en los cuadros 3.2 y 3.3 respectivamente, los cuadros de cada estación correspondiente y además los procedimientos de cálculos se encuentran en el anexo **A2**. Para su mejor entendimiento.

Cuadro 3. 2. Registro análisis estadístico y probalístico En los siguientes puntos se muestra el análisis probabilístico y un resumen de Curva Números y cálculo de abstracciones iniciales la, para cada subcuenca.

Estación	Distribución Teórica	Δ_{min} SK
Putacca	Log Pearson 3P	0.056
Tunsulla	Log Normal 3P	0.115
Cuchoquesera	Log Normal 3P	0.087
Allpachaca	Gamma 3P	0.139
San Pedro de Cachi	Normal	0.063

Cuadro 3. 3. Resumen de Curva de números y Cálculo de Abstracciones iniciales.

Subcuenca	CN	S	I_a
Subcuenca A	76	80.21	16.04
Subcuenca B	78	71.64	14.33
Subcuenca C	72	98.78	19.76
Subcuenca D	71	103.75	20.75
Subcuenca E	76	80.21	16.04
Subcuenca F	73	93.95	18.79

En el cuadro 3.4. Se muestran los el resumen de los resultados de precipitación máxima en 24 horas por periodo de retorno de las estaciones seleccionadas. Respecto a los registros utilizados en el análisis estadístico, así como los resultados arrojados por el programa referido para cada estación, **Anexo A.2.**

Cuadro 3. 4. Resultados de precipitación máxima en 24 horas por periodo de retorno.

Estación	$T_r = 50$ años	$T_r = 100$ años	$T_r = 200$ años
Putacca	55.027	58.736	62.367
Tunsulla	56.859	59.313	61.567
Cuchoquesera	48.693	52.131	55.560
Allpachaca	56.554	60.688	64.707
San Pedro de Cachi	46.615	48.940	51.067

3.2.1. Análisis estadístico para el área de influencia en la zona de estudio

Al analizar los valores de precipitación se ajustó a la mejor función de distribución de probabilidades, que fue las funciones existentes nos da los resultados, Log Pearson 3P, Log normal y Normal. Cuadro 3.6 y se obtienen valores de precipitación máxima en 24 horas para los periodo de retorno de, 50,100, 200, años quedando como se muestra en él Cuadro 3.7.

Cuadro 3. 5. Función de distribución de probabilidades.

Estación	Distribución Teórica	Δ_{min} SK
Putacca	Log Pearson 3P	0.056
Tunsulla	Log Normal 3P	0.115
Cuchoquesera	Log Normal 3P	0.087
Allpachaca	Gamma 3P	0.139
San Pedro de Cachi	Normal	0.063

3.2.2. Análisis probabilístico por subcuenca

Para las subcuenca, al analizar los valores de precipitación se ajustó a la mejor función de distribución de probabilidad, que fue la función log normal, y se obtienen valores de precipitación máxima en 24 horas para los periodos de retorno de 50, 100, 200, quedando como se muestra en el Cuadro 3.7, los procedimientos de los resultados de cada método se observa en el anexo **A2**.

Cuadro 3. 6. Función de distribución de probabilidades

Estación	$T_r = 50$ años	$T_r = 100$ años	$T_r = 200$ años
Putacca	55.027	58.736	62.367
Tunsulla	56.859	59.313	61.567
Cuchoquesera	48.693	52.131	55.560
Allpachaca	56.554	60.688	64.707
San Pedro de Cachi	46.615	48.940	51.067

Cuadro 3.7. Ajuste de función de distribución de probabilidades para cada subcuenca.

Estación	Distribución Teórica	Δ_{min} SK
Putacca	Log Pearson 3P	0.056
Tunsulla	Log Normal 3P	0.115
Cuchoquesera	Log Normal 3P	0.087
Allpachaca	Gamma 3P	0.139
San Pedro de Cachi	Normal	0.063

3.3. Análisis Hidrométrico

En el Cuadro 3.9 se presentan los valores de gasto máximo asociados a los periodos de retorno de 50, 100 y 200, años para cada la estación hidrométrica de la cuenca de Rio Cachi, producto de su extrapolación a la función de mejor ajuste realizado con el programa (Lognormal), **Anexo 2.**

Cuadro 3. 8. Gastos máximos por TR para la estación hidrométrica y para cada subcuenca de cuenca de rio Cachi.

Descripción	Área	$Q_{max} (m^3/s)$	$Q_{max} (m^3/s)$	$Q_{max} (m^3/s)$
	$A(Km^2)$	$Tr = 50$ años	$Tr = 100$ años	$Tr = 200$ años
SUBCUENCA A	356.57	122.70	150.90	181.20
SUBCUENCA B	394.94	208.10	232.20	254.70
SUBCUENCA C	261.84	106.70	133.50	162.50
SUBCUENCA D	243.32	73.00	92.70	114.00
SUBCUENCA E	242.28	141.50	159.30	176.00
SUBCUENCA F	146.22	33.60	40.50	47.50
UNION-1	1013.35	410.90	482.10	554.30
UNION-2	1498.95	600.50	712.00	825.60
PUNTO DE AFORO	1645.17	631.80	749.00	868.30

3.4. Modelación Hidrológica

3.4.1. Calibración del modelo lluvia escurrimiento

El CN ponderado que se encontró con los mapas de uso y tipo de suelo en las subcuencas nos muestra, utilizando este CN se obtienen diferencias significativas con respecto a los valores de gastos medidos por las estaciones hidrométricas, por lo que es necesario ajustar dicho CN para que existan diferencias mínimas con respecto al gasto medido en la estación. El valor ajustado de CN resultante es **78**, por lo tanto el modelo queda calibrado con ese valor. En el Cuadro 5.8 se muestran los gastos para distintos coeficientes de número de curva (CN), con sus respectivas diferencias porcentuales.

Cuadro 3.9. Las subcuencas nos muestran, utilizando este CN se obtienen diferencias significativas.

Subcuenca	CN	S	I_a
Subcuenca A	76	80.21	16.04
Subcuenca B	78	71.64	14.33
Subcuenca C	72	98.78	19.76
Subcuenca D	71	103.75	20.75
Subcuenca E	76	80.21	16.04
Subcuenca F	73	93.95	18.79

De la Figura 3.7 hasta la Figura 3.14 se muestran los hidrogramas obtenidos con la calibración del modelo hidrológico y el hidrograma de la estación hidrométrica las cuenca de rio Cachi, para los distinto TR; en donde se observa la poca diferencia entre ambos hidrogramas.

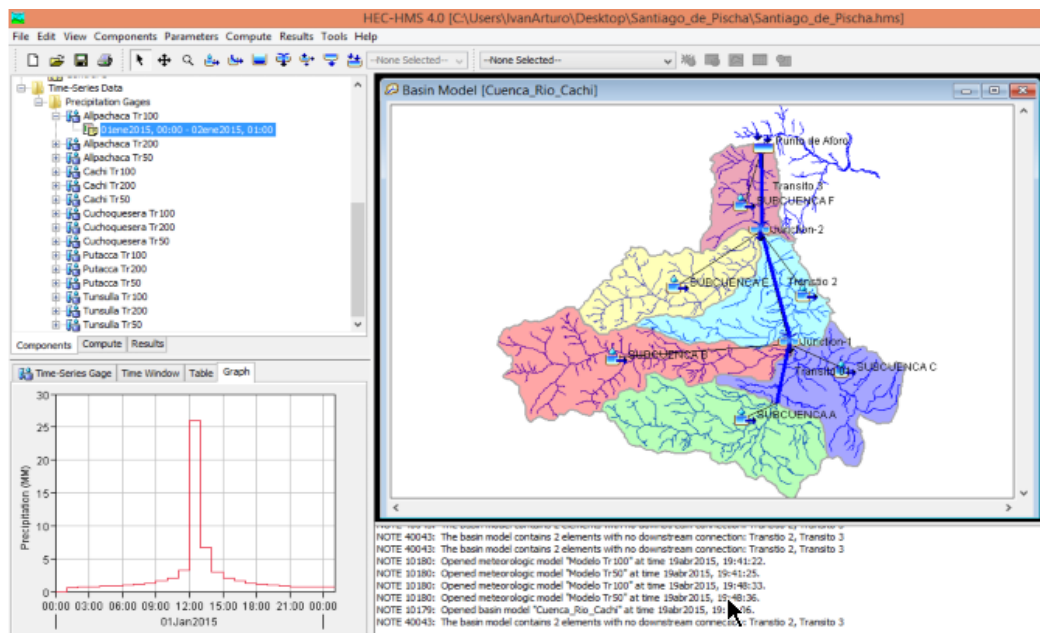


Figura 3.7. Vista de HEC-HMS de la configuración del modelo para la simulación.

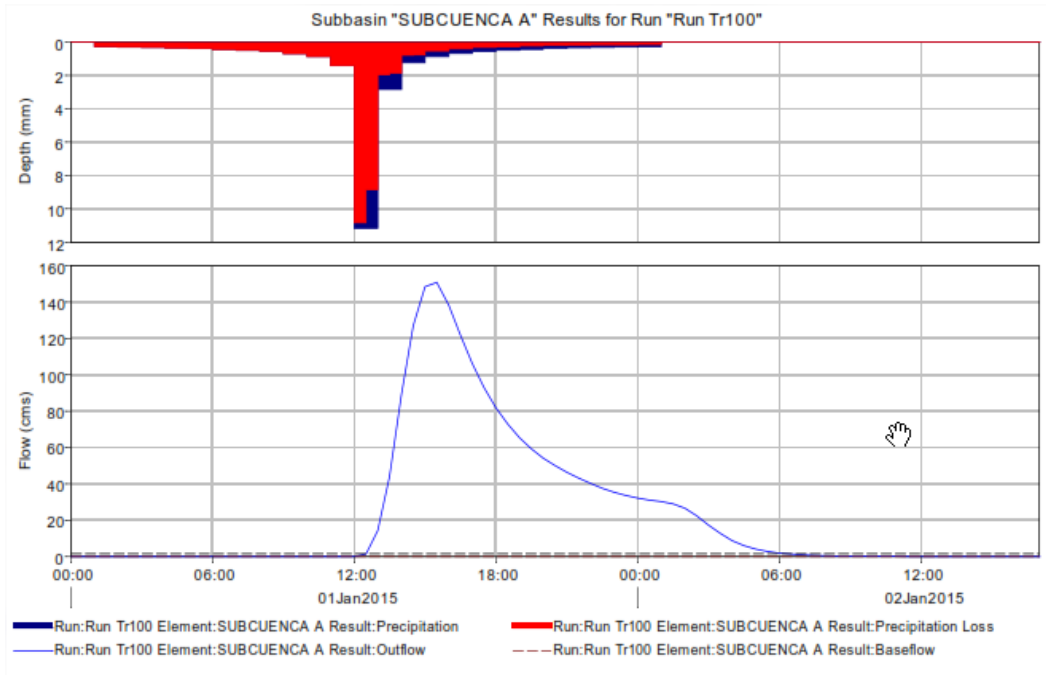


Figura 3. 8. HEC-HMS. Hirogramas para el Tr=100 años, Subcuenca A.

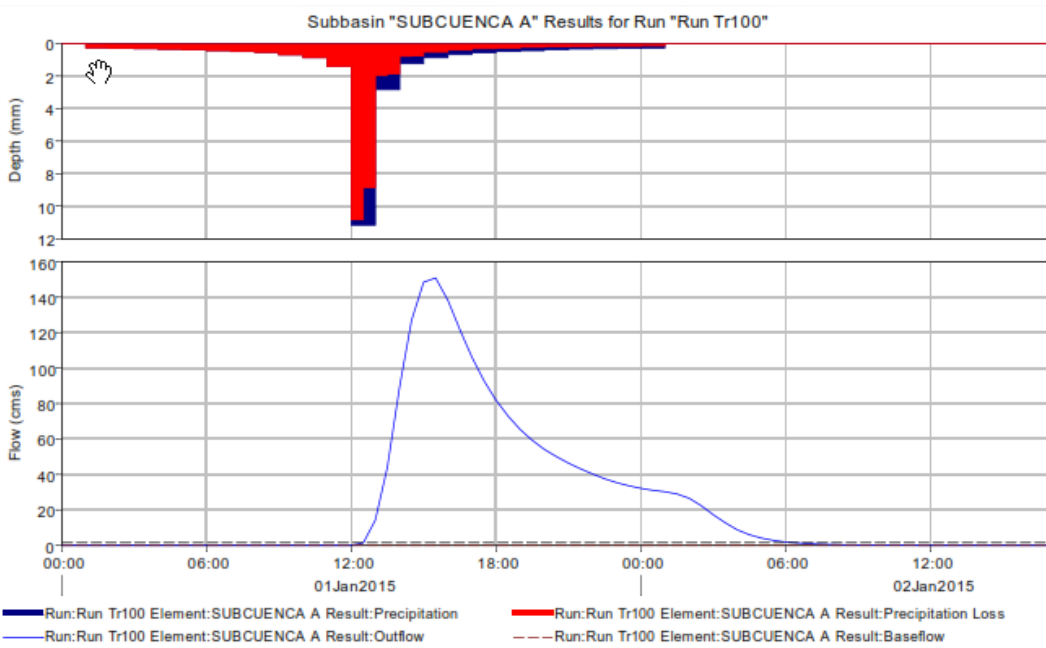


Figura 3. 9. HEC-HMS. Hidrogramas para el Tr=100 años, Subcuenca B.

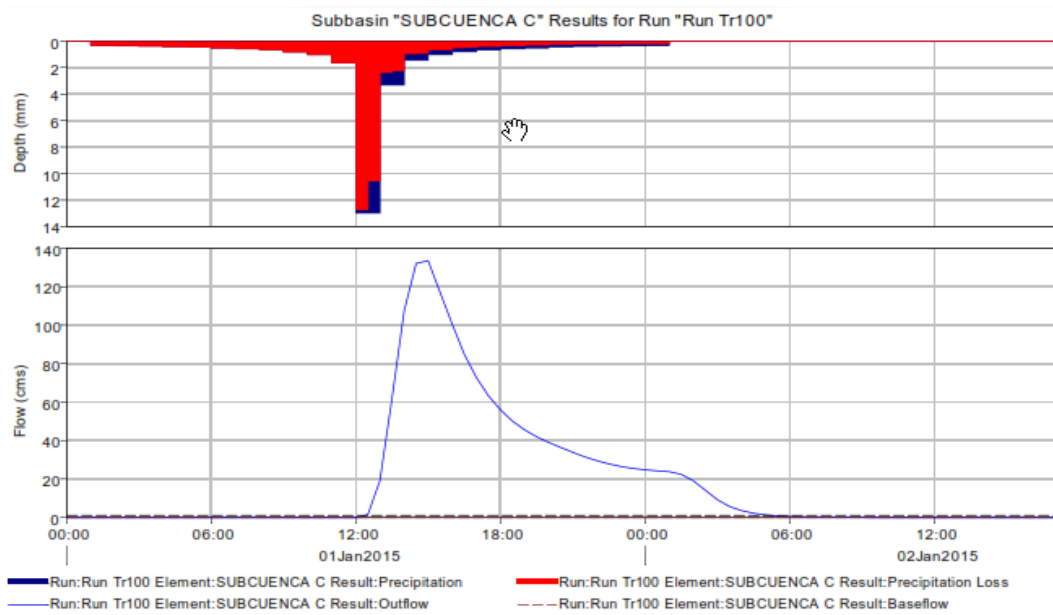


Figura 3. 10. HEC-HMS. Hidrogramas para el Tr=100 años, Subcuenca C.

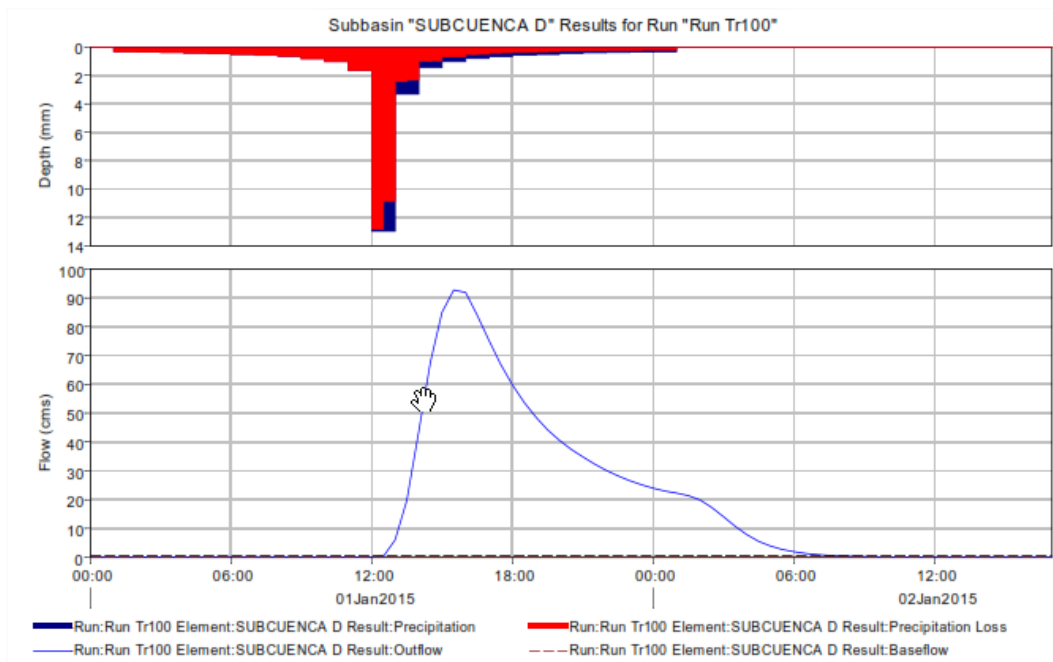


Figura 3. 11. HEC-HMS. Hidrogramas para el Tr=100 años, Subcuenca D.

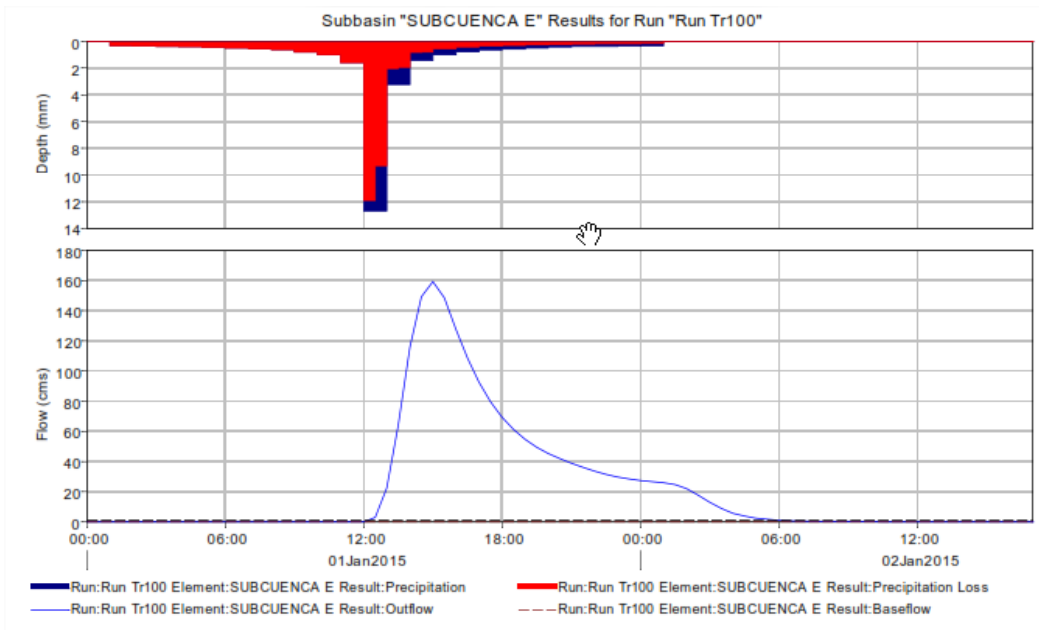


Figura 3. 12. HEC-HMS. Hidrogramas para el Tr=100 años, Subcuenca E.

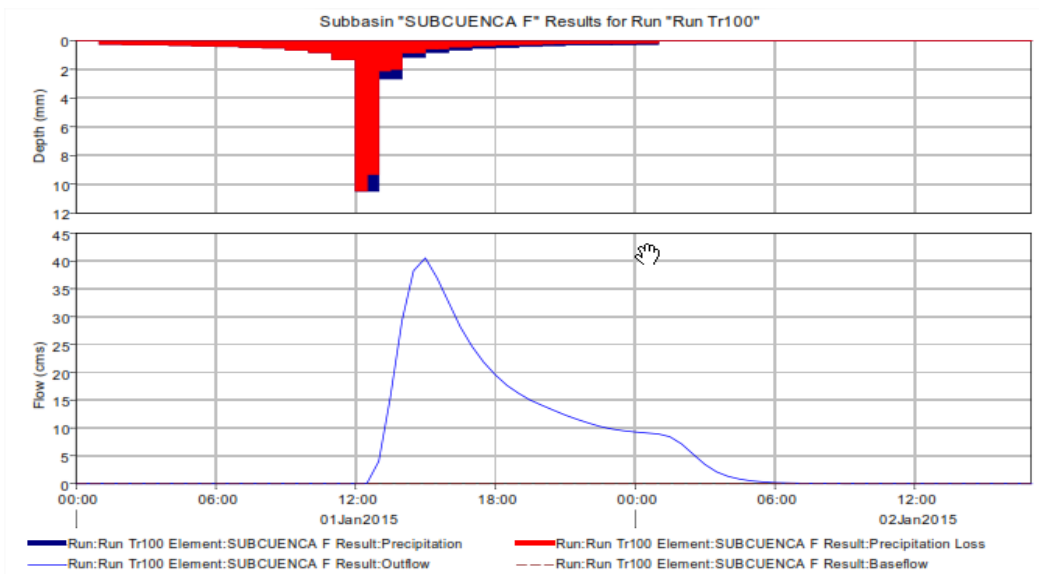


Figura 3. 13. HEC-HMS. Hidrogramas para el Tr=100 años, Subcuenca F.

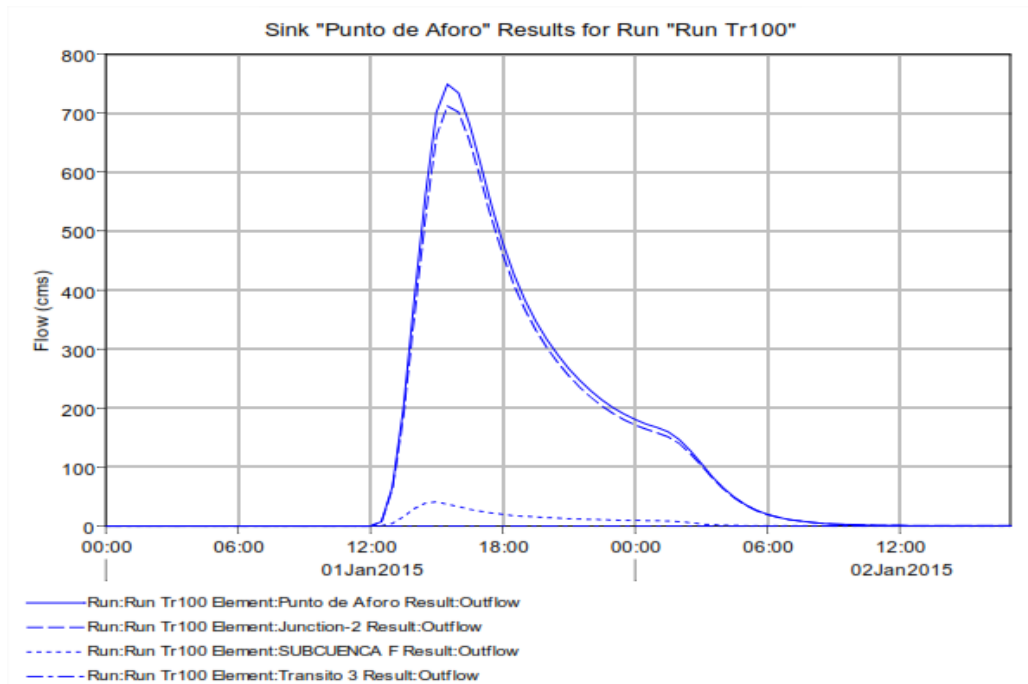


Figura 3. 14. HEC-HMS. Hidrogramas para el Tr=100 años, Subcuenca en el punto de aforo.

3.5. MODELACION HIDRAULICA

3.5.1. Simulación hidráulica uni y bidimensional, HEC-RAS

Resulta importante destacar que a pesar de que el modelo de simulación comprende una longitud de más de 13.00 km del río Cachi, para efectos prácticos y de enfoque hacia el sitio de interés, en el presente apartado se muestran los resultados únicamente para los tramos de los poblados de Laramate y Santiago de Pischa.

3.5.2. Perfiles de los escurrimientos de los distintos TR's

Al transitar los diferentes gastos, los niveles máximos que se alcanzan en el cauce se muestran en la Figura 3.15, en donde se observa que el cauce en el tramo en estudio no resulta suficiente, dado que los niveles o cotas rebasan los hombros del río, lo que indica que el río en este tramo tiene una capacidad no menor a lo óptimo.

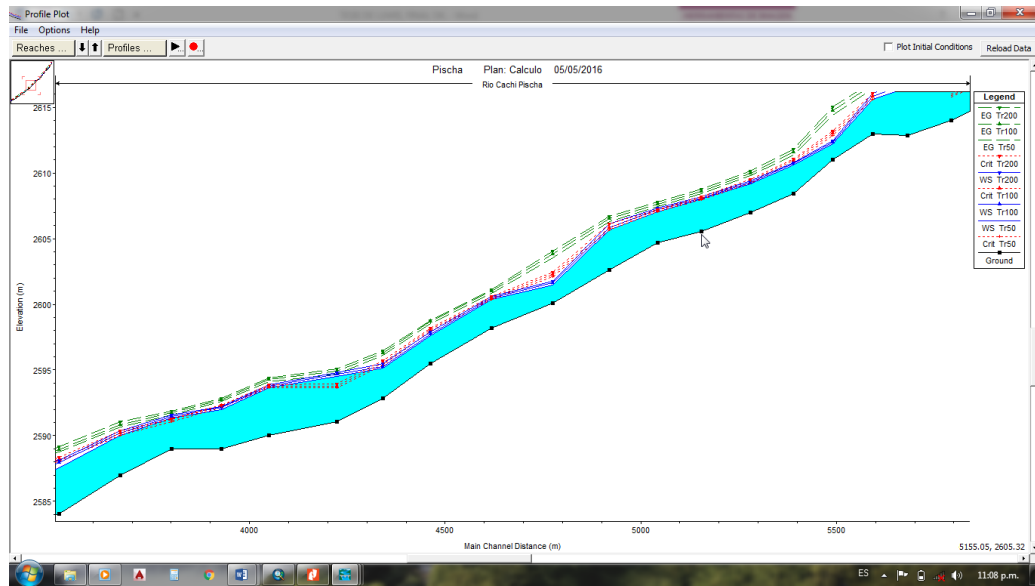


Figura 3. 15. Perfil del río con niveles de agua para periodos de retorno de 50, 100 y 200 años.

En el **Cuadro 3.10** se muestran los niveles o cotas máximas, mínimas y medios (promedio de la cota del agua en las secciones incluidas en 13.00 (km) que resultaron de la simulación. En donde TN indica la rasante o eje del río, indica hombro del río de la margen derecha indica hombro del río de la margen izquierda.

La cota máxima, nos permite saber si el agua rebasa los hombros del río; la máxima menos la mínima, nos indica cual es el valor del tirante máximo sobre el cauce del río; y el promedio, la cota normal del agua. Los cuadros complementarios se observa en el anexo **A3**.

Cuadro 3. 10. Valores obtenidos en la modelación hidráulica según su cota máximo y mínimo en todo el tramo.

Profile Output Table - Standard Table 1												
HEC-RAS Plan: Calculo River: Rio Cachi Reach: Pischa												Reload Data
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Pischa	9452.636	Tr50	600.50	2673.00	2676.21	2676.21	2677.09	0.008652	4.16	144.26	82.74	1.01
Pischa	9452.636	Tr100	712.00	2673.00	2676.42	2676.42	2677.40	0.008375	4.40	161.96	83.40	1.01
Pischa	9452.636	Tr200	825.60	2673.00	2676.63	2676.63	2677.71	0.008124	4.60	179.29	84.05	1.01
Pischa	9410.263	Tr50	600.50	2673.00	2676.06	2675.48	2676.51	0.003266	2.96	202.80	94.22	0.64
Pischa	9410.263	Tr100	712.00	2673.00	2676.45	2675.68	2676.90	0.002738	2.97	239.81	97.09	0.60
Pischa	9410.263	Tr200	825.60	2673.00	2676.83	2675.88	2677.27	0.002569	2.95	280.33	110.20	0.59
Pischa	9376.26	Tr50	600.50	2673.00	2676.01		2676.40	0.002238	2.77	216.41	83.16	0.55
Pischa	9376.26	Tr100	712.00	2673.00	2676.39		2676.81	0.002038	2.86	248.60	85.15	0.53
Pischa	9376.26	Tr200	825.60	2673.00	2676.75		2677.20	0.001864	2.95	279.81	87.07	0.52
Pischa	9346.753	Tr50	600.50	2672.00	2675.06	2675.06	2676.21	0.008021	4.74	126.59	55.99	1.01
Pischa	9346.753	Tr100	712.00	2672.00	2675.35	2675.35	2676.62	0.007779	4.98	142.83	57.21	1.01
Pischa	9346.753	Tr200	825.60	2672.00	2675.63	2675.63	2677.01	0.007559	5.20	158.81	58.37	1.01
Pischa	9302.644	Tr50	600.50	2670.74	2673.35	2673.99	2675.59	0.018772	6.63	90.60	46.21	1.51
Pischa	9302.644	Tr100	712.00	2670.74	2673.64	2674.30	2676.02	0.017098	6.83	104.21	47.20	1.47
Pischa	9302.644	Tr200	825.60	2670.74	2673.92	2674.60	2676.43	0.015774	7.01	117.76	48.16	1.43
Pischa	9272.128	Tr50	600.50	2669.99	2673.52	2673.72	2674.92	0.010356	5.24	114.58	53.33	1.14
Pischa	9272.128	Tr100	712.00	2669.99	2673.66	2674.01	2675.39	0.011942	5.82	122.33	54.09	1.24
Pischa	9272.128	Tr200	825.60	2669.99	2673.82	2674.29	2675.85	0.013064	6.30	130.96	54.88	1.30
Pischa	9238.922	Tr50	600.50	2669.49	2671.64	2672.40	2674.22	0.034798	7.13	84.27	61.97	1.95
Pischa	9238.922	Tr100	712.00	2669.49	2671.81	2672.65	2674.66	0.033917	7.47	95.33	64.04	1.95
Pischa	9238.922	Tr200	825.60	2669.49	2671.97	2672.90	2675.08	0.033575	7.81	105.76	65.93	1.97
Pischa	9203.041	Tr50	600.50	2669.00	2670.78	2671.43	2672.90	0.031305	6.46	92.99	73.49	1.83
Pischa	9203.041	Tr100	712.00	2669.00	2670.91	2671.66	2673.34	0.032364	6.91	103.08	75.49	1.89
Pischa	9203.041	Tr200	825.60	2669.00	2671.04	2671.87	2673.76	0.033361	7.31	113.02	77.84	1.94
Pischa	9164.4	Tr50	600.50	2667.84	2669.54	2670.21	2671.70	0.030802	6.51	92.18	70.94	1.82
Pischa	9164.4	Tr100	712.00	2667.84	2669.69	2670.44	2672.12	0.031054	6.91	103.09	73.10	1.86
Pischa	9164.4	Tr200	825.60	2667.84	2669.83	2670.67	2672.51	0.030773	7.24	114.03	74.81	1.87

3.5.3. Velocidades de los escurrimientos de los distintos TR's

Otro parámetro resultante de la simulación del funcionamiento hidráulico del río, corresponde a la velocidad, que para el caso de esta corriente, las originadas al paso de los gastos analizados se muestran en la Figura 3.16.

Del análisis de las velocidades estimadas, se puede apreciar que en la sección final del tramo analizado (HEC-RAS toma el seccionamiento o cadenamiento a la inversa de la dirección del flujo), se presentan valores de velocidad más altos, esto se puede atribuir al cambio de pendiente del cauce, figura 3.16.

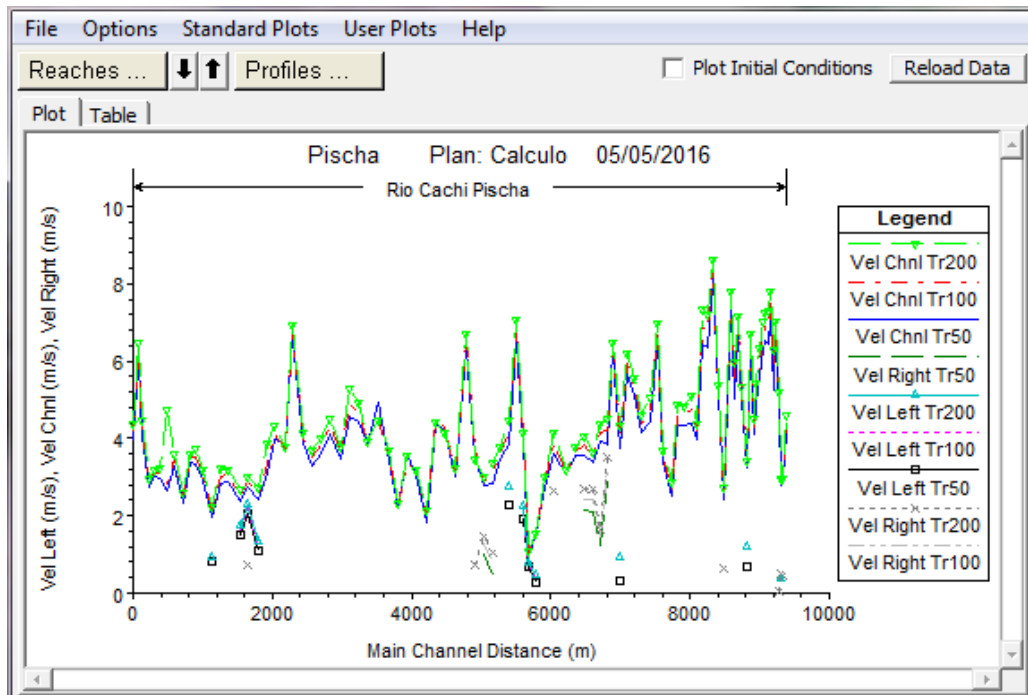


Figura 3. 16. Velocidades en el río (m/s), al transitar gastos asociados a los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años.

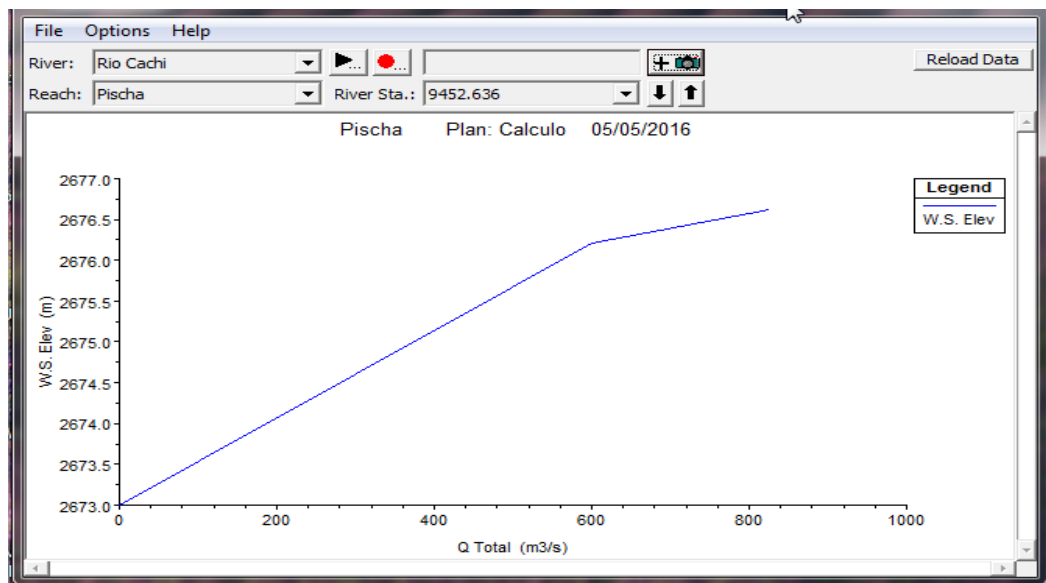


Figura 3. 17. Curva de gastos vs cota de la SLA en su situación actual.

Para la obtención de las áreas de inundación vista en planta sobre la topografía simulada, se utilizó la opción RAS Mapper del programa HEC-RAS, en donde nos muestra las zonas afectadas debido a los hidrogramas transitados sobre el cauce, en la Figura 3.19. Se muestra el área de inundación de los para un TR de 200 años.

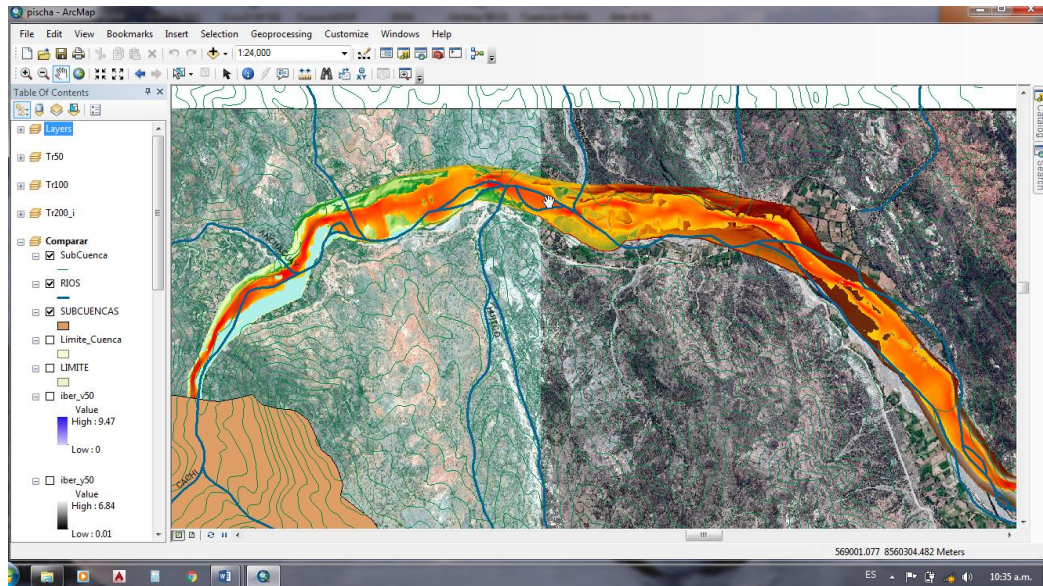


Figura 3. 18. Vista en planta de las áreas inundadas para un TR de 200 años.

3.5.4. Simulación hidráulica bidimensional, Iber 2.3.2

Como resultado se obtienen los Raster de tirante y velocidad para el tiempo del gasto máximo por periodo de retorno. En el Cuadro 3.19 se presenta la información del proceso de simulación, en donde se incluyen datos como el tiempo simulado, el caudal de entrada y el caudal de salida. En la Figura 3.19. se muestran el hidrograma de salida y el de entrada (IBER toma en cuenta los dos hidrogramas de entrada y los muestra en uno solo) para la simulación del periodo de retorno de 500 años. Se muestra en especial este periodo de retorno porque además de corresponder al evento 2010 del huracán Clark es también el TR con el que se calibro el modelo de simulación hidráulica 2D.

3.5.4.1. Tirante de inundación

Se muestran los tirantes alcanzadas en la simulación horas después de haber iniciado la simulación para el periodo de retorno de 50 años. Se escogió la hora 49 porque es cuando comienza a fluir el agua a la altura del poblado de Laramate y Santiago de Pischa, y la hora 79 porque es cuando el área de inundación es mayor sobre el poblado de Laramate y Santiago de Pischa, después de la hora 79 el área comienza a disminuir.

3.5.4.2. Tirante de inundación

La velocidad de inundación nos indica que tan agresivo es el agua para una zona específica. En la Figura 3.20 y Figura 3.25 se muestran las velocidades alcanzados por el rio en la simulación para el periodo de retorno de 200 años.

3.5.4.3. Cota de inundación

En Figura 3.19 y Figura 3.21 se muestran las cotas alcanzadas en el área simulados en 2D para el periodo de retorno de 50, 100 y 200 años.

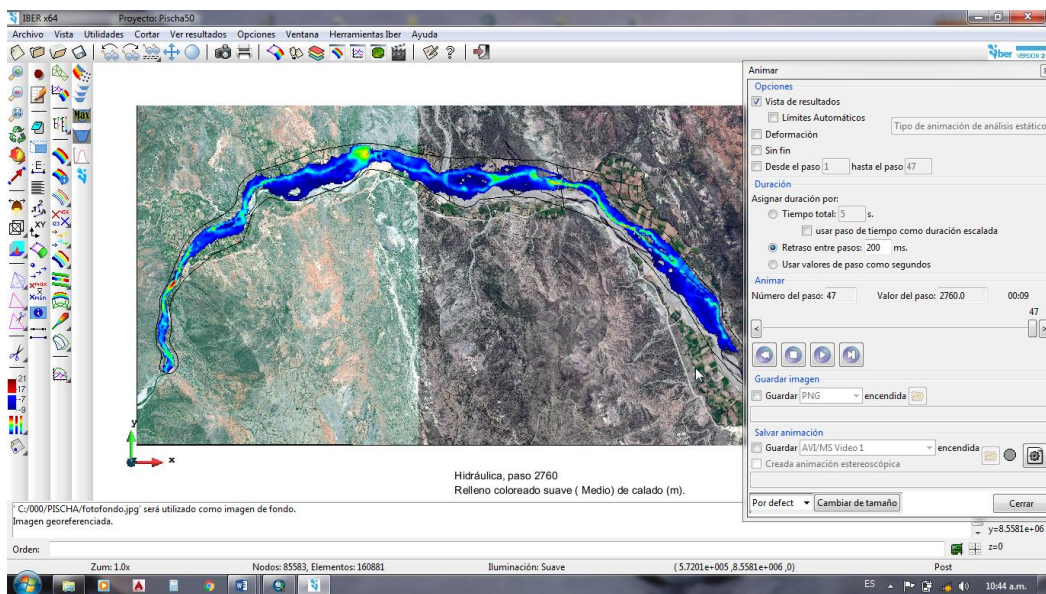


Figura 3. 19. Cota de inundadas para un TR de 50 años.

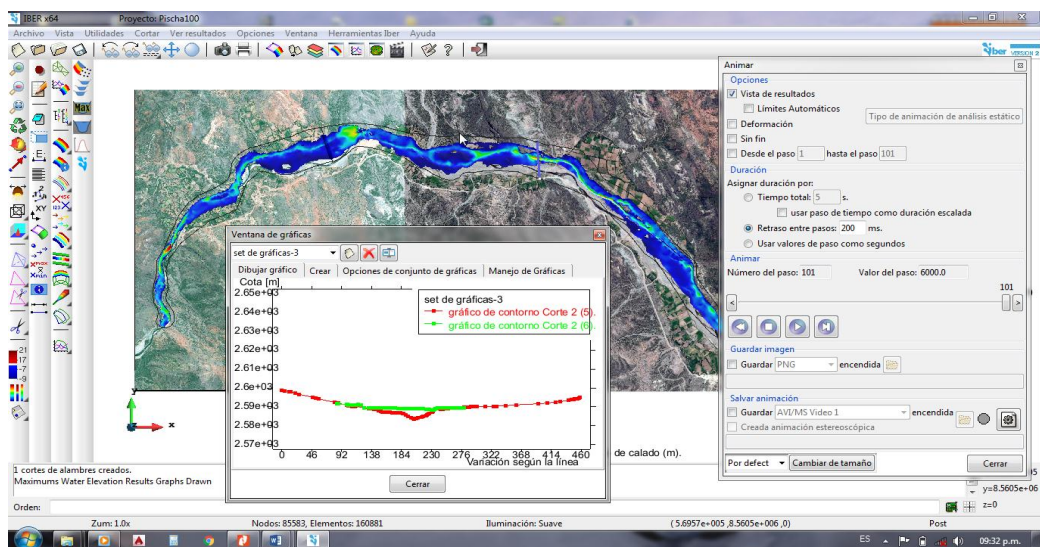


Figura 3. 20. Cota de inundadas para un TR de 100 años.

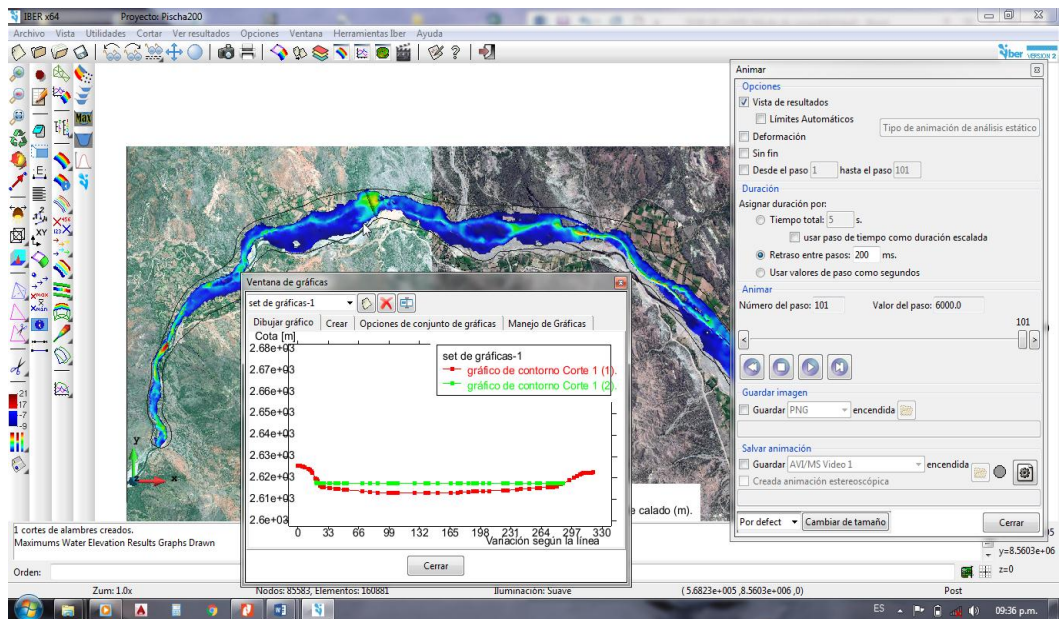


Figura 3. 21. Cota de inundadas para un TR de 200 años.

3.6. Mapas de tirante

Con los resultados de las modelaciones hidráulicas se elaboraron los mapas de tirantes para cada periodo de retorno (TR), los cuales se muestran en el **anexo A3**.

Los mapas muestran las áreas que serían afectadas o inundadas si ocurriera o transitara por el río Cachi un cierto gasto de un periodo de retorno. Para la modelación hidráulica unidimensional el inicio del desbordamiento del río que causaría graves problemas comienza desde un periodo de retorno de 50 años, mientras que en la modelación bidimensional los daños por inundación comienzan a partir del periodo de retorno de 100 años.

IV. DISCUSIONES

- La topografía tiene un papel importante en este tipo de estudios ya que de ellos dependen las condiciones geométricas del río y del terreno en estudio y su próxima modelación para determinar posibles factores que interfieran en la seguridad de la estructura planteada y provoque su volteo o deslizamiento.
- El modelo hidrológico HEC-HMS permite tener la relación de precipitación dentro de una cuenta en hidrogramas de escurrimiento lo que permite conocer el caudal máximo y el hidrograma correspondiente para cada periodo de retorno, para la cuenca de río Cachi.
- Debido a que los modelos, IBER y HEC-RAS, comparados en este estudio usan esquemas de cálculo distinto para la solución de las ecuaciones completas de Saint Venant, los resultados obtenidos en las áreas de inundación son diferentes.
- La relación de caudal máximo de diseño – periodo de retorno define la probabilidad de ocurrencia de los gastos capaces de provocar inundaciones y se lleva a cabo utilizando metodologías de ingeniería hidrológica. La relación hidráulica entre la elevación de la superficie libre del agua y el gasto máximo se basa en el cálculo del perfil de la superficie libre del agua, que se obtiene por medio de las máximas avenidas de diseño.
- El análisis de inundaciones (ocurrencia en el tiempo y magnitud en el espacio) se estima la probabilidad de exceder una combinación específica gasto durante cierto intervalo de tiempo. Sin embargo para

la presente investigación y una adecuada cuantificación de los daños, se deben de tomar en cuenta a detalle los aspectos hidrológicos e hidráulicos como también económicos para ellos proponer las medidas necesarias para reducir los daños debido a estas inundaciones.

- El ancho estable del rio favorecerá mayor precaución y delimitación de las franjas marginales y así instalar adecuadamente dichas estructuras planteadas que en su proceso de construcción serán controladas y verificadas minuciosamente por el jefe de proyecto para evitar posibles fallas o rotura de las estructuras colocadas al margen del rio.

V. CONCLUSIONES

1. Se determinó que las condiciones y características hidrológicas e hidráulicas y el mancha de inundación de la cuenca del río Cachi en los sectores de Laramate y Santiago de Pischa, aplicando el modelo hidrológico HEC-HMS permite tener la relación de precipitación dentro de una cuenta en hidrogramas de escurrimiento lo que permite conocer el caudal máximo y el hidrograma correspondiente para cada periodo de retorno de dicha cuenca.
2. Se ha determinado los caudales máximos para diferentes periodos de retorno, con la utilización adecuada de los programas de ingeniería y los modelos descritos anteriormente.
3. Se modeló el funcionamiento del río Cachi mediante los programas convenientes utilizar bidimensional, IBER y HEC-RAS, cuando se modelan canales o ríos con secciones irregulares, debido a que este modelo toma en cuenta la topografía completa que se quiere modelar. Además, de que para esa topografía, el modelo produce resultados más confiables. Sin embargo; no es muy conveniente utilizarlo cuando se modelan canales prismáticos debido a la triangulación que se realiza en la topografía y además de que produce resultados en tiempos de corrida.
4. Para el presente trabajo se concluye que en este caso el modelo de simulación bidimensional produce mejores resultados que el unidimensional.
5. Cuando se modelan inundaciones debido a canales prismáticos se puede usar el modelo unidimensional, HEC-RAS, debido a que es capaz de producir resultados en poco tiempo y por su fácil aplicación;

sin embargo cuando se modelan ríos o canales naturales no prismáticos no es muy conveniente debido a que como solo se toma en cuenta las secciones transversales y no toma la topografía que existe entre ellas.

6. En general los modelos hidrológicos, HEC-HMS e hidráulicos, HEC-RAS e IBER permiten generar escenarios que pueden auxiliar en la toma de decisiones, para prevenir y disminuir los daños por inundaciones.
7. Los mapas de tirante de inundaciones permite conocer el grado de afectación de un lugar, ya que nos proporcionan la elevación del agua en una casa o en una carretera para cada gasto de TR.
8. Los mapas tanto de tirante como de índice de riesgo permiten contar con elementos que permiten recomendar medidas precautorias para que auxilien en la eliminación o al menos disminuyan los daños por eventos de inundación.

RECOMENDACIONES

- Como recomendación general se propone que se instalen más estaciones hidrométricas en lugares específicos, ya que en esta cuenca solo se contaba con dos (que tenían suficiente información), debido a que las estaciones hidrométricas sirven de alguna manera para calibrar y validar el modelo lluvia escurrimiento de una cuenca o región en estudio.
- Realizar aforos permanentes en el río Cachi, para construir una curva de elevación de gastos que permita determinar las descargas máximas a partir de los niveles del río.
- Se recomienda que para estudios de inundaciones se use una topografía más detallada o modelos de elevación con mayor resolución (como el modelo Lidar que presenta una resolución de 5 m.).
- Se recomienda realizar el encauzamiento del río Cachi en los tramos correspondientes como son los poblados de Laramnate y Santiago de Pischa con la infraestructura correspondiente.
- Se recomienda construir defensa ribereña en los tramos que están expuestos a las inundaciones, en su mayor parte son las áreas agrícolas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aparicio, M. 1989. Fundamentos de Hidrología de Superficie. México D.F. Ed. Limusa. 1ª edición.
2. Aparicio, M. 2004. Fundamentos de Hidrología de Superficie. México D.F. Ed. Limusa.
3. Benavides, S. 1998. Calibración y validación del modelo hidrológico en la cuenca forestal El Carrizal, Tapalpa, Jalisco (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Naturales. Especialidad de Ciencias Forestales. Montecillo, México).
4. Bernis, J. 2001. Con el agua al cuello: 55 respuestas al Plan Hidrológico Nacional (Vol. 2).
5. Bladé C. 2005. Modelación de Flujo en Lámina libre sobre cauces naturales. Análisis integrado con esquemas en volúmenes finitos en una y dos dimensiones. Tesis Doctoral. Universidad de Catalunya. España.
6. Cantabria, 2009. Instituto de Hidraulica Ambiental de Cantabria, Universidad de Cantabria.
7. Campos, A. 2001. Procesos del ciclo hidrológico. Ed. Universitario Potosino. San Luis Potosí, México.
8. CENEPRED, 2004. Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos; Lima Perú 2014.
9. Chávez, M. 2007. Hidrología superficial. Apuntes del curso. Notas de Clase. Depto. de Irrigación, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, México.
10. Chow, V. 1994. Hidrología aplicada; Santafe de Bogotá, Colombia; Ed. McaGRAW-HILL.
11. Chow. V. 1982. Hidráulica de Canales Abiertos. 2ª. Impresión. Ed. Diana. México.
12. Consejería del medio ambiente, gobierno de Cantabria, 2004. Descripción y características del programa HEC-HMS. Cantabria, España.

13. Dingman, R. 1976. Determinación de la tasa de infiltración por medio de mapas hidrológicos.:[Determination of infiltration rate by means of hydrologic maps].*Revista Cartográfica (IPGH)*, (30), 109-114.
14. Feldman, A. 2000. "Hydrologic Modelling System HEC-HMS, Technical reference manual." U. S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, HEC, Davis, CA.
15. Feldman, A. 2012. Modelación hidrológica con HEC-HMS en cuencas montañosas de la región oriental de Cuba. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 33(1), 71-80.
16. Franquet, J. 2001. Con el agua al cuello: 55 respuestas al Plan Hidrológico Nacional (Vol. 1).
17. Hillel, D. 2002. As florestas eo carbono (No. 363.7387 F634). CATIE, Turrialba (Costa Rica). Proyecto Regional de Manejo de Cuencas.
18. Londoño, J. 2001. Modelización de problemas ambientales en entornos urbanos utilizando sistemas de información geográfica y métodos. diciembre 2001, núm. 2, p. 21-51.
19. Mateos, A. 1998. Medición de la interceptación de las precipitaciones por la encina (*Quercus rotundifolia* Lam.): Metodología e instrumentalización. *Rev. Norba*, 10, 95-112.
20. Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas. Manual de referencia hidráulico 07-06-2010. Gobierno de España.
21. Pérez A. 2001. Sistemas de Información Geográfica y modelizaciones hidrológicas: Una aproximación a las ventajas y dificultades de su aplicación. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (31), 23-46.
22. Roblero, H. 2013. Modelación hidrométrica de áreas con riesgo de inundación en la cuenca del río, la sierra en los estados Chiapas y tabasco, México. Texcoco, Edo de México.
23. Sandasur, 2000. "Manual de Capacitación a Jass zonas Altoandinas", Cusco – Perú.
24. Summerfield, 2005. Regime hidrológico e aspectos do comportamento morfohidráulico do rio Araguaia. *Revista Brasileira de Geomorfologia-Ano*, 6(2).

25. Miranda, J. 2006. Atlas hidrológico e ictiológico de la Laguna de Términos. Centro Epomex. Universidad Autónoma de Campeche, Campeche.
26. UNESCO, 2011. “Manual para el Control de Inundaciones”
27. U.S. Army Corps of Engineers, 2010. HEC-RAS River Analysis System: Hydraulic Reference manual.
28. Hidráulica Fluvial. Carrera de Especialización en Hidráulica Urbana. HEC – River Analysis System. Versión 4.1 (Enero 2010). Manualesr. Recuperado de <http://www.urbanismogranada.com/.edu>.
29. Manual de HEC RAS Valencia España 2014. Recuperado de <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>
30. Manual de utilización del programa HEC-HMS (v 3.3.0). HEC-HMS está indicado para la modelación de los procesos hidrológicos recuperado de <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>
31. Manual de Iber España modelización hidráulica 2015. Recuperado de <http://iberaula.es/web/index.php>

ANEXOS

ANEXO 1

Panel fotografico fotografico 128

ANEXO 2

Cuadros y analisis estadistico 132

ANEXO 3

Planos 172

ANEXO 1

FOTO A.1: Reunion previa con los pobladores de Laramate - Santiago de Pischa.



FOTO A.2: Diagnosticando el tramo del rio de Laramate – Santiago de Pischa.



FOTO A.3: Recorrido al río, juntamente con los pobladores de Laramate-Santiago de Pischa



FOTO A.4: Recojo de Tierra para los respectivos analisis de tierra.



FOTO A.5: Vista del riesgo en que se encuentran los cultivos de la zona.



FOTO A.6: Vista de terrenos de cultivo y/o pastisal que encuentran en riesgo de inundaciones.



FOTO A.7: Vista de áreas afectadas por causa de inundaciones en época de lluvia.



FOTO A.8: Vista de larga distancia de las consecuencias traídas por las inundaciones.



REGISTRO DE PRECIPITACIONES DIARIAS (mm)

ESTACION : CUCHOQUESERA DISTRITO : CHUSCHI ALTITUD : 3750.0 msnm
 CODIGO : 007 PROVINCIA : CANGALLO LATITUD : 13°25'54"
 DEPARTAMENTO : AYACUCHO LONGITUD : 74°20'40"

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1992	10.80	25.70	27.00	10.80	0.00	8.10	10.80	17.60	4.10	23.00	17.60	18.90	27.00
1993	24.30	31.10	21.60	16.20	12.20	2.00	8.80	7.40	6.80	16.20	16.20	23.00	31.10
1994	16.20	20.30	12.20	27.00	5.40	2.00	0.00	0.00	2.70	2.70	16.20	10.80	27.00
1995	23.90	33.80	39.80	9.60	2.00	3.50	2.70	2.70	14.90	3.40	11.50	27.00	39.80
1996	35.20	23.00	17.60	18.90	9.50	4.10	1.40	10.10	2.00	11.50	16.20	19.60	35.20
1997	28.40	27.70	19.60	12.20	5.40	0.00	0.70	16.90	21.00	16.90	14.90	21.60	28.40
1998	27.00	25.70	15.50	20.30	1.40	4.70	0.00	4.10	8.80	8.10	16.20	17.60	27.00
1999	16.90	42.60	17.60	18.30	2.70	3.40	3.40	2.70	15.50	16.20	13.50	0.00	42.60
2000	23.66	27.72	23.66	10.14	19.60	17.58	4.73	3.38	13.52	17.58	11.49	43.94	43.94
2001	27.04	37.86	30.42	11.49	30.42	1.35	2.70	5.41	6.76	5.41	18.93	0.00	37.86
2002	20.28	18.93	21.63	8.11	6.50	3.38	22.31	9.00	21.90	22.98	8.65	39.34	39.34
2003	23.30	15.80	18.60	8.60	4.80	0.00	1.30	10.60	11.40	7.40	11.10	14.80	23.30
2004	7.80	30.30	18.80	5.40	2.10	4.60	10.20	3.20	19.70	10.00	12.40	14.70	30.30
2005	19.10	20.60	16.90	9.80	0.00	0.00	6.70	10.00	19.90	19.32	12.90	30.60	30.60
2006	27.10	36.00	23.10	12.30	4.20	3.60	4.00	22.70	6.50	16.40	15.30	23.40	36.00
2007	25.20	22.10	24.30	16.80	3.30	0.00	3.50	5.10	5.70	13.80	15.50	18.90	25.20
2008	24.00	26.20	20.80	9.40		4.90	2.50	0.60	14.01	10.10	9.60	14.60	26.20
2009	18.70	21.40	11.60	12.10	11.80	2.00	21.80	6.10	9.70	21.00	13.60	17.50	21.80
2010	27.40	28.40	14.10	14.70	2.70	0.40	3.20	3.50	10.40	8.20	3.50	11.50	28.40
2011	25.00	34.00	12.40	20.30	2.00	1.50	6.80						34.00
MAX	35.20	42.60	39.80	27.00	30.42	17.58	22.31	22.70	21.90	23.00	18.93	43.94	43.94
PROM	22.56	27.46	20.36	13.62	6.63	3.36	5.88	7.43	11.33	13.17	13.44	19.36	31.75

REGISTRO DE PRECIPITACIONES DIARIAS (mm)

ESTACION : ALLPACHACA DISTRITO : CHIARA ALTITUD : 3550.0 msnm
 CODIGO : 008 PROVINCIA : HUAMANGA LATITUD : 13°23'19"
 DEPARTAMENTO : AYACUCHO LONGITUD : 74°16'00"

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1992	45.70	22.20	19.60	17.00	0.00	3.90	11.70	1.30	0.00	18.30	3.90	45.70	45.70
1993	40.50	28.70	57.40	17.00	18.30	3.90	10.40	10.40	10.40	18.30	13.10	31.30	57.40
1994	14.40	35.90	18.30	18.30	14.40	1.30	0.00	3.90	9.10	5.20	13.10	14.20	35.90
1995	20.20	34.50	34.10	17.60	5.50	2.20	8.50	1.30	10.30	29.20	21.40	15.80	34.50
1996	38.10	27.70	31.50	12.00	4.70	1.80	2.30	8.00	8.50	20.40	10.40	21.00	38.10
1997	26.10	17.00	28.30	7.80	4.20	0.00	2.50	11.00	14.20	6.00	20.20	22.80	28.30
1998	35.20	12.50	20.90	10.40	1.30	4.40	0.00	9.70	7.20	8.90	9.40	20.60	35.20
1999	21.10	18.80	14.60	11.50	7.40	3.70	3.90	0.00	20.40	7.50	13.90	11.10	21.10
2000	26.80	41.90	17.30	8.00	21.50	8.30	7.40	22.50	6.80	15.40	11.50	18.50	41.90
2001	26.50	20.50	28.50	8.80	11.70	3.00	4.90	10.60	8.10	8.10	18.20	19.30	28.50
2002	20.00	20.30	28.50	9.00	3.20	2.20	10.30	4.70	10.70	12.50	19.33	27.20	28.50
2003	25.40	12.90	19.00	12.80	14.30	0.00	2.00	6.80	11.40	4.60	8.50	24.30	25.40
2004	28.20	23.00	22.00	19.00	5.00	40.00	69.00	38.00	0.00	1.80	14.10	23.20	69.00
2005	15.60	21.20	25.80	7.90	2.50	0.00	7.00	15.20	23.70	10.50	10.50	27.60	27.60
2006	25.40	24.20	28.20	12.60	0.00	2.90	0.00	7.00	4.10	22.50	18.20	16.10	28.20
2007	17.30	30.00	43.50	8.00	12.80	0.00	3.70	0.00	5.30	8.80	10.50	28.50	43.50
2008	16.60	26.00	28.90	4.80	13.40	5.40	1.40	1.50	22.50	21.20	17.00	17.50	28.90
2009	19.10	28.00	12.80	17.30	6.00	0.00	6.00	3.00	1.50	16.30	15.00	14.80	28.00
2010	37.40	28.50	20.00	8.50	7.00	0.40	5.90	6.00	11.80	13.20	4.00	25.60	37.40
2011	23.00	41.30	13.00	20.60	4.20	0.00	10.20	2.20					41.30
MAX	45.70	41.90	57.40	20.60	21.50	40.00	69.00	38.00	23.70	29.20	21.40	45.70	69.00
PROM	26.13	25.75	25.61	12.45	7.87	4.17	8.36	8.16	9.79	13.09	13.28	22.37	36.22

REGISTRO DE PRECIPITACIONES DIARIAS (mm)

ESTACION : SAN PEDRO DE CACHI DISTRITO : SANTIAGO DE PISCHA ALTITUD : 2990.0 msnm
 CODIGO : 156205 PROVINCIA : HUAMANGA LATITUD : 13°3'55"
 DEPARTAMENTO : AYACUCHO LONGITUD : 74°21'31"

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1973			18	9.3	3.5	4	7.4	6.4	7.4	9.3	6.9	17.2	18.00
1974	25	38.7	112.4	5.6	1.8	8.4	2.1	21.5	6.1	12.6	15.5	11.6	112.40
1975	16.2	19.2	12.1	4.9	6.3	3.2	2.5	2.4	17.2	14.5	10.6	15.7	19.20
1976	41.6	26	23.8	18.8	23.3	8.6	4.5	5.2	16.6	14.6	9.4	12.2	41.60
1977	11.8	26.8	15.8	26.2	2.5	0	7.6	2	24.4	18.1	26.5	13.2	26.80
1978	24.7	18.5	15.2	14.7	0.2	10.2	0	0.8	16.5		25.2	13.9	25.20
1979	11.6	12.3	26.2	13.2	7	1.5	8.2	8.5	0	9.3	0	25.2	26.20
1980	12.4		25.8	7.8	6.5	0	3.7	2.3	12.5	22.4	12.8	18.5	25.80
1981	23.4	27.5	12.7	9	15.2	5.2	0	31.4	8.8	18.7	12.8	13.7	31.40
1982	10.2	22.1	10.7	12.6	1.8	2.2	3	9.8	6.2	18.4	18.9	16.8	22.10
1983	16.5	38.3	19.5	5.2	2.6	0.5	8.2	5.7	0	6.5	25.8	12.5	38.30
1984	22	27.1	14.5	14.5	5.2	10.2	1.8	8.7	6.5				27.10
1985								0	15.5	8.5	2.8	20.6	20.60
1986	31.1	28.9	42.3	18.8	14.9	0	3.5	10	12.6	21.3	24.3	18.2	42.30
1987	28.8	7.5	10.8	22.5	0	14.6	14.9	2.7	2.9	14.2	6.5	13.8	28.80
1988	11.3	18.5	12.5	6.8	11.2	0	1.8	1.5	0	8.5	12.8	15.6	18.50
1989	14.9	14.1	15.2	3.3	1.3	2.1	2.7	1.7	10.3	17.1	6.3	19.4	19.40
1990	11.9	6.5	8.2	4.5	7.2	1.5	1.8	4	2.2	8.2	18.5	14.5	18.50
1991	11.9	10.2	14.4	3.7	0	5.8	0	0	3.1	15.3	12.5	5.2	15.30
1992	15	4.5	8.7	0	0	4.2	0	8.2	4	12.7	6.5	4.2	15.00
1993	4.2	7.1	16.1	12.8	3.5	2.8	3	11.3	10.2	10.3	17.5	17.5	17.50
1994	26	19.8	21.7	7.5	13.2	8.8	0	0.8	5.5	14.4	13.5	18.1	26.00
1995	14.5	16.7	20.8	9.2	2	6.6	0.9	8.5	4.2	23.3	23.9	10.6	23.90
1996	13.6	18.3	28.5	30.7	0.4	2.3	2.7	20.3	14.5	21.5	35	25	35.00
1997	27.7	46.1	15	9.8	5	0	3.5	9.2	13.2	7.4	22.8	26.2	46.10
1998	28.5	38.4	19.8	5.5	0.2	2	0	8.8	0.8	16	10.4	22	38.40
1999	20.5	28	27	18	2.1	2.6	2	1.5	14.5	13.3	16.5	10.7	28.00
2000	19.7	35	15.6	5.9	9.3	4.5	14.5	4	3.5	18.5	9.2	22.6	35.00
2001	17.3	19.2	33.7	11.2	8.7	2.5	9.8	5.7	4	15	21.2	17.8	33.70
2002	21.8	18.4	22.6	8.3	9.2	2.2	9.5	4.4	6.8	16.1	12	21.6	22.60
2003	16.6	32	15.9	27.2				12.6	8.4	5	25	15.5	32.00
2004	6.5	24.1	17.6	9.6	4.6	12.6	6	5.8	7.1	12	12.9	28.2	28.20
2005	16.4	33.2	16	3.8	3.2	0	6.5	5	8.3	17.2	10.4	26.4	33.20
2006	18.5	29.2	15.6	15.6	2.5	5.4	0	6	13.2	25.4	10.2	29.3	29.30
2007	21.2	18.8	47.5	13.6	3.8	0	4	0	5.8	14.3	8.2		47.50
2008	15.4	17.6	13.5	3.6	11.8	4.5	0	0.9	9.2	6.8	5.6	27.8	27.80
2009	27.8	35.5	23.4	22.5	6	0	11.8	1.5	4.8	7.8	17.2	23.3	35.50
2010	31.2	22.4	14.8	14.5	4.9	0.5	3.2	7.3	12.4	8.6	15	31.1	31.20
2011	24	28.6	26.5	45	3	0	7	0.5	6	17	13.3	14.8	45.00
2012	15.6	29.6	23.6	8	15	13	9.5	3.4	20.6	18.5	12.2	23.6	29.60
2013	30.8	18		6.1	32.4	1.6	6.3	17	8.7	14.7	16.5	23.7	32.40
2014	35.2	12.4	24.6	15.8	14.2	3.4	4	6.1	14				35.20
MAX	41.60	46.10	112.40	45.00	32.40	14.60	14.90	31.40	24.40	25.40	35.00	31.10	112.40
PROM	19.83	22.95	21.97	12.33	6.64	3.94	4.45	6.51	8.77	14.19	14.58	18.41	31.09

ANALISIS ESTADISTICO

CUADROS A2.2: Prueba De Ajuste Smirnov Kolmogorov Estación Putacca.

RESULTADOS: PRUEBA DE AJUSTE SMIRNOV KOLMOGOROV ESTACIÓN PUTACCA

VARIABLE (mm)	WEIBULL		NORMAL		LOGNORMAL 2P		LOGNORMAL 3P		GAMMA 2P		GAMMA 3P		LOG PEARSON 3P		GUMBEL		LOG GUMBEL	
	P(X)	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)
21.500	0.048	0.047	0.000	0.023	0.025	0.021	0.027	0.371	0.324	0.328	0.281	0.021	0.027	0.008	0.039	0.001	0.047	
23.500	0.095	0.077	0.018	0.053	0.042	0.049	0.046	0.410	0.315	0.372	0.277	0.051	0.044	0.031	0.065	0.012	0.084	
27.300	0.143	0.171	0.028	0.168	0.025	0.161	0.018	0.479	0.336	0.453	0.310	0.168	0.025	0.150	0.007	0.145	0.002	
29.000	0.190	0.230	0.039	0.242	0.051	0.235	0.045	0.508	0.318	0.487	0.296	0.243	0.053	0.235	0.044	0.252	0.061	
29.000	0.238	0.230	0.008	0.242	0.003	0.235	0.003	0.508	0.270	0.487	0.249	0.243	0.005	0.235	0.003	0.252	0.013	
29.100	0.286	0.234	0.052	0.246	0.039	0.240	0.046	0.510	0.224	0.489	0.203	0.248	0.038	0.240	0.045	0.258	0.028	
29.700	0.333	0.257	0.076	0.275	0.058	0.269	0.064	0.520	0.187	0.500	0.167	0.277	0.056	0.274	0.060	0.299	0.035	
31.400	0.381	0.330	0.061	0.361	0.020	0.356	0.025	0.547	0.166	0.532	0.151	0.364	0.017	0.372	0.009	0.412	0.031	
31.800	0.429	0.348	0.081	0.382	0.047	0.377	0.051	0.554	0.125	0.540	0.111	0.385	0.044	0.396	0.033	0.438	0.009	
34.600	0.476	0.483	0.007	0.526	0.050	0.526	0.049	0.596	0.120	0.589	0.112	0.530	0.054	0.553	0.077	0.597	0.121	
35.100	0.524	0.508	0.016	0.551	0.027	0.551	0.027	0.603	0.079	0.597	0.073	0.555	0.031	0.579	0.055	0.621	0.097	
35.400	0.571	0.523	0.049	0.566	0.006	0.566	0.005	0.607	0.036	0.602	0.030	0.569	0.002	0.594	0.022	0.635	0.064	
35.700	0.619	0.538	0.081	0.580	0.039	0.581	0.038	0.612	0.007	0.607	0.012	0.584	0.035	0.608	0.011	0.648	0.029	
37.100	0.667	0.606	0.061	0.644	0.022	0.647	0.020	0.631	0.036	0.629	0.038	0.647	0.020	0.672	0.005	0.705	0.038	
39.200	0.714	0.702	0.012	0.729	0.014	0.733	0.019	0.658	0.056	0.660	0.054	0.731	0.016	0.752	0.038	0.773	0.059	
41.600	0.762	0.797	0.035	0.807	0.045	0.813	0.051	0.688	0.074	0.694	0.068	0.808	0.046	0.824	0.062	0.831	0.069	
43.400	0.810	0.854	0.044	0.854	0.044	0.860	0.050	0.708	0.102	0.717	0.093	0.853	0.044	0.865	0.055	0.864	0.055	
45.100	0.857	0.897	0.040	0.889	0.031	0.895	0.038	0.726	0.131	0.737	0.120	0.888	0.031	0.895	0.038	0.889	0.032	
45.920	0.905	0.914	0.009	0.903	0.002	0.909	0.004	0.735	0.170	0.747	0.158	0.902	0.003	0.907	0.002	0.899	0.006	
53.340	0.952	0.989	0.037	0.974	0.022	0.978	0.025	0.801	0.151	0.820	0.133	0.973	0.020	0.971	0.018	0.955	0.002	
DELTA MAXIMO			0.081		0.058		0.064		0.336		0.310		0.056		0.077		0.121	

RESULTADOS: PRUEBA DE AJUSTE SMIRNOV KOLMOGOROV ESTACION TUNSUILLA

VARIABLE (mm)	WEIBULL		NORMAL		LOGNORMAL 2P		LOGNORMAL 3P		GAMMA 2P		GAMMA 3P		LOG PEARSON 3P		GUMBEL		LOG GUMBEL	
	P(X)	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)
18.000	0.059	0.011	0.048	0.004	0.055	0.009	0.050	0.206	0.148	0.002	0.057	0.000	0.059	0.000	0.059	0.000	0.059	
24.500	0.118	0.058	0.060	0.059	0.059	0.052	0.066	0.333	0.216	0.090	0.028	0.000	0.118	0.014	0.103	0.016	0.102	
32.000	0.176	0.229	0.053	0.280	0.104	0.224	0.048	0.475	0.299	0.338	0.161	0.331	0.154	0.234	0.057	0.306	0.130	
35.250	0.235	0.352	0.116	0.410	0.175	0.350	0.115	0.531	0.296	0.456	0.221	0.504	0.269	0.401	0.165	0.472	0.237	
35.250	0.294	0.352	0.058	0.410	0.116	0.350	0.056	0.531	0.237	0.456	0.162	0.504	0.210	0.401	0.106	0.472	0.178	
35.250	0.353	0.352	0.001	0.410	0.057	0.350	0.003	0.531	0.178	0.456	0.103	0.504	0.151	0.401	0.048	0.472	0.119	
35.300	0.412	0.354	0.058	0.412	0.001	0.352	0.060	0.532	0.120	0.458	0.046	0.507	0.095	0.403	0.009	0.474	0.063	
38.100	0.471	0.475	0.004	0.524	0.053	0.476	0.006	0.577	0.107	0.553	0.092	0.620	0.149	0.544	0.073	0.594	0.124	
38.780	0.529	0.505	0.025	0.549	0.020	0.507	0.022	0.588	0.058	0.575	0.045	0.643	0.114	0.575	0.046	0.619	0.090	
42.300	0.588	0.657	0.068	0.671	0.083	0.662	0.074	0.639	0.051	0.676	0.088	0.740	0.152	0.715	0.127	0.727	0.139	
43.710	0.647	0.712	0.065	0.713	0.066	0.719	0.071	0.659	0.011	0.711	0.064	0.771	0.124	0.760	0.113	0.761	0.114	
45.120	0.706	0.763	0.057	0.752	0.046	0.770	0.064	0.677	0.029	0.744	0.038	0.797	0.091	0.799	0.093	0.791	0.085	
47.900	0.765	0.848	0.083	0.816	0.051	0.854	0.089	0.711	0.054	0.799	0.035	0.839	0.075	0.860	0.095	0.838	0.073	
47.900	0.824	0.848	0.024	0.816	0.008	0.854	0.030	0.711	0.112	0.799	0.024	0.839	0.016	0.860	0.037	0.838	0.014	
49.300	0.882	0.881	0.001	0.843	0.040	0.887	0.004	0.727	0.155	0.823	0.059	0.857	0.026	0.884	0.001	0.857	0.026	
50.100	0.941	0.898	0.043	0.856	0.085	0.903	0.038	0.736	0.205	0.836	0.105	0.865	0.076	0.896	0.045	0.866	0.075	
DELTA MAXIMO			0.116		0.175		0.115		0.299		0.221		0.269		0.165		0.237	

RESULTADOS: PRUEBA DE AJUSTE SMIRNOV KOLMOGOROV ESTACION CUCHOQUESERA

VARIABLE (mm)	WEIBULL		NORMAL		LOGNORMAL 2P		LOGNORMAL 3P		GAMMA 2P		GAMMA 3P		LOG PEARSON 3P		GUMBEL		LOG GUMBEL	
	P(X)	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)
21.800	0.048	0.062	0.015	0.039	0.009	0.023	0.025	0.467	0.419	0.448	0.401	0.035	0.012	0.018	0.030	0.005	0.043	
23.300	0.095	0.096	0.001	0.076	0.019	0.060	0.036	0.493	0.398	0.477	0.381	0.073	0.023	0.051	0.045	0.029	0.066	
25.200	0.143	0.156	0.013	0.148	0.005	0.141	0.002	0.524	0.381	0.510	0.368	0.147	0.004	0.129	0.014	0.117	0.026	
26.200	0.190	0.196	0.006	0.197	0.006	0.197	0.007	0.540	0.349	0.528	0.337	0.198	0.008	0.186	0.005	0.187	0.003	
27.000	0.238	0.232	0.006	0.241	0.003	0.247	0.009	0.552	0.314	0.541	0.303	0.244	0.006	0.238	0.000	0.250	0.012	
27.000	0.286	0.232	0.054	0.241	0.045	0.247	0.039	0.552	0.266	0.541	0.255	0.244	0.042	0.238	0.048	0.250	0.036	
27.000	0.333	0.232	0.101	0.241	0.093	0.247	0.086	0.552	0.219	0.541	0.208	0.244	0.090	0.238	0.096	0.250	0.083	
28.400	0.381	0.303	0.078	0.325	0.056	0.341	0.040	0.573	0.192	0.564	0.183	0.331	0.050	0.336	0.045	0.366	0.015	
28.400	0.429	0.303	0.126	0.325	0.104	0.341	0.087	0.573	0.144	0.564	0.135	0.331	0.098	0.336	0.092	0.366	0.063	
30.300	0.476	0.411	0.065	0.446	0.030	0.471	0.005	0.600	0.124	0.593	0.116	0.455	0.022	0.473	0.003	0.513	0.037	
30.600	0.524	0.430	0.094	0.466	0.058	0.491	0.033	0.604	0.080	0.597	0.073	0.474	0.050	0.494	0.030	0.534	0.010	
31.100	0.571	0.460	0.111	0.498	0.074	0.524	0.048	0.611	0.039	0.604	0.033	0.506	0.066	0.528	0.044	0.568	0.004	
34.000	0.619	0.636	0.017	0.668	0.049	0.689	0.070	0.648	0.028	0.644	0.025	0.674	0.055	0.698	0.079	0.725	0.106	
35.200	0.667	0.703	0.036	0.728	0.061	0.744	0.077	0.662	0.005	0.660	0.007	0.732	0.065	0.753	0.086	0.772	0.106	
36.000	0.714	0.744	0.029	0.763	0.049	0.776	0.062	0.671	0.043	0.670	0.044	0.766	0.052	0.785	0.070	0.799	0.085	
37.860	0.762	0.827	0.065	0.833	0.071	0.838	0.076	0.692	0.070	0.692	0.070	0.833	0.071	0.845	0.084	0.850	0.088	
39.340	0.810	0.879	0.069	0.876	0.066	0.876	0.067	0.707	0.102	0.709	0.101	0.875	0.065	0.882	0.073	0.880	0.071	
39.800	0.857	0.893	0.036	0.887	0.030	0.886	0.029	0.712	0.145	0.714	0.143	0.886	0.029	0.892	0.035	0.888	0.031	
42.600	0.905	0.953	0.048	0.939	0.034	0.933	0.029	0.739	0.166	0.743	0.162	0.936	0.031	0.936	0.032	0.926	0.021	
43.940	0.952	0.970	0.018	0.956	0.003	0.949	0.004	0.751	0.201	0.756	0.197	0.952	0.000	0.951	0.002	0.939	0.014	
DELTA MAXIMO			0.126		0.104		0.087		0.419		0.401		0.098		0.096		0.106	

RESULTADOS: PRUEBA DE AJUSTE SMIRNOV KOLMOGOROV ESTACIÓN ALLPACHACA

VARIABLE	WEIBULL		NORMAL		LOGNORMAL 2P		LOGNORMAL 3P		GAMMA 2P		GAMMA 3P		LOG PEARSON 3P		GUMBEL		LOG GUMBEL	
	F(X)	F(Z)	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA
21.100	0.050	0.064	0.014	0.029	0.021	0.014	0.036	0.347	0.297	0.031	0.019	0.020	0.030	0.019	0.031	0.002	0.048	
25.400	0.100	0.150	0.050	0.129	0.029	0.117	0.017	0.434	0.334	0.156	0.056	0.124	0.024	0.120	0.020	0.091	0.009	
27.600	0.150	0.216	0.066	0.214	0.064	0.215	0.065	0.476	0.326	0.250	0.100	0.219	0.069	0.215	0.065	0.212	0.062	
28.000	0.200	0.230	0.030	0.231	0.031	0.236	0.036	0.483	0.283	0.269	0.069	0.238	0.038	0.235	0.035	0.237	0.037	
28.200	0.250	0.237	0.013	0.240	0.010	0.246	0.004	0.487	0.237	0.278	0.028	0.248	0.002	0.245	0.005	0.250	0.000	
28.300	0.300	0.240	0.060	0.245	0.065	0.251	0.049	0.489	0.189	0.283	0.017	0.253	0.047	0.250	0.050	0.256	0.044	
28.500	0.350	0.248	0.102	0.254	0.096	0.261	0.089	0.493	0.143	0.292	0.058	0.263	0.087	0.260	0.090	0.269	0.081	
28.500	0.400	0.248	0.152	0.254	0.146	0.261	0.139	0.493	0.093	0.292	0.108	0.263	0.137	0.260	0.140	0.269	0.131	
28.900	0.450	0.262	0.188	0.273	0.177	0.282	0.168	0.500	0.050	0.311	0.139	0.283	0.167	0.281	0.169	0.295	0.155	
34.500	0.500	0.500	0.000	0.547	0.047	0.573	0.073	0.594	0.094	0.566	0.066	0.567	0.067	0.571	0.071	0.617	0.117	
35.200	0.550	0.532	0.018	0.580	0.030	0.605	0.055	0.605	0.055	0.595	0.045	0.599	0.049	0.602	0.052	0.648	0.098	
35.900	0.600	0.564	0.036	0.611	0.011	0.635	0.035	0.616	0.016	0.622	0.022	0.629	0.029	0.633	0.033	0.676	0.076	
37.400	0.650	0.630	0.020	0.673	0.023	0.694	0.044	0.638	0.012	0.677	0.027	0.698	0.038	0.692	0.042	0.729	0.079	
38.100	0.700	0.659	0.041	0.700	0.000	0.719	0.019	0.648	0.052	0.700	0.000	0.713	0.013	0.718	0.018	0.751	0.051	
41.300	0.750	0.781	0.031	0.803	0.063	0.813	0.063	0.690	0.060	0.792	0.042	0.808	0.058	0.812	0.062	0.829	0.079	
41.900	0.800	0.800	0.000	0.819	0.019	0.827	0.027	0.698	0.102	0.806	0.006	0.822	0.022	0.826	0.026	0.840	0.040	
43.500	0.850	0.847	0.003	0.857	0.007	0.860	0.010	0.717	0.133	0.841	0.009	0.856	0.006	0.860	0.010	0.867	0.017	
45.700	0.900	0.899	0.001	0.898	0.002	0.897	0.003	0.742	0.158	0.879	0.021	0.893	0.007	0.896	0.004	0.895	0.005	
57.400	0.950	0.995	0.045	0.986	0.036	0.980	0.030	0.844	0.106	0.977	0.027	0.979	0.029	0.980	0.030	0.967	0.017	
DELTA MAXIMO			0.188		0.177		0.168		0.334		0.139		0.167		0.169		0.155	

RESULTADOS: PRUEBA DE AJUSTE SMIRNOV KOLMOGOROV ESTACIÓN SAN PEDRO DE CACHI

VARIABLE (mm)	WEIBULL		NORMAL		LOGNORMAL 2P		LOGNORMAL 3P		GAMMA 2P		GAMMA 3P		LOG PEARSON 3P		GUMBEL		LOG GUMBEL	
	F(X)	F(Z)	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA	F(Z)	DELTA
15.000	0.024	0.049	0.025	0.020	0.003	0.027	0.003	0.235	0.211	0.466	0.443	0.013	0.010	0.009	0.015	0.000	0.023	
15.300	0.048	0.053	0.005	0.024	0.024	0.031	0.017	0.243	0.195	0.470	0.422	0.016	0.031	0.011	0.036	0.001	0.047	
17.500	0.071	0.087	0.015	0.062	0.009	0.067	0.005	0.301	0.229	0.495	0.423	0.054	0.017	0.040	0.031	0.018	0.054	
18.000	0.095	0.096	0.001	0.074	0.021	0.078	0.018	0.314	0.219	0.500	0.405	0.067	0.028	0.051	0.044	0.028	0.067	
18.500	0.119	0.107	0.012	0.088	0.031	0.090	0.029	0.327	0.208	0.506	0.387	0.081	0.038	0.063	0.056	0.041	0.078	
18.500	0.143	0.107	0.036	0.088	0.055	0.090	0.053	0.327	0.184	0.506	0.363	0.081	0.062	0.063	0.080	0.041	0.102	
19.200	0.167	0.123	0.044	0.109	0.058	0.109	0.058	0.346	0.179	0.513	0.347	0.104	0.063	0.083	0.084	0.066	0.101	
19.400	0.190	0.128	0.063	0.116	0.075	0.115	0.076	0.351	0.160	0.515	0.325	0.111	0.079	0.089	0.101	0.074	0.117	
20.600	0.214	0.159	0.055	0.159	0.055	0.153	0.061	0.382	0.168	0.528	0.314	0.158	0.066	0.133	0.081	0.133	0.082	
22.100	0.238	0.206	0.032	0.222	0.016	0.210	0.028	0.421	0.183	0.544	0.306	0.227	0.012	0.200	0.038	0.223	0.015	
22.600	0.262	0.223	0.039	0.244	0.018	0.231	0.031	0.433	0.171	0.549	0.287	0.251	0.011	0.225	0.037	0.256	0.006	
23.900	0.286	0.271	0.015	0.306	0.020	0.288	0.003	0.466	0.180	0.562	0.276	0.317	0.031	0.293	0.007	0.341	0.055	
25.200	0.310	0.324	0.014	0.370	0.060	0.350	0.040	0.497	0.187	0.574	0.265	0.384	0.074	0.364	0.055	0.423	0.114	
25.800	0.333	0.349	0.016	0.399	0.066	0.379	0.045	0.511	0.178	0.580	0.247	0.415	0.081	0.397	0.064	0.459	0.126	
26.000	0.357	0.358	0.001	0.409	0.052	0.388	0.031	0.516	0.158	0.582	0.225	0.425	0.068	0.408	0.051	0.471	0.114	
26.200	0.381	0.367	0.014	0.419	0.038	0.398	0.017	0.520	0.139	0.584	0.203	0.435	0.054	0.419	0.038	0.482	0.101	
26.800	0.405	0.394	0.011	0.449	0.044	0.428	0.023	0.534	0.129	0.590	0.185	0.465	0.060	0.452	0.047	0.515	0.111	
27.100	0.429	0.407	0.021	0.463	0.035	0.442	0.014	0.541	0.112	0.592	0.164	0.480	0.051	0.468	0.040	0.531	0.103	
27.800	0.452	0.439	0.013	0.497	0.044	0.476	0.024	0.556	0.104	0.599	0.147	0.514	0.061	0.505	0.053	0.567	0.115	
28.000	0.476	0.449	0.028	0.506	0.030	0.486	0.010	0.560	0.084	0.601	0.125	0.523	0.047	0.515	0.039	0.577	0.101	
28.200	0.500	0.458	0.042	0.516	0.016	0.496	0.004	0.565	0.065	0.603	0.103	0.532	0.032	0.526	0.026	0.586	0.086	
28.800	0.524	0.496	0.038	0.543	0.020	0.525	0.001	0.578	0.054	0.608	0.084	0.560	0.036	0.556	0.032	0.614	0.090	
29.300	0.548	0.509	0.038	0.566	0.018	0.548	0.000	0.588	0.041	0.612	0.065	0.582	0.034	0.580	0.032	0.635	0.087	
29.600	0.571	0.523	0.048	0.579	0.008	0.562	0.009	0.594	0.023	0.615	0.044	0.595	0.023	0.594	0.022	0.647	0.076	
31.200	0.595	0.597	0.002	0.646	0.050	0.633	0.038	0.626	0.031	0.629	0.034	0.659	0.064	0.664	0.069	0.706	0.111	
31.400	0.619	0.606	0.013	0.653	0.034	0.641	0.022	0.630	0.011	0.631	0.012	0.666	0.047	0.672	0.053	0.713	0.094	
32.000	0.643	0.633	0.010	0.676	0.033	0.666	0.023	0.642	0.001	0.636	0.007	0.688	0.045	0.695	0.053	0.732	0.089	
32.400	0.667	0.651	0.016	0.691	0.024	0.682	0.015	0.649	0.017	0.639	0.027	0.702	0.035	0.710	0.044	0.743	0.077	
33.200	0.690	0.685	0.006	0.719	0.028	0.712	0.022	0.664	0.027	0.646	0.045	0.728	0.038	0.738	0.048	0.765	0.075	
33.700	0.714	0.705	0.009	0.735	0.021	0.730	0.016	0.673	0.041	0.650	0.064	0.743	0.029	0.755	0.040	0.778	0.064	
35.000	0.738	0.755	0.017	0.774	0.036	0.774	0.036	0.695	0.043	0.660	0.078	0.780	0.042	0.793	0.055	0.807	0.069	
35.000	0.762	0.755	0.006	0.774	0.012	0.774	0.012	0.695	0.067	0.660	0.102	0.780	0.018	0.793	0.032	0.807	0.046	
35.200	0.786	0.763	0.023	0.780	0.006	0.780	0.006	0.698	0.087	0.662	0.124	0.785	0.000	0.799	0.013	0.812	0.026	
35.500	0.810	0.773	0.036	0.788	0.021	0.789	0.020	0.703	0.106	0.664	0.145	0.793	0.017	0.807	0.003	0.818	0.008	
38.300	0.833	0.860	0.026	0.853	0.020	0.861	0.027	0.746	0.087	0.686	0.148	0.853	0.020	0.869	0.035	0.864	0.031	
38.400	0.857	0.862	0.005	0.855	0.002	0.863	0.006	0.748	0.109	0.686	0.171	0.855	0.002	0.870	0.013	0.866	0.008	
41.600	0.881	0.929	0.048	0.907	0.026	0.919	0.038	0.790	0.091	0.709	0.172	0.903	0.022	0.918	0.037	0.902	0.021	
42.300	0.905	0.939	0.034	0.916	0.011	0.928	0.023	0.799	0.106	0.714	0.191	0.911	0.006	0.926	0.021	0.909	0.004	
45.000	0.929	0.969	0.040	0.943	0.015	0.955	0.027	0.828	0.100	0.732	0.197	0.937	0.009	0.950	0.021	0.929	0.000	
46.100	0.952	0.977	0.025	0.952	0.000	0.963	0.011	0.839	0.113	0.739	0.214	0.945	0.007	0.957	0.005	0.936	0.017	
47.500	0.976	0.985	0.008	0.961	0.015	0.972	0.004	0.853	0.124	0.747	0.229	0.954	0.022	0.965	0.011	0.943	0.033	
DELTA MAXIMO			0.063		0.075		0.076		0.229		0.443		0.081		0.101		0.126	

CUADROS A2.3: Resultados HEC-HMS Tr = 50 años.

HEC-HMS, Resultados series de tiempo y Caudal, Tr = 50 años:
SUBCUENCA "A"

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m ³ /s)	Flujo Base (m ³ /s)	Flujo Total (m ³ /s)
01-ene-15	00:00				0.0	0	0.0
01-ene-15	00:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:30	06:14	0.26	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:00	06:14	0.26	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:30	06:43	0.28	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:00	06:43	0.28	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:30	07:12	0.3	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:00	07:12	0.3	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:30	07:55	0.33	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:00	07:55	0.33	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:30	08:38	0.36	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:00	08:38	0.36	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:30	10:04	0.42	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:00	10:04	0.42	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:30	11:02	0.46	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:00	11:02	0.46	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:30	12:14	0.51	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:00	12:14	0.51	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:30	15:50	0.66	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:00	15:50	0.66	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:30	19:55	0.83	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:00	19:55	0.83	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:30	07:40	1.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:00	07:40	1.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:30	10:04	10.25	0.17	0.7	0	0.7
01-ene-15	13:00	10:04	8.58	1.84	10.2	0	10.2
01-ene-15	13:30	15:50	1.92	0.74	32.8	0	32.8
01-ene-15	14:00	15:50	1.82	0.83	69.0	0	69.0
01-ene-15	14:30	04:04	0.78	0.39	100.2	0	100.2
01-ene-15	15:00	04:04	0.76	0.41	119.0	0	119.0
01-ene-15	15:30	19:40	0.52	0.3	122.7	0	122.7
01-ene-15	16:00	19:40	0.51	0.3	113.9	0	113.9
01-ene-15	16:30	15:21	0.4	0.24	101.1	0	101.1
01-ene-15	17:00	15:21	0.4	0.25	88.9	0	88.9
01-ene-15	17:30	12:43	0.32	0.21	78.3	0	78.3
01-ene-15	18:00	12:43	0.32	0.21	69.4	0	69.4

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m3/s)	Flujo Base (m3/s)	Flujo Total (m3/s)
01-ene-15	18:00	12:43	0.32	0.21	69.4	0	69.4
01-ene-15	18:30	11:16	0.28	0.19	62.0	0	62.0
01-ene-15	19:00	11:16	0.28	0.19	55.9	0	55.9
01-ene-15	19:30	09:50	0.24	0.17	50.9	0	50.9
01-ene-15	20:00	09:50	0.24	0.17	46.8	0	46.8
01-ene-15	20:30	08:09	0.2	0.15	43.3	0	43.3
01-ene-15	21:00	08:09	0.2	0.15	40.3	0	40.3
01-ene-15	21:30	07:26	0.18	0.13	37.5	0	37.5
01-ene-15	22:00	07:26	0.18	0.13	35.0	0	35.0
01-ene-15	22:30	07:12	0.17	0.13	32.8	0	32.8
01-ene-15	23:00	07:12	0.17	0.13	30.9	0	30.9
01-ene-15	23:30	06:43	0.16	0.13	29.3	0	29.3
02-ene-15	00:00	06:43	0.16	0.13	28.1	0	28.1
02-ene-15	00:30	06:43	0.15	0.12	27.2	0	27.2
02-ene-15	01:00	06:43	0.15	0.12	26.5	0	26.5
02-ene-15	01:30	00:00	0	0	25.4	0	25.4
02-ene-15	02:00	00:00	0	0	23.2	0	23.2
02-ene-15	02:30	00:00	0	0	19.6	0	19.6
02-ene-15	03:00	00:00	0	0	15.2	0	15.2
02-ene-15	03:30	00:00	0	0	11.0	0	11.0
02-ene-15	04:00	00:00	0	0	7.6	0	7.6
02-ene-15	04:30	00:00	0	0	5.2	0	5.2
02-ene-15	05:00	00:00	0	0	3.6	0	3.6
02-ene-15	05:30	00:00	0	0	2.4	0	2.4
02-ene-15	06:00	00:00	0	0	1.7	0	1.7
02-ene-15	06:30	00:00	0	0	1.1	0	1.1
02-ene-15	07:00	00:00	0	0	0.8	0	0.8
02-ene-15	07:30	00:00	0	0	0.5	0	0.5
02-ene-15	08:00	00:00	0	0	0.4	0	0.4
02-ene-15	08:30	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	09:00	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	09:30	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	10:00	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	10:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	17:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0

HEC-HMS, Resultados series de tiempo y Caudal, Tr = 50 años:
SUBCUENCA "B"

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m3/s)	Flujo Base (m3/s)	Flujo Total (m3/s)
01-ene-15	00:00				0.0	0	0.0
01-ene-15	00:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:30	07:12	0.3	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:00	07:12	0.3	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:30	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:00	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:30	08:38	0.36	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:00	08:38	0.36	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:30	09:07	0.38	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:00	09:07	0.38	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:30	10:04	0.42	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:00	10:04	0.42	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:30	11:31	0.48	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:00	11:31	0.48	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:30	12:57	0.54	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:00	12:57	0.54	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:30	14:24	0.6	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:00	14:24	0.6	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:30	18:28	0.77	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:00	18:28	0.77	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:30	23:02	0.96	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:00	23:02	0.96	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:30	12:57	1.54	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:00	12:57	1.54	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:30	04:04	11.17	1	2.0	0	2.0
01-ene-15	13:00	04:04	8.57	3.6	13.4	0	13.4
01-ene-15	13:30	02:24	1.87	1.23	36.8	0	36.8
01-ene-15	14:00	02:24	1.76	1.34	75.2	0	75.2
01-ene-15	14:30	08:38	0.74	0.62	123.4	0	123.4

01-ene-15	15:00	08:38	0.72	0.64	165.5	0	165.5
01-ene-15	15:30	22:48	0.49	0.46	194.3	0	194.3
01-ene-15	16:00	22:48	0.49	0.46	208.1	0	208.1
01-ene-15	16:30	18:14	0.38	0.38	207.8	0	207.8
01-ene-15	17:00	18:14	0.37	0.38	196.4	0	196.4
01-ene-15	17:30	14:52	0.3	0.32	176.9	0	176.9
01-ene-15	18:00	14:52	0.3	0.32	158.0	0	158.0
01-ene-15	18:30	12:57	0.26	0.28	140.9	0	140.9
01-ene-15	19:00	12:57	0.26	0.29	126.7	0	126.7
01-ene-15	19:30	11:31	0.22	0.25	114.1	0	114.1
01-ene-15	20:00	11:31	0.22	0.25	103.2	0	103.2
01-ene-15	20:30	09:36	0.19	0.22	93.9	0	93.9
01-ene-15	21:00	09:36	0.19	0.22	85.7	0	85.7
01-ene-15	21:30	08:38	0.16	0.2	78.7	0	78.7
01-ene-15	22:00	08:38	0.16	0.2	72.5	0	72.5
01-ene-15	22:30	08:24	0.16	0.19	67.1	0	67.1
01-ene-15	23:00	08:24	0.16	0.19	62.3	0	62.3
01-ene-15	23:30	08:09	0.15	0.19	58.2	0	58.2
02-ene-15	00:00	08:09	0.15	0.19	54.7	0	54.7
02-ene-15	00:30	07:40	0.14	0.18	51.8	0	51.8
02-ene-15	01:00	07:40	0.14	0.18	49.4	0	49.4
02-ene-15	01:30	00:00	0	0	47.1	0	47.1

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m ³ /s)	Flujo Base (m ³ /s)	Flujo Total (m ³ /s)
02-ene-15	02:00	00:00	0	0	44.3	0	44.3
02-ene-15	02:30	00:00	0	0	40.7	0	40.7
02-ene-15	03:00	00:00	0	0	35.8	0	35.8
02-ene-15	03:30	00:00	0	0	30.2	0	30.2
02-ene-15	04:00	00:00	0	0	24.6	0	24.6
02-ene-15	04:30	00:00	0	0	19.5	0	19.5
02-ene-15	05:00	00:00	0	0	15.0	0	15.0
02-ene-15	05:30	00:00	0	0	11.3	0	11.3
02-ene-15	06:00	00:00	0	0	8.6	0	8.6
02-ene-15	06:30	00:00	0	0	6.6	0	6.6
02-ene-15	07:00	00:00	0	0	5.0	0	5.0
02-ene-15	07:30	00:00	0	0	3.8	0	3.8
02-ene-15	08:00	00:00	0	0	2.9	0	2.9
02-ene-15	08:30	00:00	0	0	2.2	0	2.2
02-ene-15	09:00	00:00	0	0	1.7	0	1.7
02-ene-15	09:30	00:00	0	0	1.3	0	1.3
02-ene-15	10:00	00:00	0	0	0.9	0	0.9
02-ene-15	10:30	00:00	0	0	0.7	0	0.7
02-ene-15	11:00	00:00	0	0	0.5	0	0.5
02-ene-15	11:30	00:00	0	0	0.4	0	0.4
02-ene-15	12:00	00:00	0	0	0.3	0	0.3
02-ene-15	12:30	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	13:00	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	13:30	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	14:00	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	14:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	17:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0

HEC-HMS, Resultados series de tiempo y Caudal, Tr = 50 años:
SUBCUENCA "C"

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m3/s)	Flujo Base (m3/s)	Flujo Total (m3/s)
01-ene-15	00:00				0.0	0	0.0
01-ene-15	00:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:30	07:12	0.3	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:00	07:12	0.3	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:30	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:00	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:30	08:38	0.36	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:00	08:38	0.36	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:30	09:07	0.38	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:00	09:07	0.38	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:30	10:04	0.42	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:00	10:04	0.42	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:30	11:31	0.48	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:00	11:31	0.48	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:30	12:57	0.54	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:00	12:57	0.54	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:30	14:24	0.6	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:00	14:24	0.6	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:30	18:14	0.76	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:00	18:14	0.76	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:30	23:02	0.96	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:00	23:02	0.96	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:30	12:28	1.52	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:00	12:28	1.52	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:30	02:24	11.99	0.12	0.7	0	0.7
01-ene-15	13:00	02:24	10.24	1.87	13.0	0	13.0
01-ene-15	13:30	01:55	2.29	0.79	45.0	0	45.0
01-ene-15	14:00	01:55	2.19	0.89	81.7	0	81.7
01-ene-15	14:30	08:38	0.93	0.43	103.3	0	103.3
01-ene-15	15:00	08:38	0.91	0.44	106.7	0	106.7
01-ene-15	15:30	22:33	0.62	0.32	95.0	0	95.0
01-ene-15	16:00	22:33	0.62	0.33	82.3	0	82.3
01-ene-15	16:30	18:00	0.48	0.27	70.2	0	70.2
01-ene-15	17:00	18:00	0.48	0.27	60.8	0	60.8
01-ene-15	17:30	14:52	0.39	0.23	53.3	0	53.3

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m3/s)	Flujo Base (m3/s)	Flujo Total (m3/s)
01-ene-15	18:00	14:52	0.38	0.23	47.3	0	47.3
01-ene-15	18:30	12:57	0.34	0.21	42.5	0	42.5
01-ene-15	19:00	12:57	0.33	0.21	38.8	0	38.8
01-ene-15	19:30	11:31	0.29	0.19	35.8	0	35.8
01-ene-15	20:00	11:31	0.29	0.19	33.4	0	33.4
01-ene-15	20:30	09:36	0.24	0.16	31.2	0	31.2
01-ene-15	21:00	09:36	0.24	0.16	29.1	0	29.1
01-ene-15	21:30	08:38	0.21	0.15	27.2	0	27.2
01-ene-15	22:00	08:38	0.21	0.15	25.5	0	25.5
01-ene-15	22:30	08:09	0.2	0.14	24.1	0	24.1
01-ene-15	23:00	08:09	0.2	0.14	23.0	0	23.0
01-ene-15	23:30	07:55	0.19	0.14	22.1	0	22.1
02-ene-15	00:00	07:55	0.19	0.14	21.5	0	21.5
02-ene-15	00:30	07:40	0.19	0.13	21.0	0	21.0
02-ene-15	01:00	07:40	0.18	0.14	20.6	0	20.6
02-ene-15	01:30	00:00	0	0	19.5	0	19.5
02-ene-15	02:00	00:00	0	0	16.6	0	16.6
02-ene-15	02:30	00:00	0	0	12.3	0	12.3
02-ene-15	03:00	00:00	0	0	8.1	0	8.1
02-ene-15	03:30	00:00	0	0	5.0	0	5.0
02-ene-15	04:00	00:00	0	0	3.1	0	3.1
02-ene-15	04:30	00:00	0	0	1.9	0	1.9
02-ene-15	05:00	00:00	0	0	1.2	0	1.2
02-ene-15	05:30	00:00	0	0	0.7	0	0.7
02-ene-15	06:00	00:00	0	0	0.4	0	0.4
02-ene-15	06:30	00:00	0	0	0.3	0	0.3
02-ene-15	07:00	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	07:30	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	08:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	08:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	09:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	09:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	10:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	10:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	17:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0

HEC-HMS, Resultados series de tiempo y Caudal, Tr = 50 años:
SUBCUENCA "D"

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m3/s)	Flujo Base (m3/s)	Flujo Total (m3/s)
01-ene-15	00:00				0.0	0	0.0
01-ene-15	00:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:30	07:12	0.3	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:00	07:12	0.3	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:30	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:00	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:30	08:38	0.36	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:00	08:38	0.36	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:30	09:07	0.38	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:00	09:07	0.38	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:30	10:04	0.42	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:00	10:04	0.42	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:30	11:31	0.48	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:00	11:31	0.48	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:30	12:57	0.54	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:00	12:57	0.54	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:30	14:24	0.6	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:00	14:24	0.6	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:30	18:14	0.76	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:00	18:14	0.76	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:30	23:02	0.96	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:00	23:02	0.96	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:30	12:28	1.52	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:00	12:28	1.52	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:30	02:24	12.05	0.06	0.1	0	0.1
01-ene-15	13:00	02:24	10.49	1.61	4.1	0	4.1
01-ene-15	13:30	01:55	2.36	0.72	14.0	0	14.0
01-ene-15	14:00	01:55	2.25	0.83	32.1	0	32.1
01-ene-15	14:30	08:38	0.96	0.4	51.1	0	51.1
01-ene-15	15:00	08:38	0.94	0.41	65.5	0	65.5
01-ene-15	15:30	22:33	0.65	0.3	72.5	0	72.5
01-ene-15	16:00	22:33	0.64	0.31	73.0	0	73.0
01-ene-15	16:30	18:00	0.5	0.25	67.5	0	67.5
01-ene-15	17:00	18:00	0.49	0.26	61.2	0	61.2
01-ene-15	17:30	14:52	0.4	0.21	54.9	0	54.9
01-ene-15	18:00	14:52	0.4	0.22	49.4	0	49.4
01-ene-15	18:30	12:57	0.35	0.2	44.6	0	44.6
01-ene-15	19:00	12:57	0.35	0.2	40.6	0	40.6
01-ene-15	19:30	11:31	0.3	0.18	37.1	0	37.1
01-ene-15	20:00	11:31	0.3	0.18	34.2	0	34.2
01-ene-15	20:30	09:36	0.25	0.15	31.7	0	31.7
01-ene-15	21:00	09:36	0.25	0.15	29.5	0	29.5
01-ene-15	21:30	08:38	0.22	0.14	27.6	0	27.6
01-ene-15	22:00	08:38	0.22	0.14	25.8	0	25.8
01-ene-15	22:30	08:09	0.21	0.13	24.2	0	24.2
01-ene-15	23:00	08:09	0.21	0.14	22.8	0	22.8
01-ene-15	23:30	07:55	0.2	0.13	21.6	0	21.6
02-ene-15	00:00	07:55	0.2	0.13	20.6	0	20.6
02-ene-15	00:30	07:40	0.19	0.13	19.8	0	19.8
02-ene-15	01:00	07:40	0.19	0.13	19.2	0	19.2
02-ene-15	01:30	00:00	0	0	18.4	0	18.4

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m3/s)	Flujo Base (m3/s)	Flujo Total (m3/s)
02-ene-15	01:30	00:00	0	0	18.4	0	18.4
02-ene-15	02:00	00:00	0	0	17.1	0	17.1
02-ene-15	02:30	00:00	0	0	15.0	0	15.0
02-ene-15	03:00	00:00	0	0	12.2	0	12.2
02-ene-15	03:30	00:00	0	0	9.3	0	9.3
02-ene-15	04:00	00:00	0	0	6.8	0	6.8
02-ene-15	04:30	00:00	0	0	4.8	0	4.8
02-ene-15	05:00	00:00	0	0	3.4	0	3.4
02-ene-15	05:30	00:00	0	0	2.4	0	2.4
02-ene-15	06:00	00:00	0	0	1.7	0	1.7
02-ene-15	06:30	00:00	0	0	1.2	0	1.2
02-ene-15	07:00	00:00	0	0	0.8	0	0.8
02-ene-15	07:30	00:00	0	0	0.6	0	0.6
02-ene-15	08:00	00:00	0	0	0.4	0	0.4
02-ene-15	08:30	00:00	0	0	0.3	0	0.3
02-ene-15	09:00	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	09:30	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	10:00	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	10:30	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	11:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	17:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0

HEC-HMS, Resultados series de tiempo y Caudal, Tr = 50 años:
SUBCUENCA "E"

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m3/s)	Flujo Base (m3/s)	Flujo Total (m3/s)
01-ene-15	00:00				0.0	0	0.0
01-ene-15	00:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:30	07:12	0.3	0	0.0	0	0.0

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m3/s)	Flujo Base (m3/s)	Flujo Total (m3/s)
01-ene-15	02:00	07:12	0.3	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:30	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:00	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:30	08:38	0.36	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:00	08:38	0.36	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:30	09:07	0.38	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:00	09:07	0.38	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:30	10:04	0.42	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:00	10:04	0.42	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:30	11:31	0.48	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:00	11:31	0.48	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:30	12:57	0.54	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:00	12:57	0.54	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:30	14:24	0.6	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:00	14:24	0.6	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:30	18:28	0.77	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:00	18:28	0.77	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:30	23:02	0.96	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:00	23:02	0.96	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:30	12:57	1.54	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:00	12:57	1.54	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:30	04:04	11.56	0.61	2.3	0	2.3
01-ene-15	13:00	04:04	9.17	3	18.8	0	18.8
01-ene-15	13:30	02:24	2.02	1.08	54.7	0	54.7
01-ene-15	14:00	02:24	1.91	1.19	101.1	0	101.1
01-ene-15	14:30	08:38	0.81	0.56	131.4	0	131.4
01-ene-15	15:00	08:38	0.79	0.58	141.5	0	141.5
01-ene-15	15:30	22:48	0.54	0.41	132.9	0	132.9
01-ene-15	16:00	22:48	0.53	0.42	114.6	0	114.6
01-ene-15	16:30	18:14	0.42	0.34	98.0	0	98.0

01-ene-15	17:00	18:14	0.41	0.34	83.8	0	83.8
01-ene-15	17:30	14:52	0.33	0.29	72.4	0	72.4
01-ene-15	18:00	14:52	0.33	0.29	63.2	0	63.2
01-ene-15	18:30	12:57	0.29	0.26	55.9	0	55.9
01-ene-15	19:00	12:57	0.28	0.26	50.1	0	50.1
01-ene-15	19:30	11:31	0.25	0.23	45.5	0	45.5
01-ene-15	20:00	11:31	0.24	0.23	41.7	0	41.7
01-ene-15	20:30	09:36	0.21	0.2	38.5	0	38.5
01-ene-15	21:00	09:36	0.21	0.2	35.8	0	35.8
01-ene-15	21:30	08:38	0.18	0.18	33.2	0	33.2
01-ene-15	22:00	08:38	0.18	0.18	30.9	0	30.9
01-ene-15	22:30	08:24	0.17	0.18	28.9	0	28.9
01-ene-15	23:00	08:24	0.17	0.18	27.3	0	27.3
01-ene-15	23:30	08:09	0.17	0.17	26.1	0	26.1
02-ene-15	00:00	08:09	0.16	0.17	25.2	0	25.2
02-ene-15	00:30	07:40	0.16	0.16	24.5	0	24.5
02-ene-15	01:00	07:40	0.16	0.16	23.9	0	23.9
02-ene-15	01:30	00:00	0	0	22.8	0	22.8
02-ene-15	02:00	00:00	0	0	20.4	0	20.4
02-ene-15	02:30	00:00	0	0	16.4	0	16.4
02-ene-15	03:00	00:00	0	0	12.0	0	12.0
02-ene-15	03:30	00:00	0	0	8.1	0	8.1
02-ene-15	04:00	00:00	0	0	5.3	0	5.3
02-ene-15	04:30	00:00	0	0	3.5	0	3.5
02-ene-15	05:00	00:00	0	0	2.3	0	2.3
02-ene-15	05:30	00:00	0	0	1.5	0	1.5
02-ene-15	06:00	00:00	0	0	1.0	0	1.0
02-ene-15	06:30	00:00	0	0	0.6	0	0.6
02-ene-15	07:00	00:00	0	0	0.4	0	0.4
02-ene-15	07:30	00:00	0	0	0.3	0	0.3
02-ene-15	08:00	00:00	0	0	0.2	0	0.2

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m3/s)	Flujo Base (m3/s)	Flujo Total (m3/s)
02-ene-15	08:30	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	09:00	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	09:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	10:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	10:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	17:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0

Cuadro A.6: HEC-HMS, Resultados series de tiempo y Caudal, $T_r = 50$ años: SUBCUEN-
CA F

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m ³ /s)	Flujo Base (m ³ /s)	Flujo Total (m ³ /s)
01-ene-15	00:00				0.0	0	0.0
01-ene-15	00:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:30	05:45	0.24	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:00	05:45	0.24	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:30	06:28	0.27	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:00	06:28	0.27	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:30	06:57	0.29	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:00	06:57	0.29	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:30	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:00	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:30	08:24	0.35	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:00	08:24	0.35	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:30	09:36	0.4	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:00	09:36	0.4	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:30	10:33	0.44	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:00	10:33	0.44	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:30	11:45	0.49	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:00	11:45	0.49	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:30	15:07	0.63	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:00	15:07	0.63	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:30	18:57	0.79	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:00	18:57	0.79	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:30	06:14	1.26	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:00	06:14	1.26	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:30	23:31	9.97	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	13:00	23:31	9.07	0.91	3.0	0	3.0
01-ene-15	13:30	12:57	2.06	0.48	12.0	0	12.0
01-ene-15	14:00	12:57	1.97	0.57	23.3	0	23.3
01-ene-15	14:30	02:52	0.84	0.28	31.1	0	31.1
01-ene-15	15:00	02:52	0.83	0.29	33.6	0	33.6
01-ene-15	15:30	18:43	0.57	0.21	31.2	0	31.2
01-ene-15	16:00	18:43	0.56	0.22	27.8	0	27.8
01-ene-15	16:30	14:52	0.44	0.18	24.2	0	24.2

01-ene-15	17:00	14:52	0.44	0.18	21.4	0	21.4
01-ene-15	17:30	12:00	0.35	0.15	19.0	0	19.0
01-ene-15	18:00	12:00	0.35	0.16	17.1	0	17.1
01-ene-15	18:30	10:48	0.31	0.14	15.6	0	15.6
01-ene-15	19:00	10:48	0.31	0.14	14.3	0	14.3
01-ene-15	19:30	09:21	0.26	0.13	13.3	0	13.3
01-ene-15	20:00	09:21	0.26	0.13	12.5	0	12.5
01-ene-15	20:30	07:55	0.22	0.11	11.7	0	11.7
01-ene-15	21:00	07:55	0.22	0.11	11.0	0	11.0
01-ene-15	21:30	07:12	0.2	0.1	10.3	0	10.3
01-ene-15	22:00	07:12	0.19	0.1	9.7	0	9.7
01-ene-15	22:30	06:43	0.19	0.1	9.1	0	9.1
01-ene-15	23:00	06:43	0.19	0.1	8.7	0	8.7
01-ene-15	23:30	06:43	0.18	0.1	8.5	0	8.5
02-ene-15	00:00	06:43	0.18	0.1	8.3	0	8.3
02-ene-15	00:30	06:14	0.17	0.09	8.1	0	8.1
02-ene-15	01:00	06:14	0.17	0.09	8.0	0	8.0
02-ene-15	01:30	00:00	0	0	7.5	0	7.5
02-ene-15	02:00	00:00	0	0	6.4	0	6.4
02-ene-15	02:30	00:00	0	0	4.6	0	4.6
02-ene-15	03:00	00:00	0	0	3.0	0	3.0
02-ene-15	03:30	00:00	0	0	1.8	0	1.8
02-ene-15	04:00	00:00	0	0	1.1	0	1.1
02-ene-15	04:30	00:00	0	0	0.7	0	0.7
02-ene-15	05:00	00:00	0	0	0.4	0	0.4
02-ene-15	05:30	00:00	0	0	0.3	0	0.3
02-ene-15	06:00	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	06:30	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	07:00	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	07:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	08:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	08:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	09:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	09:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	10:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	10:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	17:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0

A2.4. Resultados HEC-HMS Tr = 100 años

Cuadro A.7: HEC-HMS, Resultados series de tiempo y Caudal, Tr = 100 años: SUBCUENCA A.

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m3/s)	Flujo Base (m3/s)	Flujo Total (m3/s)
01-ene-15	00:00				0.0	0	0.0
01-ene-15	00:30	0	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:00	0	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:30	0.28	0.28	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:00	0.28	0.28	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:30	0.3	0.3	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:00	0.3	0.3	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:30	0.32	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:00	0.32	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:30	0.35	0.35	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:00	0.35	0.35	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:30	0.39	0.39	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:00	0.39	0.39	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:30	0.44	0.44	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:00	0.44	0.44	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:30	0.5	0.5	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:00	0.5	0.5	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:30	0.54	0.54	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:00	0.54	0.54	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:30	0.7	0.7	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:00	0.7	0.7	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:30	0.88	0.88	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:00	0.88	0.88	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:30	1.41	1.41	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:00	1.41	1.41	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:30	11.16	10.83	0.33	1.4	0	1.4
01-ene-15	13:00	11.16	8.85	2.31	14.3	0	14.3
01-ene-15	13:30	2.84	1.96	0.88	43.9	0	43.9
01-ene-15	14:00	2.84	1.86	0.98	89.3	0	89.3
01-ene-15	14:30	1.25	0.79	0.46	127.1	0	127.1
01-ene-15	15:00	1.25	0.77	0.48	148.4	0	148.4
01-ene-15	15:30	0.88	0.53	0.34	150.9	0	150.9
01-ene-15	16:00	0.88	0.52	0.35	138.3	0	138.3
01-ene-15	16:30	0.69	0.41	0.28	121.6	0	121.6
01-ene-15	17:00	0.69	0.4	0.29	106.2	0	106.2
01-ene-15	17:30	0.56	0.33	0.24	93.0	0	93.0
01-ene-15	18:00	0.56	0.32	0.24	82.0	0	82.0
01-ene-15	18:30	0.5	0.28	0.22	72.8	0	72.8
01-ene-15	19:00	0.5	0.28	0.22	65.3	0	65.3
01-ene-15	19:30	0.44	0.24	0.19	59.2	0	59.2

01-ene-15	20:00	0.44	0.24	0.19	54.2	0	54.2
01-ene-15	20:30	0.37	0.2	0.17	50.0	0	50.0
01-ene-15	21:00	0.37	0.2	0.17	46.4	0	46.4
01-ene-15	21:30	0.33	0.18	0.15	43.1	0	43.1
01-ene-15	22:00	0.33	0.18	0.15	40.2	0	40.2
01-ene-15	22:30	0.32	0.17	0.15	37.6	0	37.6
01-ene-15	23:00	0.32	0.17	0.15	35.4	0	35.4
01-ene-15	23:30	0.3	0.16	0.14	33.5	0	33.5
02-ene-15	00:00	0.3	0.16	0.14	32.2	0	32.2
02-ene-15	00:30	0.3	0.16	0.14	31.1	0	31.1
02-ene-15	01:00	0.3	0.15	0.14	30.3	0	30.3
02-ene-15	01:30	0	0	0	29.0	0	29.0
02-ene-15	02:00	0	0	0	26.6	0	26.6
02-ene-15	02:30	0	0	0	22.4	0	22.4
02-ene-15	03:00	0	0	0	17.4	0	17.4
02-ene-15	03:30	0	0	0	12.6	0	12.6
02-ene-15	04:00	0	0	0	8.7	0	8.7
02-ene-15	04:30	0	0	0	5.9	0	5.9
02-ene-15	05:00	0	0	0	4.1	0	4.1
02-ene-15	05:30	0	0	0	2.8	0	2.8
02-ene-15	06:00	0	0	0	1.9	0	1.9
02-ene-15	06:30	0	0	0	1.3	0	1.3
02-ene-15	07:00	0	0	0	0.9	0	0.9
02-ene-15	07:30	0	0	0	0.6	0	0.6
02-ene-15	08:00	0	0	0	0.4	0	0.4
02-ene-15	08:30	0	0	0	0.3	0	0.3
02-ene-15	09:00	0	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	09:30	0	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	10:00	0	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	10:30	0	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:00	0	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:30	0	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:00	0	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:30	0	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:00	0	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:30	0	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:00	0	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:30	0	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:00	0	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:30	0	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:00	0	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:30	0	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	17:00	0	0	0	0.0	0	0.0

Cuadro A2.5: HEC-HMS, Resultados series de tiempo y Caudal, Tr = 100 años: SUBCUENCA B

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m ³ /s)	Flujo Base (m ³ /s)	Flujo Total (m ³ /s)
01-ene-15	00:00				0.0	0	0.0
01-ene-15	00:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:30	07:26	0.31	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:00	07:26	0.31	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:30	08:09	0.34	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:00	08:09	0.34	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:30	08:52	0.37	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:00	08:52	0.37	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:30	09:36	0.4	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:00	09:36	0.4	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:30	10:33	0.44	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:00	10:33	0.44	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:30	12:00	0.5	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:00	12:00	0.5	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:30	13:26	0.56	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:00	13:26	0.56	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:30	14:52	0.62	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:00	14:52	0.62	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:30	19:12	0.8	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:00	19:12	0.8	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:30	00:14	1.01	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:00	00:14	1.01	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:30	14:24	1.6	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:00	14:24	1.6	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:30	16:48	11.46	1.24	2.5	0	2.5
01-ene-15	13:00	16:48	8.69	4	15.6	0	15.6
01-ene-15	13:30	05:45	1.88	1.35	42.3	0	42.3
01-ene-15	14:00	05:45	1.77	1.46	85.9	0	85.9
01-ene-15	14:30	10:04	0.75	0.68	139.7	0	139.7
01-ene-15	15:00	10:04	0.73	0.7	186.4	0	186.4
01-ene-15	15:30	00:00	0.5	0.5	217.7	0	217.7
01-ene-15	16:00	00:00	0.49	0.51	232.2	0	232.2
01-ene-15	16:30	18:43	0.38	0.4	231.0	0	231.0
01-ene-15	17:00	18:43	0.38	0.41	217.5	0	217.5
01-ene-15	17:30	15:21	0.3	0.34	195.2	0	195.2
01-ene-15	18:00	15:21	0.3	0.34	173.9	0	173.9
01-ene-15	18:30	13:40	0.26	0.31	154.7	0	154.7
01-ene-15	19:00	13:40	0.26	0.31	138.8	0	138.8
01-ene-15	19:30	12:00	0.22	0.27	124.7	0	124.7
01-ene-15	20:00	12:00	0.22	0.27	112.6	0	112.6
01-ene-15	20:30	10:04	0.19	0.24	102.2	0	102.2
01-ene-15	21:00	10:04	0.19	0.24	93.2	0	93.2
01-ene-15	21:30	09:07	0.17	0.21	85.4	0	85.4
01-ene-15	22:00	09:07	0.17	0.21	78.7	0	78.7
01-ene-15	22:30	08:38	0.16	0.21	72.8	0	72.8
01-ene-15	23:00	08:38	0.16	0.21	67.6	0	67.6
01-ene-15	23:30	08:24	0.15	0.2	63.1	0	63.1
02-ene-15	00:00	08:24	0.15	0.2	59.3	0	59.3
02-ene-15	00:30	08:09	0.14	0.19	56.1	0	56.1
02-ene-15	01:00	08:09	0.14	0.19	53.5	0	53.5
02-ene-15	01:30	00:00	0	0	50.9	0	50.9
02-ene-15	02:00	00:00	0	0	47.9	0	47.9
02-ene-15	02:30	00:00	0	0	43.9	0	43.9
02-ene-15	03:00	00:00	0	0	38.7	0	38.7
02-ene-15	03:30	00:00	0	0	32.6	0	32.6
02-ene-15	04:00	00:00	0	0	26.6	0	26.6
02-ene-15	04:30	00:00	0	0	21.0	0	21.0
02-ene-15	05:00	00:00	0	0	16.2	0	16.2
02-ene-15	05:30	00:00	0	0	12.2	0	12.2
02-ene-15	06:00	00:00	0	0	9.3	0	9.3
02-ene-15	06:30	00:00	0	0	7.1	0	7.1
02-ene-15	07:00	00:00	0	0	5.4	0	5.4
02-ene-15	07:30	00:00	0	0	4.1	0	4.1

02-ene-15	08:00	00:00	0	0	3.1	0	3.1
02-ene-15	08:30	00:00	0	0	2.4	0	2.4
02-ene-15	09:00	00:00	0	0	1.8	0	1.8
02-ene-15	09:30	00:00	0	0	1.4	0	1.4
02-ene-15	10:00	00:00	0	0	1.0	0	1.0
02-ene-15	10:30	00:00	0	0	0.8	0	0.8
02-ene-15	11:00	00:00	0	0	0.6	0	0.6
02-ene-15	11:30	00:00	0	0	0.4	0	0.4
02-ene-15	12:00	00:00	0	0	0.3	0	0.3
02-ene-15	12:30	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	13:00	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	13:30	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	14:00	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	14:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	17:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0

Cuadro A2.6: HEC-HMS, Resultados series de tiempo y Caudal, Tr = 100 años: SUBCUENCA C

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m ³ /s)	Flujo Base (m ³ /s)	Flujo Total (m ³ /s)
01-ene-15	00:00				0.0	0	0.0
01-ene-15	00:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:30	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:00	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:30	08:24	0.35	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:00	08:24	0.35	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:30	09:07	0.38	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:00	09:07	0.38	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:30	09:50	0.41	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:00	09:50	0.41	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:30	11:02	0.46	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:00	11:02	0.46	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:30	12:28	0.52	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:00	12:28	0.52	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:30	13:55	0.58	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:00	13:55	0.58	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:30	15:21	0.64	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:00	15:21	0.64	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:30	19:40	0.82	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:00	19:40	0.82	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:30	00:43	1.03	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:00	00:43	1.03	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:30	15:21	1.64	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:00	15:21	1.64	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:30	23:31	12.72	0.26	1.5	0	1.5
01-ene-15	13:00	23:31	10.57	2.41	19.1	0	19.1
01-ene-15	13:30	07:12	2.35	0.95	61.3	0	61.3
01-ene-15	14:00	07:12	2.24	1.07	107.2	0	107.2
01-ene-15	14:30	11:02	0.95	0.5	132.1	0	132.1
01-ene-15	15:00	11:02	0.93	0.52	133.5	0	133.5
01-ene-15	15:30	00:28	0.64	0.38	117.1	0	117.1
01-ene-15	16:00	00:28	0.63	0.39	100.3	0	100.3
01-ene-15	16:30	19:12	0.49	0.31	84.8	0	84.8
01-ene-15	17:00	19:12	0.49	0.32	72.9	0	72.9
01-ene-15	17:30	15:50	0.39	0.27	63.4	0	63.4
01-ene-15	18:00	15:50	0.39	0.27	56.0	0	56.0
01-ene-15	18:30	13:55	0.34	0.24	50.1	0	50.1
01-ene-15	19:00	13:55	0.34	0.24	45.5	0	45.5
01-ene-15	19:30	12:14	0.29	0.22	41.9	0	41.9
01-ene-15	20:00	12:14	0.29	0.22	39.0	0	39.0
01-ene-15	20:30	10:19	0.25	0.18	36.3	0	36.3
01-ene-15	21:00	10:19	0.24	0.19	33.8	0	33.8
01-ene-15	21:30	09:07	0.22	0.17	31.5	0	31.5

01-ene-15	22:00	09:07	0.22	0.17	29.5	0	29.5
01-ene-15	22:30	08:52	0.21	0.16	27.8	0	27.8
01-ene-15	23:00	08:52	0.21	0.16	26.5	0	26.5
01-ene-15	23:30	08:38	0.2	0.16	25.5	0	25.5
02-ene-15	00:00	08:38	0.19	0.16	24.8	0	24.8
02-ene-15	00:30	08:09	0.19	0.15	24.2	0	24.2
02-ene-15	01:00	08:09	0.18	0.16	23.7	0	23.7
02-ene-15	01:30	00:00	0	0	22.4	0	22.4
02-ene-15	02:00	00:00	0	0	19.1	0	19.1
02-ene-15	02:30	00:00	0	0	14.1	0	14.1
02-ene-15	03:00	00:00	0	0	9.3	0	9.3
02-ene-15	03:30	00:00	0	0	5.7	0	5.7
02-ene-15	04:00	00:00	0	0	3.5	0	3.5
02-ene-15	04:30	00:00	0	0	2.2	0	2.2
02-ene-15	05:00	00:00	0	0	1.4	0	1.4
02-ene-15	05:30	00:00	0	0	0.8	0	0.8
02-ene-15	06:00	00:00	0	0	0.5	0	0.5
02-ene-15	06:30	00:00	0	0	0.3	0	0.3
02-ene-15	07:00	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	07:30	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	08:00	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	08:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	09:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	09:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	10:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	10:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	17:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0

Cuadro A2.7: HEC-HMS, Resultados series de tiempo y Caudal, Tr = 100 años: SUBCUENCA D.

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m3/s)	Flujo Base (m3/s)	Flujo Total (m3/s)
01-ene-15	00:00				0.0	0	0.0
01-ene-15	00:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:30	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:00	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:30	08:24	0.35	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:00	08:24	0.35	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:30	09:07	0.38	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:00	09:07	0.38	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:30	09:50	0.41	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:00	09:50	0.41	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:30	11:02	0.46	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:00	11:02	0.46	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:30	12:28	0.52	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:00	12:28	0.52	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:30	13:55	0.58	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:00	13:55	0.58	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:30	15:21	0.64	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:00	15:21	0.64	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:30	19:40	0.82	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:00	19:40	0.82	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:30	00:43	1.03	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:00	00:43	1.03	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:30	15:21	1.64	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:00	15:21	1.64	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:30	23:31	12.82	0.17	0.4	0	0.4
01-ene-15	13:00	23:31	10.85	2.14	6.0	0	6.0
01-ene-15	13:30	07:12	2.43	0.88	19.7	0	19.7
01-ene-15	14:00	07:12	2.31	0.99	43.5	0	43.5
01-ene-15	14:30	11:02	0.98	0.47	67.6	0	67.6
01-ene-15	15:00	11:02	0.96	0.49	85.0	0	85.0
01-ene-15	15:30	00:28	0.66	0.36	92.7	0	92.7
01-ene-15	16:00	00:28	0.65	0.36	91.9	0	91.9
01-ene-15	16:30	19:12	0.51	0.3	83.9	0	83.9
01-ene-15	17:00	19:12	0.5	0.3	75.2	0	75.2
01-ene-15	17:30	15:50	0.41	0.25	66.9	0	66.9
01-ene-15	18:00	15:50	0.41	0.25	59.9	0	59.9
01-ene-15	18:30	13:55	0.36	0.23	53.7	0	53.7
01-ene-15	19:00	13:55	0.35	0.23	48.6	0	48.6
01-ene-15	19:30	12:14	0.31	0.2	44.2	0	44.2
01-ene-15	20:00	12:14	0.3	0.21	40.6	0	40.6
01-ene-15	20:30	10:19	0.25	0.18	37.5	0	37.5
01-ene-15	21:00	10:19	0.25	0.18	34.8	0	34.8
01-ene-15	21:30	09:07	0.23	0.16	32.4	0	32.4
01-ene-15	22:00	09:07	0.22	0.16	30.2	0	30.2
01-ene-15	22:30	08:52	0.21	0.16	28.2	0	28.2
01-ene-15	23:00	08:52	0.21	0.16	26.6	0	26.6
01-ene-15	23:30	08:38	0.2	0.15	25.2	0	25.2
02-ene-15	00:00	08:38	0.2	0.15	24.0	0	24.0
02-ene-15	00:30	08:09	0.19	0.15	23.0	0	23.0
02-ene-15	01:00	08:09	0.19	0.15	22.3	0	22.3
02-ene-15	01:30	00:00	0	0	21.4	0	21.4
02-ene-15	02:00	00:00	0	0	19.9	0	19.9
02-ene-15	02:30	00:00	0	0	17.3	0	17.3
02-ene-15	03:00	00:00	0	0	14.1	0	14.1
02-ene-15	03:30	00:00	0	0	10.8	0	10.8
02-ene-15	04:00	00:00	0	0	7.8	0	7.8
02-ene-15	04:30	00:00	0	0	5.5	0	5.5
02-ene-15	05:00	00:00	0	0	3.9	0	3.9
02-ene-15	05:30	00:00	0	0	2.8	0	2.8
02-ene-15	06:00	00:00	0	0	2.0	0	2.0
02-ene-15	06:30	00:00	0	0	1.4	0	1.4
02-ene-15	07:00	00:00	0	0	1.0	0	1.0
02-ene-15	07:30	00:00	0	0	0.7	0	0.7
02-ene-15	08:00	00:00	0	0	0.5	0	0.5
02-ene-15	08:30	00:00	0	0	0.3	0	0.3

02-ene-15	09:00	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	09:30	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	10:00	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	10:30	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	11:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	17:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0

Cuadro A2.8: HEC-HMS, Resultados series de tiempo y Caudal, Tr = 100 años: SUBCUENCA E

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m3/s)	Flujo Base (m3/s)	Flujo Total (m3/s)
01-ene-15	00:00				0.0	0	0.0
01-ene-15	00:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:30	07:26	0.31	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:00	07:26	0.31	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:30	08:09	0.34	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:00	08:09	0.34	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:30	08:52	0.37	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:00	08:52	0.37	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:30	09:36	0.4	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:00	09:36	0.4	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:30	10:33	0.44	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:00	10:33	0.44	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:30	12:00	0.5	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:00	12:00	0.5	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:30	13:26	0.56	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:00	13:26	0.56	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:30	14:52	0.62	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:00	14:52	0.62	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:30	19:12	0.8	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:00	19:12	0.8	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:30	00:14	1.01	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:00	00:14	1.01	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:30	14:24	1.6	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:00	14:24	1.6	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:30	16:48	11.91	0.79	3.0	0	3.0
01-ene-15	13:00	16:48	9.32	3.38	22.4	0	22.4
01-ene-15	13:30	05:45	2.04	1.19	63.7	0	63.7
01-ene-15	14:00	05:45	1.93	1.31	115.9	0	115.9
01-ene-15	14:30	10:04	0.82	0.61	149.2	0	149.2
01-ene-15	15:00	10:04	0.8	0.63	159.3	0	159.3
01-ene-15	15:30	00:00	0.55	0.45	148.5	0	148.5
01-ene-15	16:00	00:00	0.54	0.46	127.4	0	127.4
01-ene-15	16:30	18:43	0.42	0.37	108.5	0	108.5
01-ene-15	17:00	18:43	0.41	0.37	92.4	0	92.4
01-ene-15	17:30	15:21	0.33	0.31	79.6	0	79.6
01-ene-15	18:00	15:21	0.33	0.31	69.3	0	69.3
01-ene-15	18:30	13:40	0.29	0.28	61.1	0	61.1
01-ene-15	19:00	13:40	0.29	0.28	54.6	0	54.6
01-ene-15	19:30	12:00	0.25	0.25	49.5	0	49.5
01-ene-15	20:00	12:00	0.25	0.25	45.3	0	45.3
01-ene-15	20:30	10:04	0.21	0.22	41.9	0	41.9
01-ene-15	21:00	10:04	0.21	0.22	38.9	0	38.9
01-ene-15	21:30	09:07	0.18	0.2	36.1	0	36.1
01-ene-15	22:00	09:07	0.18	0.2	33.6	0	33.6
01-ene-15	22:30	08:38	0.18	0.19	31.4	0	31.4
02-ene-15	11:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	17:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0

Cuadro A2.9: HEC-HMS, Resultados series de tiempo y Caudal, Tr = 100 años: SUBCUENCA F

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m ³ /s)	Flujo Base (m ³ /s)	Flujo Total (m ³ /s)
01-ene-15	00:00				0.0	0	0.0
01-ene-15	00:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:30	06:14	0.26	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:00	06:14	0.26	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:30	06:43	0.28	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:00	06:43	0.28	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:30	07:12	0.3	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:00	07:12	0.3	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:30	07:55	0.33	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:00	07:55	0.33	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:30	08:38	0.36	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:00	08:38	0.36	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:30	10:04	0.42	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:00	10:04	0.42	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:30	11:02	0.46	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:00	11:02	0.46	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:30	12:28	0.52	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:00	12:28	0.52	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:30	15:50	0.66	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:00	15:50	0.66	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:30	19:55	0.83	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:00	19:55	0.83	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:30	07:40	1.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:00	07:40	1.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:30	11:31	10.46	0.01	0.0	0	0.0
01-ene-15	13:00	11:31	9.31	1.17	4.0	0	4.0
01-ene-15	13:30	15:50	2.1	0.56	15.5	0	15.5
01-ene-15	14:00	15:50	2.01	0.65	29.3	0	29.3
01-ene-15	14:30	04:19	0.86	0.32	38.3	0	38.3
01-ene-15	15:00	04:19	0.84	0.33	40.5	0	40.5
01-ene-15	15:30	19:40	0.58	0.24	37.0	0	37.0
01-ene-15	16:00	19:40	0.57	0.25	32.6	0	32.6
01-ene-15	16:30	15:36	0.45	0.2	28.1	0	28.1
01-ene-15	17:00	15:36	0.44	0.21	24.7	0	24.7
01-ene-15	17:30	12:43	0.36	0.17	21.8	0	21.8
01-ene-15	18:00	12:43	0.35	0.18	19.5	0	19.5
01-ene-15	18:30	11:16	0.31	0.16	17.7	0	17.7
01-ene-15	19:00	11:16	0.31	0.16	16.2	0	16.2
01-ene-15	19:30	09:50	0.27	0.14	15.0	0	15.0
01-ene-15	20:00	09:50	0.27	0.14	14.1	0	14.1
01-ene-15	20:30	08:24	0.23	0.12	13.2	0	13.2
01-ene-15	21:00	08:24	0.23	0.12	12.3	0	12.3
01-ene-15	21:30	07:26	0.2	0.11	11.6	0	11.6
01-ene-15	22:00	07:26	0.2	0.11	10.9	0	10.9
01-ene-15	22:30	07:12	0.19	0.11	10.3	0	10.3
01-ene-15	23:00	07:12	0.19	0.11	9.8	0	9.8
01-ene-15	23:30	06:57	0.18	0.11	9.5	0	9.5
02-ene-15	00:00	06:57	0.18	0.11	9.3	0	9.3
02-ene-15	00:30	06:43	0.17	0.1	9.1	0	9.1
02-ene-15	01:00	06:43	0.17	0.1	8.9	0	8.9
02-ene-15	01:30	00:00	0	0	8.4	0	8.4
02-ene-15	02:00	00:00	0	0	7.1	0	7.1
02-ene-15	02:30	00:00	0	0	5.2	0	5.2
02-ene-15	03:00	00:00	0	0	3.4	0	3.4
02-ene-15	03:30	00:00	0	0	2.1	0	2.1
02-ene-15	04:00	00:00	0	0	1.3	0	1.3
02-ene-15	04:30	00:00	0	0	0.8	0	0.8
02-ene-15	05:00	00:00	0	0	0.5	0	0.5
02-ene-15	05:30	00:00	0	0	0.3	0	0.3
02-ene-15	06:00	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	06:30	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	07:00	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	07:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0

02-ene-15	08:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	08:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	09:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	09:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	10:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	10:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	17:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0

A.4. Resultados HEC-HMS Tr = 200 años

Cuadro A2.10: HEC-HMS, Resultados series de tiempo y Caudal, Tr = 200 años: SUBCUENCA A

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m3/s)	Flujo Base (m3/s)	Flujo Total (m3/s)
01-ene-15	00:00				0.0	0	0.0
01-ene-15	00:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:30	06:57	0.29	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:00	06:57	0.29	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:30	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:00	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:30	08:09	0.34	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:00	08:09	0.34	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:30	09:07	0.38	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:00	09:07	0.38	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:30	10:04	0.42	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:00	10:04	0.42	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:30	11:16	0.47	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:00	11:16	0.47	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:30	12:43	0.53	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:00	12:43	0.53	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:30	13:55	0.58	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:00	13:55	0.58	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:30	18:00	0.75	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:00	18:00	0.75	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:30	22:33	0.94	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:00	22:33	0.94	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:30	12:00	1.5	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:00	12:00	1.5	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:30	21:21	11.37	0.52	2.2	0	2.2
01-ene-15	13:00	21:21	9.08	2.81	19.0	0	19.0
01-ene-15	13:30	00:43	2	1.03	56.6	0	56.6
01-ene-15	14:00	00:43	1.9	1.13	112.0	0	112.0
01-ene-15	14:30	08:09	0.8	0.53	156.6	0	156.6
01-ene-15	15:00	08:09	0.79	0.55	180.4	0	180.4
01-ene-15	15:30	22:19	0.54	0.39	181.2	0	181.2
01-ene-15	16:00	22:19	0.53	0.4	164.4	0	164.4
01-ene-15	16:30	17:45	0.41	0.32	143.5	0	143.5
01-ene-15	17:00	17:45	0.41	0.33	124.5	0	124.5
01-ene-15	17:30	14:24	0.33	0.27	108.4	0	108.4
01-ene-15	18:00	14:24	0.33	0.28	95.1	0	95.1
01-ene-15	18:30	12:57	0.29	0.25	84.2	0	84.2
01-ene-15	19:00	12:57	0.28	0.25	75.2	0	75.2
01-ene-15	19:30	11:02	0.25	0.22	68.0	0	68.0

01-ene-15	20:00	11:02	0.24	0.22	62.2	0	62.2
01-ene-15	20:30	09:36	0.21	0.19	57.3	0	57.3
01-ene-15	21:00	09:36	0.2	0.19	53.0	0	53.0
01-ene-15	21:30	08:38	0.18	0.17	49.2	0	49.2
01-ene-15	22:00	08:38	0.18	0.17	45.9	0	45.9
01-ene-15	22:30	08:09	0.17	0.17	42.8	0	42.8
01-ene-15	23:00	08:09	0.17	0.17	40.2	0	40.2
01-ene-15	23:30	07:40	0.16	0.16	38.1	0	38.1
02-ene-15	00:00	07:40	0.16	0.16	36.5	0	36.5
02-ene-15	00:30	07:40	0.16	0.16	35.2	0	35.2
02-ene-15	01:00	07:40	0.16	0.16	34.3	0	34.3
02-ene-15	01:30	00:00	0	0	32.8	0	32.8
02-ene-15	02:00	00:00	0	0	30.0	0	30.0
02-ene-15	02:30	00:00	0	0	25.3	0	25.3
02-ene-15	03:00	00:00	0	0	19.7	0	19.7
02-ene-15	03:30	00:00	0	0	14.3	0	14.3
02-ene-15	04:00	00:00	0	0	9.8	0	9.8
02-ene-15	04:30	00:00	0	0	6.7	0	6.7
02-ene-15	05:00	00:00	0	0	4.6	0	4.6
02-ene-15	05:30	00:00	0	0	3.2	0	3.2
02-ene-15	06:00	00:00	0	0	2.2	0	2.2
02-ene-15	06:30	00:00	0	0	1.5	0	1.5
02-ene-15	07:00	00:00	0	0	1.0	0	1.0
02-ene-15	07:30	00:00	0	0	0.7	0	0.7
02-ene-15	08:00	00:00	0	0	0.5	0	0.5
02-ene-15	08:30	00:00	0	0	0.3	0	0.3
02-ene-15	09:00	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	09:30	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	10:00	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	10:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	17:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0

Cuadro A2.11: HEC-HMS, Resultados series de tiempo y Caudal, Tr = 200 años: SUBCUENCA B

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m ³ /s)	Flujo Base (m ³ /s)	Flujo Total (m ³ /s)
01-ene-15	00:00				0.0	0	0.0
01-ene-15	00:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:30	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:00	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:30	08:38	0.36	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:00	08:38	0.36	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:30	09:07	0.38	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:00	09:07	0.38	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:30	10:04	0.42	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:00	10:04	0.42	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:30	11:02	0.46	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:00	11:02	0.46	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:30	12:28	0.52	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:00	12:28	0.52	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:30	13:55	0.58	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:00	13:55	0.58	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:30	15:21	0.64	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:00	15:21	0.64	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:30	19:55	0.83	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:00	19:55	0.83	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:30	00:57	1.04	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:00	00:57	1.04	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:30	15:50	1.66	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:00	15:50	1.66	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:30	04:19	11.71	1.46	3.0	0	3.0
01-ene-15	13:00	04:19	8.79	4.38	17.7	0	17.7
01-ene-15	13:30	08:38	1.9	1.46	47.6	0	47.6
01-ene-15	14:00	08:38	1.78	1.57	96.0	0	96.0
01-ene-15	14:30	11:31	0.75	0.73	155.2	0	155.2
01-ene-15	15:00	11:31	0.73	0.75	206.0	0	206.0
01-ene-15	15:30	00:43	0.5	0.53	239.7	0	239.7
01-ene-15	16:00	00:43	0.49	0.54	254.7	0	254.7
01-ene-15	16:30	19:40	0.38	0.43	252.6	0	252.6
01-ene-15	17:00	19:40	0.38	0.44	237.0	0	237.0
01-ene-15	17:30	16:04	0.31	0.36	212.1	0	212.1
01-ene-15	18:00	16:04	0.3	0.37	188.5	0	188.5
01-ene-15	18:30	14:24	0.27	0.33	167.4	0	167.4
01-ene-15	19:00	14:24	0.26	0.33	150.0	0	150.0
01-ene-15	19:30	12:28	0.23	0.29	134.5	0	134.5
01-ene-15	20:00	12:28	0.22	0.29	121.4	0	121.4
01-ene-15	20:30	10:33	0.19	0.25	110.0	0	110.0
01-ene-15	21:00	10:33	0.19	0.25	100.3	0	100.3
01-ene-15	21:30	09:21	0.17	0.22	91.8	0	91.8
01-ene-15	22:00	09:21	0.16	0.23	84.5	0	84.5
01-ene-15	22:30	09:07	0.16	0.22	78.0	0	78.0
01-ene-15	23:00	09:07	0.16	0.22	72.3	0	72.3
01-ene-15	23:30	08:38	0.15	0.21	67.3	0	67.3
02-ene-15	00:00	08:38	0.15	0.21	63.2	0	63.2
02-ene-15	00:30	08:09	0.14	0.2	59.7	0	59.7
02-ene-15	01:00	08:09	0.14	0.2	56.8	0	56.8
02-ene-15	01:30	00:00	0	0	54.0	0	54.0
02-ene-15	02:00	00:00	0	0	50.8	0	50.8
02-ene-15	02:30	00:00	0	0	46.5	0	46.5
02-ene-15	03:00	00:00	0	0	40.9	0	40.9
02-ene-15	03:30	00:00	0	0	34.5	0	34.5
02-ene-15	04:00	00:00	0	0	28.1	0	28.1
02-ene-15	04:30	00:00	0	0	22.2	0	22.2
02-ene-15	05:00	00:00	0	0	17.1	0	17.1
02-ene-15	05:30	00:00	0	0	12.9	0	12.9
02-ene-15	06:00	00:00	0	0	9.8	0	9.8
02-ene-15	06:30	00:00	0	0	7.5	0	7.5
02-ene-15	07:00	00:00	0	0	5.7	0	5.7
02-ene-15	07:30	00:00	0	0	4.3	0	4.3

02-ene-15	08:00	00:00	0	0	3.3	0	3.3
02-ene-15	08:30	00:00	0	0	2.5	0	2.5
02-ene-15	09:00	00:00	0	0	1.9	0	1.9
02-ene-15	09:30	00:00	0	0	1.4	0	1.4
02-ene-15	10:00	00:00	0	0	1.1	0	1.1
02-ene-15	10:30	00:00	0	0	0.8	0	0.8
02-ene-15	11:00	00:00	0	0	0.6	0	0.6
02-ene-15	11:30	00:00	0	0	0.4	0	0.4
02-ene-15	12:00	00:00	0	0	0.3	0	0.3
02-ene-15	12:30	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	13:00	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	13:30	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	14:00	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	14:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	17:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0

Cuadro A2.12: HEC-HMS, Resultados series de tiempo y Caudal, Tr = 200 años: SUBCUENCA C

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m ³ /s)	Flujo Base (m ³ /s)	Flujo Total (m ³ /s)
01-ene-15	00:00				0.0	0	0.0
01-ene-15	00:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:30	08:09	0.34	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:00	08:09	0.34	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:30	08:52	0.37	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:00	08:52	0.37	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:30	09:36	0.4	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:00	09:36	0.4	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:30	10:33	0.44	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:00	10:33	0.44	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:30	11:31	0.48	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:00	11:31	0.48	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:30	13:12	0.55	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:00	13:12	0.55	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:30	14:52	0.62	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:00	14:52	0.62	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:30	16:19	0.68	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:00	16:19	0.68	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:30	21:07	0.88	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:00	21:07	0.88	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:30	02:24	1.1	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:00	02:24	1.1	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:30	17:45	1.74	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:00	17:45	1.74	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:30	20:09	13.39	0.46	2.6	0	2.6
01-ene-15	13:00	20:09	10.87	2.98	26.1	0	26.1
01-ene-15	13:30	12:28	2.41	1.12	79.3	0	79.3
01-ene-15	14:00	12:28	2.28	1.24	134.7	0	134.7
01-ene-15	14:30	13:26	0.97	0.58	162.5	0	162.5
01-ene-15	15:00	13:26	0.95	0.61	161.6	0	161.6
01-ene-15	15:30	01:55	0.65	0.44	139.9	0	139.9
01-ene-15	16:00	01:55	0.64	0.45	118.8	0	118.8
01-ene-15	16:30	20:38	0.5	0.36	99.8	0	99.8
01-ene-15	17:00	20:38	0.49	0.36	85.2	0	85.2
01-ene-15	17:30	16:48	0.4	0.3	73.6	0	73.6
01-ene-15	18:00	16:48	0.4	0.31	64.7	0	64.7
01-ene-15	18:30	14:52	0.35	0.28	57.8	0	57.8
01-ene-15	19:00	14:52	0.35	0.28	52.4	0	52.4
01-ene-15	19:30	12:57	0.3	0.24	48.1	0	48.1
01-ene-15	20:00	12:57	0.29	0.25	44.6	0	44.6
01-ene-15	20:30	11:02	0.25	0.21	41.5	0	41.5
01-ene-15	21:00	11:02	0.25	0.21	38.5	0	38.5
01-ene-15	21:30	10:04	0.22	0.19	35.9	0	35.9
01-ene-15	22:00	10:04	0.22	0.19	33.6	0	33.6
01-ene-15	22:30	09:36	0.21	0.19	31.7	0	31.7
01-ene-15	23:00	09:36	0.21	0.19	30.3	0	30.3
01-ene-15	23:30	09:07	0.2	0.18	29.2	0	29.2
02-ene-15	00:00	09:07	0.2	0.18	28.3	0	28.3
02-ene-15	00:30	08:38	0.19	0.18	27.6	0	27.6
02-ene-15	01:00	08:38	0.19	0.18	27.1	0	27.1
02-ene-15	01:30	00:00	0	0	25.6	0	25.6
02-ene-15	02:00	00:00	0	0	21.8	0	21.8
02-ene-15	02:30	00:00	0	0	16.1	0	16.1
02-ene-15	03:00	00:00	0	0	10.6	0	10.6
02-ene-15	03:30	00:00	0	0	6.5	0	6.5
02-ene-15	04:00	00:00	0	0	4.0	0	4.0

02-ene-15	04:30	00:00	0	0	2.5	0	2.5
02-ene-15	05:00	00:00	0	0	1.5	0	1.5
02-ene-15	05:30	00:00	0	0	0.9	0	0.9
02-ene-15	06:00	00:00	0	0	0.6	0	0.6
02-ene-15	06:30	00:00	0	0	0.4	0	0.4
02-ene-15	07:00	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	07:30	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	08:00	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	08:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	09:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	09:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	10:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	10:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	17:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0

Cuadro A2.13: HEC-HMS, Resultados series de tiempo y Caudal, Tr = 200 años: SUBCUENCA D

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m ³ /s)	Flujo Base (m ³ /s)	Flujo Total (m ³ /s)
01-ene-15	00:00				0.0	0	0.0
01-ene-15	00:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:30	08:09	0.34	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:00	08:09	0.34	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:30	08:52	0.37	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:00	08:52	0.37	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:30	09:36	0.4	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:00	09:36	0.4	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:30	10:33	0.44	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:00	10:33	0.44	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:30	11:31	0.48	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:00	11:31	0.48	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:30	13:12	0.55	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:00	13:12	0.55	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:30	14:52	0.62	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:00	14:52	0.62	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:30	16:19	0.68	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:00	16:19	0.68	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:30	21:07	0.88	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:00	21:07	0.88	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:30	02:24	1.1	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:00	02:24	1.1	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:30	17:45	1.74	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:00	17:45	1.74	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:30	20:09	13.52	0.32	0.7	0	0.7
01-ene-15	13:00	20:09	11.17	2.68	8.4	0	8.4
01-ene-15	13:30	12:28	2.48	1.04	26.3	0	26.3
01-ene-15	14:00	12:28	2.36	1.16	56.3	0	56.3
01-ene-15	14:30	13:26	1	0.55	85.6	0	85.6
01-ene-15	15:00	13:26	0.98	0.57	105.9	0	105.9
01-ene-15	15:30	01:55	0.67	0.41	114.0	0	114.0
01-ene-15	16:00	01:55	0.66	0.42	111.7	0	111.7
01-ene-15	16:30	20:38	0.52	0.34	100.9	0	100.9
01-ene-15	17:00	20:38	0.51	0.35	89.8	0	89.8
01-ene-15	17:30	16:48	0.42	0.29	79.4	0	79.4
01-ene-15	18:00	16:48	0.41	0.29	70.6	0	70.6
01-ene-15	18:30	14:52	0.36	0.26	63.0	0	63.0
01-ene-15	19:00	14:52	0.36	0.27	56.7	0	56.7
01-ene-15	19:30	12:57	0.31	0.23	51.4	0	51.4
01-ene-15	20:00	12:57	0.31	0.23	47.1	0	47.1

01-ene-15	20:30	11:02	0.26	0.2	43.3	0	43.3
01-ene-15	21:00	11:02	0.26	0.2	40.1	0	40.1
01-ene-15	21:30	10:04	0.23	0.18	37.2	0	37.2
01-ene-15	22:00	10:04	0.23	0.19	34.7	0	34.7
01-ene-15	22:30	09:36	0.22	0.18	32.4	0	32.4
01-ene-15	23:00	09:36	0.22	0.18	30.5	0	30.5
01-ene-15	23:30	09:07	0.21	0.17	28.9	0	28.9
02-ene-15	00:00	09:07	0.21	0.17	27.5	0	27.5
02-ene-15	00:30	08:38	0.2	0.17	26.4	0	26.4
02-ene-15	01:00	08:38	0.2	0.17	25.5	0	25.5
02-ene-15	01:30	00:00	0	0	24.4	0	24.4
02-ene-15	02:00	00:00	0	0	22.7	0	22.7
02-ene-15	02:30	00:00	0	0	19.8	0	19.8
02-ene-15	03:00	00:00	0	0	16.1	0	16.1
02-ene-15	03:30	00:00	0	0	12.3	0	12.3
02-ene-15	04:00	00:00	0	0	9.0	0	9.0
02-ene-15	04:30	00:00	0	0	6.3	0	6.3
02-ene-15	05:00	00:00	0	0	4.5	0	4.5
02-ene-15	05:30	00:00	0	0	3.2	0	3.2
02-ene-15	06:00	00:00	0	0	2.3	0	2.3
02-ene-15	06:30	00:00	0	0	1.6	0	1.6
02-ene-15	07:00	00:00	0	0	1.1	0	1.1
02-ene-15	07:30	00:00	0	0	0.8	0	0.8
02-ene-15	08:00	00:00	0	0	0.5	0	0.5
02-ene-15	08:30	00:00	0	0	0.4	0	0.4
02-ene-15	09:00	00:00	0	0	0.3	0	0.3
02-ene-15	09:30	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	10:00	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	10:30	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	11:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	17:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0

Cuadro A2.14: HEC-HMS, Resultados series de tiempo y Caudal, Tr = 200 años: SUBCUENCA E

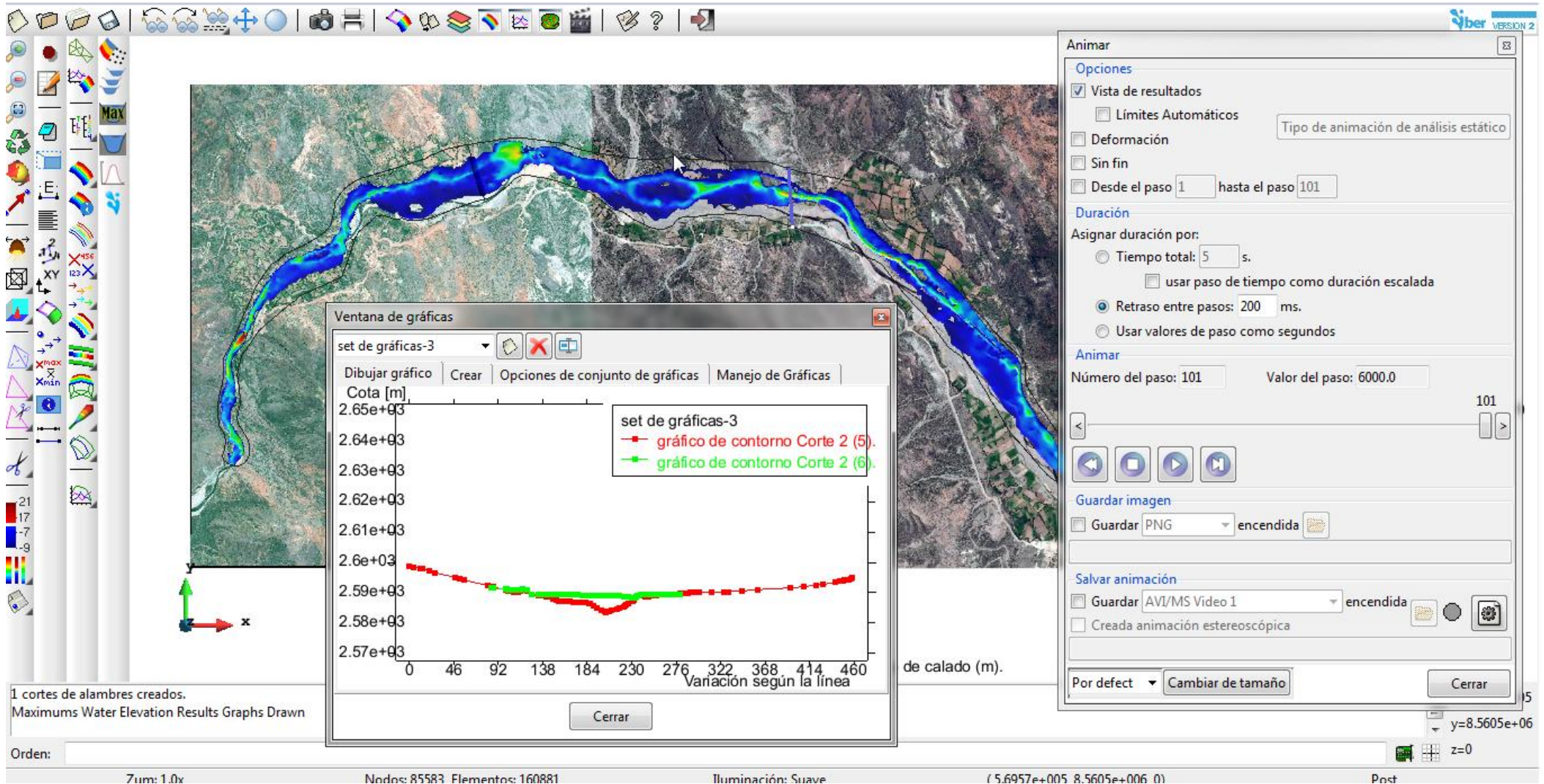
Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m3/s)	Flujo Base (m3/s)	Flujo Total (m3/s)
01-ene-15	00:00				0.0	0	0.0
01-ene-15	00:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:30	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:00	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:30	08:38	0.36	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:00	08:38	0.36	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:30	09:07	0.38	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:00	09:07	0.38	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:30	10:04	0.42	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:00	10:04	0.42	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:30	11:02	0.46	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:00	11:02	0.46	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:30	12:28	0.52	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:00	12:28	0.52	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:30	13:55	0.58	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:00	13:55	0.58	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:30	15:21	0.64	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:00	15:21	0.64	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:30	19:55	0.83	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:00	19:55	0.83	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:30	00:57	1.04	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:00	00:57	1.04	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:30	15:50	1.66	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:00	15:50	1.66	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:30	04:19	12.21	0.97	3.6	0	3.6
01-ene-15	13:00	04:19	9.44	3.73	25.9	0	25.9
01-ene-15	13:30	08:38	2.06	1.29	72.5	0	72.5
01-ene-15	14:00	08:38	1.94	1.41	130.0	0	130.0
01-ene-15	14:30	11:31	0.82	0.66	165.9	0	165.9
01-ene-15	15:00	11:31	0.8	0.68	176.0	0	176.0
01-ene-15	15:30	00:43	0.55	0.48	163.0	0	163.0
01-ene-15	16:00	00:43	0.54	0.49	139.2	0	139.2
01-ene-15	16:30	19:40	0.42	0.4	118.2	0	118.2
01-ene-15	17:00	19:40	0.41	0.4	100.4	0	100.4
01-ene-15	17:30	16:04	0.34	0.33	86.2	0	86.2
01-ene-15	18:00	16:04	0.33	0.34	74.9	0	74.9
01-ene-15	18:30	14:24	0.29	0.3	65.9	0	65.9
01-ene-15	19:00	14:24	0.29	0.3	58.9	0	58.9
01-ene-15	19:30	12:28	0.25	0.27	53.3	0	53.3
01-ene-15	20:00	12:28	0.25	0.27	48.8	0	48.8
01-ene-15	20:30	10:33	0.21	0.23	45.1	0	45.1
01-ene-15	21:00	10:33	0.21	0.23	41.8	0	41.8
01-ene-15	21:30	09:21	0.18	0.21	38.8	0	38.8
01-ene-15	22:00	09:21	0.18	0.21	36.0	0	36.0
01-ene-15	22:30	09:07	0.17	0.2	33.6	0	33.6
01-ene-15	23:00	09:07	0.17	0.2	31.6	0	31.6
01-ene-15	23:30	08:38	0.17	0.19	30.2	0	30.2
02-ene-15	00:00	08:38	0.16	0.2	29.1	0	29.1
02-ene-15	00:30	08:09	0.16	0.19	28.2	0	28.2
02-ene-15	01:00	08:09	0.16	0.19	27.5	0	27.5
02-ene-15	01:30	00:00	0	0	26.2	0	26.2
02-ene-15	02:00	00:00	0	0	23.4	0	23.4
02-ene-15	02:30	00:00	0	0	18.8	0	18.8
02-ene-15	03:00	00:00	0	0	13.7	0	13.7
02-ene-15	03:30	00:00	0	0	9.3	0	9.3
02-ene-15	04:00	00:00	0	0	6.1	0	6.1
02-ene-15	04:30	00:00	0	0	4.0	0	4.0
02-ene-15	05:00	00:00	0	0	2.7	0	2.7
02-ene-15	05:30	00:00	0	0	1.7	0	1.7
02-ene-15	06:00	00:00	0	0	1.1	0	1.1
02-ene-15	06:30	00:00	0	0	0.7	0	0.7
02-ene-15	07:00	00:00	0	0	0.5	0	0.5
02-ene-15	07:30	00:00	0	0	0.3	0	0.3
02-ene-15	08:00	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	08:30	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	09:00	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	09:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0

02-ene-15	10:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	10:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	17:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0

Cuadro A2.15: HEC-HMS, Resultados series de tiempo y Caudal, Tr = 200 años: SUBCUENCA F



Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)	Pérdida (mm)	Exceso (mm)	Flujo Directo (m3/s)	Flujo Base (m3/s)	Flujo Total (m3/s)
01-ene-15	00:00				0.0	0	0.0
01-ene-15	00:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	01:30	05:45	0.24	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:00	05:45	0.24	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	02:30	06:28	0.27	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:00	06:28	0.27	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	03:30	06:57	0.29	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:00	06:57	0.29	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	04:30	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:00	07:40	0.32	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	05:30	08:24	0.35	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:00	08:24	0.35	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	06:30	09:36	0.4	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:00	09:36	0.4	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	07:30	10:33	0.44	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:00	10:33	0.44	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	08:30	11:45	0.49	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:00	11:45	0.49	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	09:30	15:07	0.63	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:00	15:07	0.63	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	10:30	18:57	0.79	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:00	18:57	0.79	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	11:30	06:14	1.26	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:00	06:14	1.26	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	12:30	23:31	9.97	0	0.0	0	0.0
01-ene-15	13:00	23:31	9.07	0.91	3.0	0	3.0
01-ene-15	13:30	12:57	2.06	0.48	12.0	0	12.0
01-ene-15	14:00	12:57	1.97	0.57	23.3	0	23.3
01-ene-15	14:30	02:52	0.84	0.28	31.1	0	31.1
01-ene-15	15:00	02:52	0.83	0.29	33.6	0	33.6
01-ene-15	15:30	18:43	0.57	0.21	31.2	0	31.2
01-ene-15	16:00	18:43	0.56	0.22	27.8	0	27.8
01-ene-15	16:30	14:52	0.44	0.18	24.2	0	24.2
01-ene-15	17:00	14:52	0.44	0.18	21.4	0	21.4
01-ene-15	17:30	12:00	0.35	0.15	19.0	0	19.0
01-ene-15	18:00	12:00	0.35	0.16	17.1	0	17.1
01-ene-15	18:30	10:48	0.31	0.14	15.6	0	15.6
01-ene-15	19:00	10:48	0.31	0.14	14.3	0	14.3
01-ene-15	19:30	09:21	0.26	0.13	13.3	0	13.3
01-ene-15	20:00	09:21	0.26	0.13	12.5	0	12.5
01-ene-15	20:30	07:55	0.22	0.11	11.7	0	11.7
01-ene-15	21:00	07:55	0.22	0.11	11.0	0	11.0
01-ene-15	21:30	07:12	0.2	0.1	10.3	0	10.3
01-ene-15	22:00	07:12	0.19	0.1	9.7	0	9.7
01-ene-15	22:30	06:43	0.19	0.1	9.1	0	9.1
01-ene-15	23:00	06:43	0.19	0.1	8.7	0	8.7
01-ene-15	23:30	06:43	0.18	0.1	8.5	0	8.5
02-ene-15	00:00	06:43	0.18	0.1	8.3	0	8.3
02-ene-15	00:30	06:14	0.17	0.09	8.1	0	8.1
02-ene-15	01:00	06:14	0.17	0.09	8.0	0	8.0
02-ene-15	01:30	00:00	0	0	7.5	0	7.5
02-ene-15	02:00	00:00	0	0	6.4	0	6.4
02-ene-15	02:30	00:00	0	0	4.6	0	4.6
02-ene-15	03:00	00:00	0	0	3.0	0	3.0
02-ene-15	03:30	00:00	0	0	1.8	0	1.8

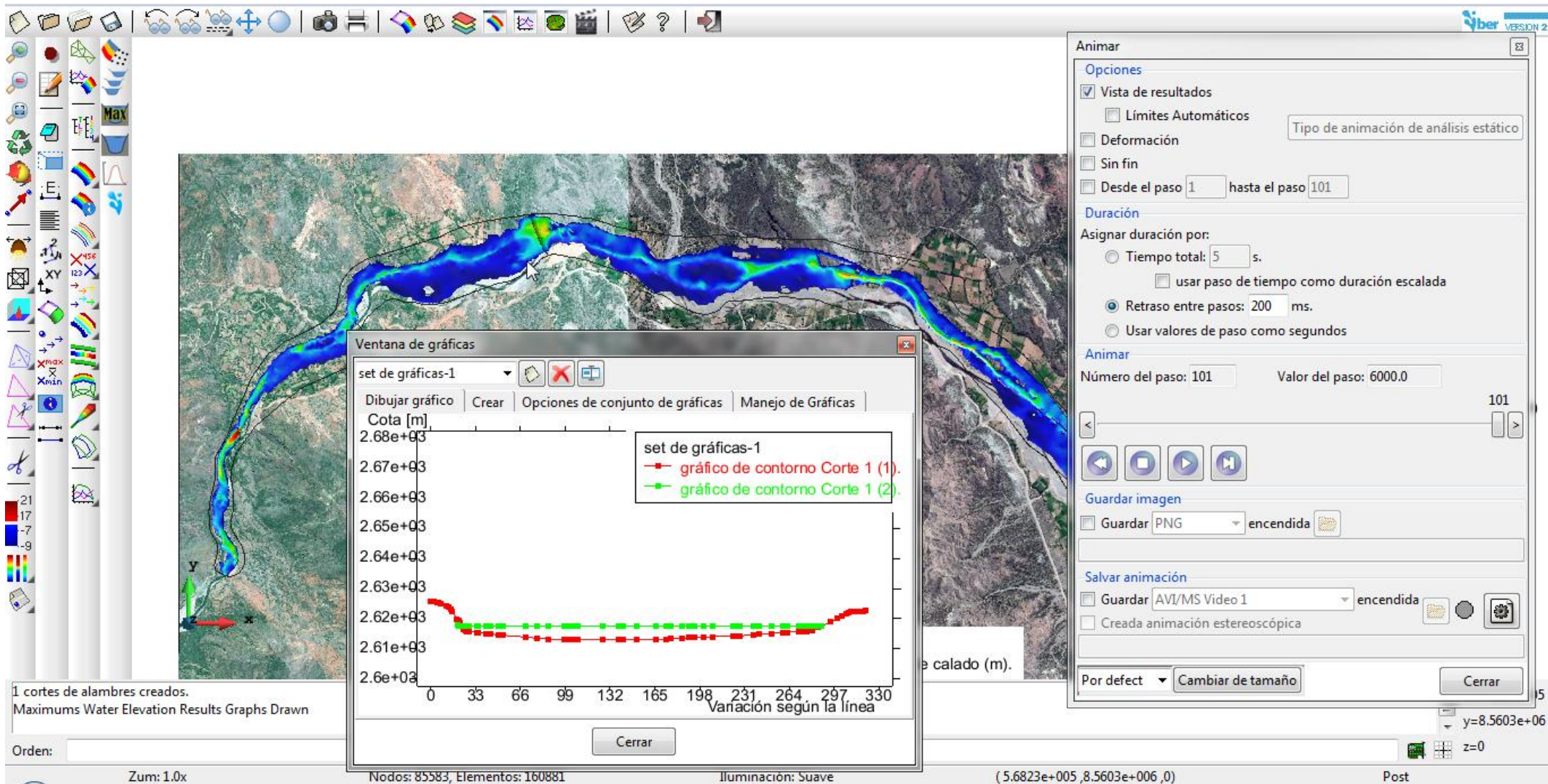
02-ene-15	04:00	00:00	0	0	1.1	0	1.1
02-ene-15	04:30	00:00	0	0	0.7	0	0.7
02-ene-15	05:00	00:00	0	0	0.4	0	0.4
02-ene-15	05:30	00:00	0	0	0.3	0	0.3
02-ene-15	06:00	00:00	0	0	0.2	0	0.2
02-ene-15	06:30	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	07:00	00:00	0	0	0.1	0	0.1
02-ene-15	07:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	08:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	08:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	09:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	09:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	10:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	10:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	11:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	12:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	13:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	14:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	15:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	16:30	00:00	0	0	0.0	0	0.0
02-ene-15	17:00	00:00	0	0	0.0	0	0.0



4. MAPA DE TIRANTE DE INUNDACION PATA PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS



Esc: Gráfica

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA Facultad de Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola		
COMPORTAMIENTO BIDIMENSIONAL PARA DETERMINAR MANCHA DE INUNDACION DE LA CUENCA DE RIO CACHI SECTORES DE LARAMATE Y SANTIAGO DE PISCHA HUAMANGA - AYACUCHO		
UBICACION: REGION : AYACUCHO PROVINCIA : HUAMANGA DISTRITO : SANTIAGO DE PISCHA LUGAR : LARAMATE Y SANTIAGO DE PISCHA		PLANO: MAPA DE TIRANTE DE INUNDACION DEL PROYECTO TI-02
ORIGIN: IURC & C.	FORMATO: A-4	ACOT: METROS
ESCALA: INDEFINIDA	FECHA: 11/11/2014	



4. MAPA DE TIRANTE DE INUNDACION PATA PERIODO DE RETORNO DE 200 AÑOS

Esc: Grafica

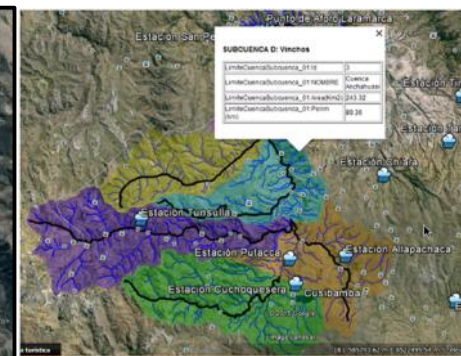
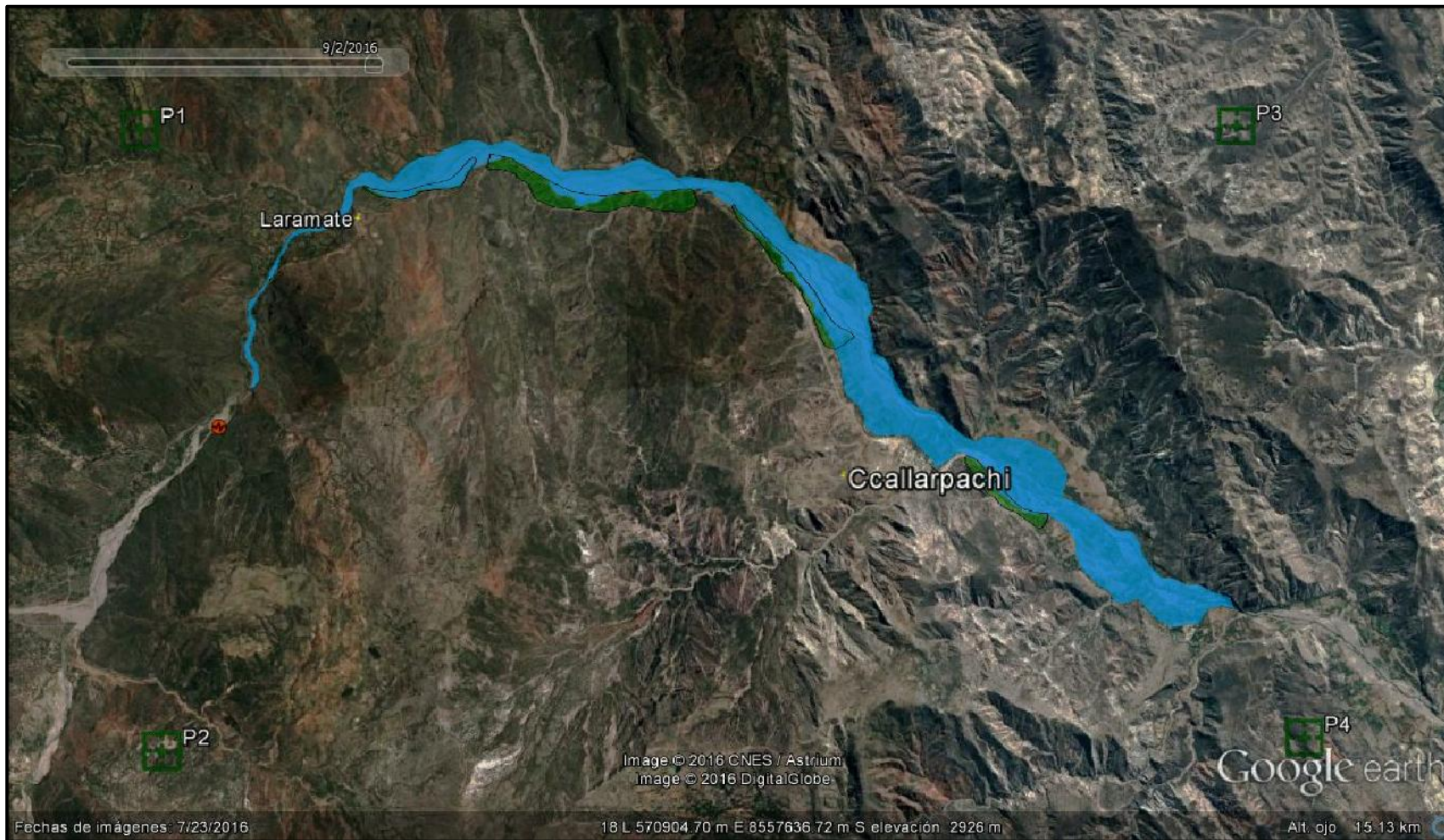
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA			
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA			
COMPORTAMIENTO BIDIMENSIONAL PARA DETERMINAR MANCHA DE INUNDACION DE LA CUENCA DE RIO CACHI SECTORES DE LARAMATE Y SANTIAGO DE PISCHA HUAMANGA - AYACUCHO			
UBICACION: REGION : AYACUCHO PROVINCIA : HUAMANGA DISTRITO : SANTIAGO DE PISCHA LUGAR : LARAMATE Y SANTIAGO DE PISCHA		PLANO: MAPA DE TIRANTE DE INUNDACION DEL PROYECTO	
DIBUJO: LUIS A. F. S.		LAMINA: TI-03	
FORMATO: A-4	ACOT. METROS	ESCALA: INDICADA	FECHA: JULIO 2016



6. MAPA DE TIRANTE DE INUNDACION PARA LOS TRES PERIODS DE RETORNO

Esc: Grafica

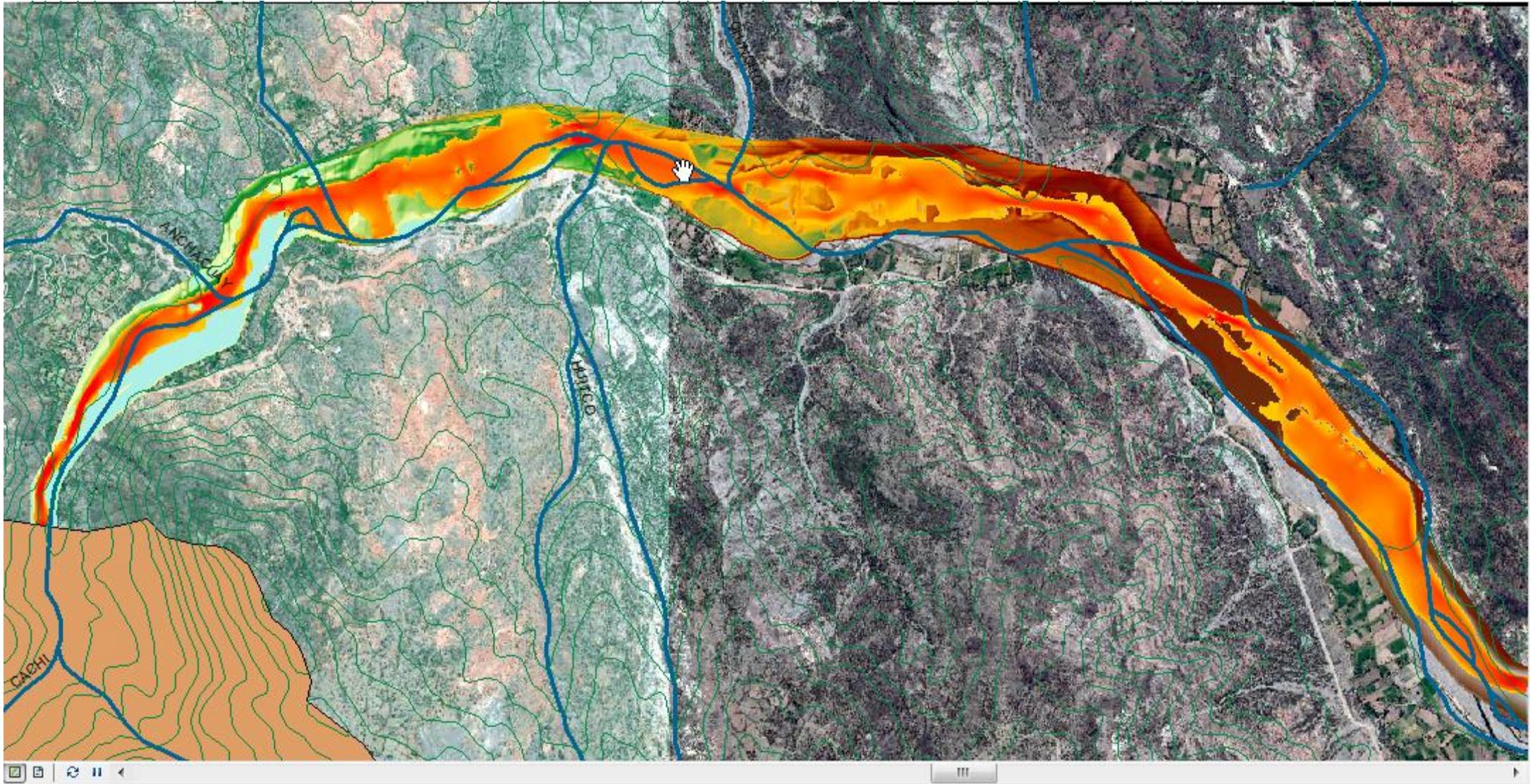
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA			
<small>COMPORTAMIENTO BIDIMENSIONAL PARA DETERMINAR MANCHA DE INUNDACION DE LA CUENCA DE RIO CACHI SECTORES DE LARAMATE Y SANTIAGO DE PISCHA HUAMANGA - AYACUCHO</small>			
<small>UBICACION:</small> <small>REGION : AYACUCHO</small> <small>PROVINCIA : HUAMANGA</small> <small>DISTRITO : SANTIAGO DE PISCHA</small> <small>LUGAR : LARAMATE Y SANTIAGO DE PISCHA</small>		<small>PLANO:</small> MAPA DE TIRANTE DE INUNDACION DEL PROYECTO	<small>LAMINA:</small> TI-04
<small>DIBUJO:</small> LUIS A. F. S.	<small>FORMATO:</small> A-4	<small>ACOT:</small> METROS	<small>ESCALA:</small> INDICADA
		<small>FECHA:</small> JULIO 2016	



UBICACION DE LA CUENCA
Esc: 1/2500

1. PLANOS DE INDICE DE RIESGO PARA LOS PERIODOS DE RETORNO
Esc: Grafica

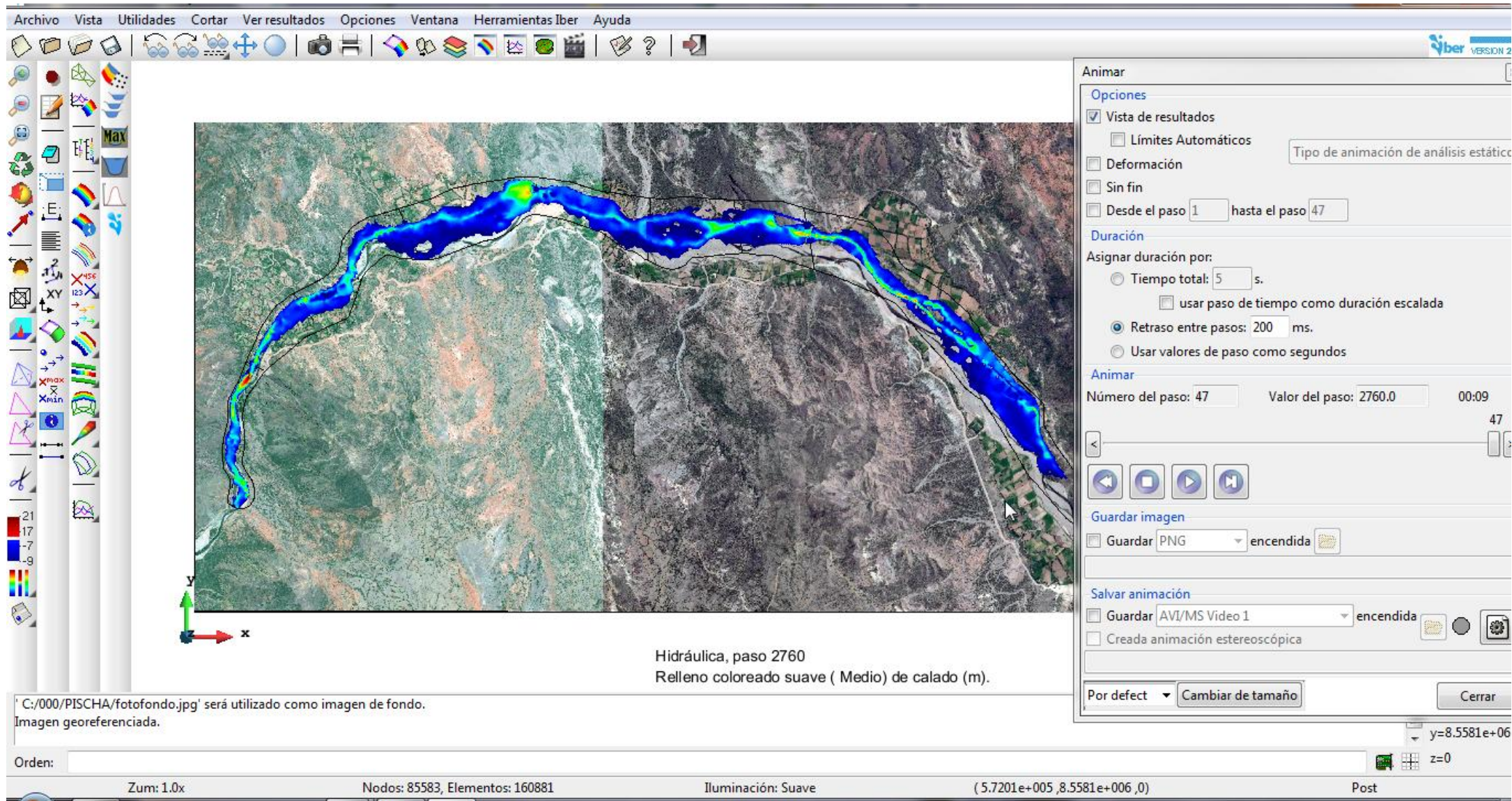
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA			
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA			
COMPORTAMIENTO BIDIMENSIONAL PRA DE TERMINAR MANCHA DE INUNDACION DE LA CUENCA DE RIO CACHI SECTORES DE LARAMATE Y SANTIAGO DE PISCHA HUAMANGA - AYACUCHO			
UBICACION: REGION : AYACUCHO PROVINCIA : HUAMANGA DISTRITO : SANTIAGO DE PISCHA LUGAR : LARAMATE Y SANTIAGO DE PISCHA		PLANOS DE TIRANTE INUNDACION DEL PROYECTO	
DIBUJO: LUIS A. F. S.		LAMINA: IR-01	
FORMATO: A-4	ACOT: METROS	ESCALA: INDICADA	FECHA: JULIO 2016





2. TOPOLOGIA BASE TRANSITO DE AVENIDAS PARA LOS PERIODOS DE RETORNO

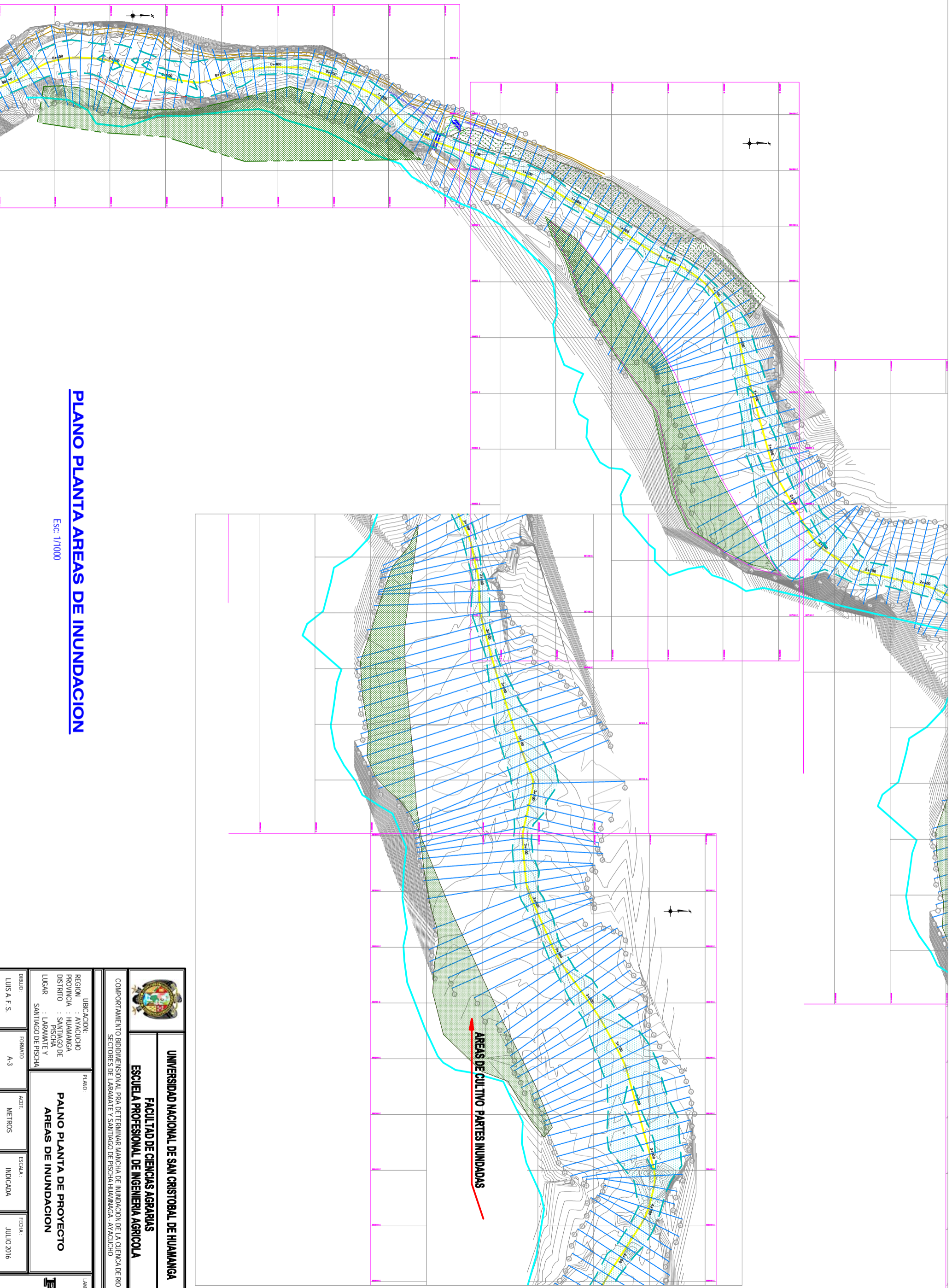
Esc: Grafica

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA			
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA			
<small>COMPORTAMIENTO BIDIMENSIONAL PARA DETERMINAR MANCHA DE INUNDACION DE LA CUENCA DE RIO CACHI SECTORES DE LARAMATE Y SANTIAGO DE PISCHA HUAMANGA - AYACUCHO</small>			
<small>UBICACION:</small> <small>REGION : AYACUCHO</small> <small>PROVINCIA : HUAMANGA</small> <small>DISTRITO : SANTIAGO DE PISCHA</small> <small>LUGAR : LARAMATE Y SANTIAGO DE PISCHA</small>		<small>PLANO:</small> PLANO TOPOLOGIA DE BASE DEL PROYECTO	<small>LAMINA:</small> TB-01
<small>DISUO:</small> LUIS A. F. S.	<small>FORMATO:</small> A-4	<small>ACOF:</small> METROS	<small>ESCALA:</small> INDICADA
		<small>FECHA:</small> JULIO 2016	





3. MAPA DE TIRANTE DE INUNDACION PATA PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS
Esc: Grafica

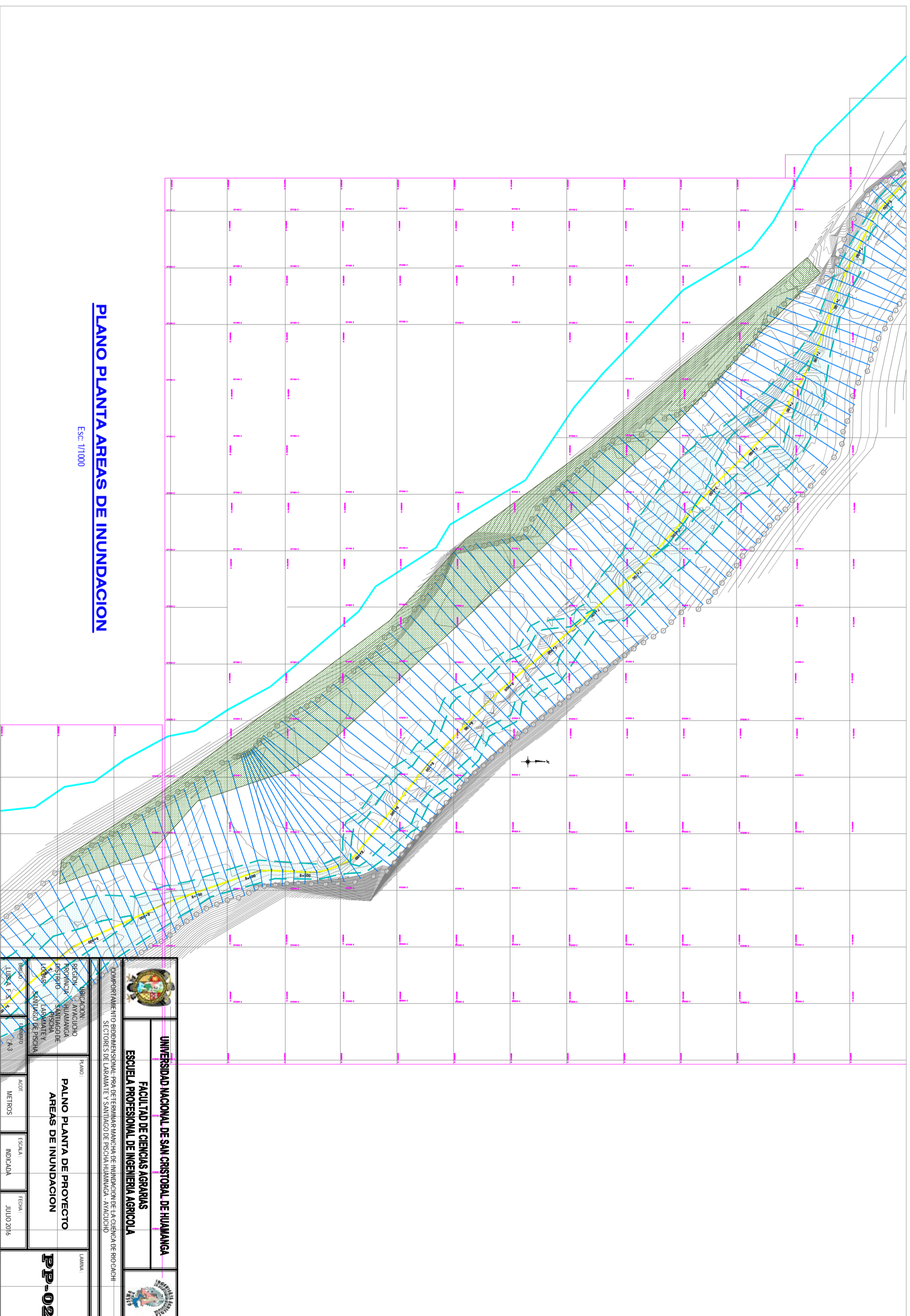
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA			
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA			
COMPORTAMIENTO BIDIMENSIONAL PRA DETERMINAR MANCHA DE INUNDACION DE LA CUENCA DE RIO CACHI SECTORES DE LARAMATE Y SANTIAGO DE PISCHA HUAMANGA - AYACUCHO			
UBICACION: REGION : AYACUCHO PROVINCIA : HUAMANGA DISTRITO : SANTIAGO DE PISCHA LUGAR : LARAMATE Y SANTIAGO DE PISCHA		PLANO: MAPA DE DE TIRANTE DE INUNDACION DEL PROYECTO	
BIBLIO: LUIS A. F. S.		LAMINA: TI-01	
FORMATO: A-4	ADOT: METROS	ESCALA: INDICADA	FECHA: JULIO 2016



PLANO PLANTA AREAS DE INUNDACION



Esc: 1/1000

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA		
UBICACION: REGION : AYACUCHO PROVINCIA : HUAMANGA DISTRITO : SANTIAGO DE PISCHA LUGAR : LARAVATE Y SANTIAGO DE PISCHA		PLANO : PALNO PLANTA DE PROYECTO AREAS DE INUNDACION		LAMINA : PP-01
DIBUJO : LUIS A. F. S.	FORMATO : A-3	ADOPT. : METROS	ESCALA : INDICADA	FECHA : JULIO 2016



PLANO PLANTA AREAS DE INUNDACION



Esc: 1/1000

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA		PLANNO:		LAMINA:	
COMPORTAMIENTO BIDIMENSIONAL PARA DETERMINAR MANCHA DE INUNDACION DE LA CUENCA DE RIO GACHI		PALNO PLANTA DE PROYECTO		PP-02	
SECTORES DE LARAMATE Y SANTIAGO DE PISCCHA HUAMANGA - AYACUCHO		AREAS DE INUNDACION			
UBICACION:		REGION:		ACOT:	
AYACUCHO		AYACUCHO		METROS	
PROVINCIA:		PROVINCIA:		ESCALA:	
HUAMANGA		HUAMANGA		INDICADA	
DISTRITO:		DISTRITO:		FECHA:	
SANTIAGO DE PISCCHA		SANTIAGO DE PISCCHA		JULIO 2016	
LOCHA:		LOCHA:			
LARAMATE Y SANTIAGO DE PISCCHA		LARAMATE Y SANTIAGO DE PISCCHA			
PROYECTO:		PROYECTO:			
LUBIA I		LUBIA I			
INDICACION:		INDICACION:			
AYACUCHO		AYACUCHO			



PLANO PLANTA AREAS DE INUNDACION

Escr: 1/1000

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA</p>			
<p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA</p>		<p>PLANO</p>	
<p>COMPORTAMIENTO BIDIMENSIONAL PARA DETERMINAR MANCHA DE INUNDACION DE LA CUENCA DE RIO CACHI</p>			
<p>SECTORES DE LARAMATE Y SANTIAGO DE PISCHA HUAMANGA - AVACUCHO</p>			
<p>UBICACION: REGION : AVACUCHO PROVINCIA : HUAMANGA DISTRITO : SANTIAGO DE PISCHA LUGAR : LARAMATE Y SANTIAGO DE PISCHA</p>		<p>PLANO: PLANO PLANTA DE PROYECTO AREAS DE INUNDACION</p>	
<p>DIBUJO : LUIS A. F. S.</p>		<p>LAMINA: PP-03</p>	
<p>FORMATO : A-3</p>		<p>ACTO : METROS</p>	
<p>ESCALA : INDICADA</p>		<p>FECHA : JULIO 2016</p>	

