

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

TEMA:

**CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LOS TRIBUTARIOS PLATA Y
CHARAGUAYACU DE LA SUBCUENCA DEL RÍO PINDO GRANDE**

AUTORES:

Mariela Lourdes Valle Ramírez

Mayra Gabriela Vargas Franco

DIRECTOR DE PROYECTO:

PhD. Ricardo Vinicio Abril Saltos

PUYO - PASTAZA - ECUADOR

2018

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecerte a ti Jehová por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la Universidad Estatal Amazónica por darme la oportunidad de estudiar y ser una profesional.

Quiero agradecer infinitamente a mis padres Vilma Franco y Marcelino Vargas, sobre todo a ti madre mía que nunca me has dejado sola, eres mi ejemplo a seguir te admiro y te respeto, y al señor Francisco Encalada que ha sido pilar fundamental para alcanzar este logro a ti de corazón gracias.

A mi compañera y sobre todo amiga Marielita Valle por siempre estar presente y poner su mejor disposición para sacar adelante este proyecto, gracias por ser la mejor compañera de carrera y de vida.

A mi director de proyecto, PhD. Vinicio Ricardo Abril Saltos por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

A mis amigos a quienes aprecio mucho Leroy Caicedo, Carolina Villarroel y Tatiana Villacis por estar presentes durante esta trayectoria, agradezco también al Ingeniero Henry Navarrete y a su esposa Ingeniera Mallury Coronado por tener siempre la predisposición de colaborarnos durante nuestros años de estudio.

Mayra Gabriela Vargas Franco

DEDICATORIA

A Jehová, por darme la oportunidad de vivir y estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi madre Vilma Franco ya que sin ella, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora, por ser pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como en la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mis hermanos, Yajaira Vargas, Jefferson Vargas, Camila Encalada y Domenika Almeida por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

Mayra Gabriela Vargas Franco

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios, por guiarme en el sendero correcto de la vida, cada día en el transcurso de mi camino. A mis padres Segundo Valle y Luz Angélica Ramírez, por ser mi ejemplo a seguir y por inculcarme valores que me han fortalecido en cada meta que me he planteado.

A mis hermanos Segundo, Juan Carlos, Cristian, Xavier, Elizabeth y Geovanny Valle Ramírez por apoyarme y estar en cada momento de mi vida hoy mañana y siempre.

A mi amiga y compañera de tesis Gabyta Vargas por estar conmigo en las buenas y en las malas, por su apoyo incondicional y su amistad sincera.

A mi director de tesis PhD. Ricardo Vinicio Abril Saltos por su paciencia y apoyo y por guiarme en cada paso de este proyecto.

A mis amigos y amigas Carito Villarroel y Leroy Caicedo por ser parte de mi vida y contar con su apoyo, agradezco también al ingeniero Henry Navarrete y a su esposa ingeniera Mallury Coronado por su colaboración y apoyo durante el proyecto y años de estudio, y a todas las personas que me incentivaron y motivaron para seguir adelante con los objetivos de este propósito,

A la Universidad Estatal Amazónica por la educación recibida y conocimientos adquiridos a lo largo de mi carrera.

A todos ustedes muchas gracias de corazón.

Mariela Lourdes Valle Ramírez

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios por haberme dado la vida y estar conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar con su infinita bondad y amor. A mis padres Segundo Valle y Luz Angélica Ramírez por ser el pilar fundamental y demostrarme siempre su cariño a lo largo de mi vida, depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo instante de mi inteligencia y capacidad.

Los amo mucho.

Mariela Lourdes Valle Ramírez

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto pretende reflejar la importancia del levantamiento de información de cuencas hidrográficas para la determinación de criterios en el diseño de obras e infraestructuras capaces de soportar y funcionar adecuadamente en situaciones de emergencia. El objetivo de este trabajo fue determinar los hidrogramas sintéticos en función de las características de la cuenca de los tributarios Plata y Charaguayacu de la subcuenca del río Pindo Grande. La metodología aplicada se basó en establecer y analizar las características geomorfológicas mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica como el software HEC-HMS e hidrogramas sintéticos en función del sistema de conservación de suelo. Los resultados alcanzados definieron que las microcuencas tienen una forma redonda de acuerdo al coeficiente de compacidad de 1,52 del río Charaguayacu y 1,05 del río Plata. La pendiente del río Plata fue de 0,0705 y del río Charaguayacu 0,072. El tiempo de concentración de 0,393, densidad de drenaje 4,33 km/km² y densidad de corrientes 0,13 correspondieron al río Plata. De igual manera el tiempo de concentración de 0,699, densidad de drenaje 3,66 km/km², densidad de corrientes 4,47 pertenecieron al río Charaguayacu. A través de hidrograma sintético Sistema de Conservación de Suelo se determinó que por cada mm de lluvia se genera 18,95 m³/s de caudal del río Charaguayacu y 9,39 m³/s de caudal del río Plata. En lo referente al software HEC-HMS se estableció que los meses de noviembre y diciembre fueron los de mayor caudal para el río Plata y Charaguayacu. Todos estos parámetros permitieron la simulación hidrológica de las microcuencas.

Palabras clave: Cuencas hidrográficas, HEC-HMS, hidrogramas sintéticos, pluviometría, infiltración.

ABSTRACT

The present project to reflect the importance of the collection of information from watersheds for the determination of criteria in the design of works and infrastructures capable of supporting and functioning adequately in emergency situations. The objective of this work was the estimation of the synthetic hydrographs according to the characteristics of the basin of the Plata and Charaguayacu tributaries. The methodology applied was based on establishing and analyzing the geomorphological characteristics through the use of Geographic Information Systems such as the HEC-HMS software and synthetic hydrographs based on the soil conservation system. The results obtained defined that the micro-basins have a round shape according to the compactness coefficient of 1.52 of the Charaguayacu River and 1.05 of the Plata River. The slope of the Plata River was 0.0705 and the Charaguayacu River 0.072. The concentration time of 0.393, drainage density 4.33 km / km² and current density 0.13 corresponded to the River Plata. Likewise, the concentration time of 0.699, drainage density 3.66 km / km², density of currents 4.47 belonged to the Charaguayacu River. Through the synthetic hydrographic system of Soil Conservation, it was determined that for each mm of rain, 18.95 m³ / s of flow of the Charaguayacu River and 9.39 m³ / s of the Río Plata flow are generated. Regarding the HEC-HMS software, it was established that the months of November and December were those with the highest flow for the Plata and Charaguayacu rivers. All these parameters allowed the hydrological simulation of the micro-basins.

Keywords: Hydrographic basins, HEC-HMS, synthetic hydrographs, rainfall, infiltration.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	12
1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. HIPÓTESIS	13
1.3. OBJETIVO GENERAL	13
1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
CAPÍTULO II.....	14
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
2.1. CUENCAS HIDROGRÁFICAS.....	14
2.1.1. Tipos de cuencas.....	14
2.1.2. PARÁMETROS RELATIVOS AL RELIEVE.....	14
2.1.2.1. Tiempo de concentración.....	14
2.1.2.2. Pendiente de la cuenca.....	14
2.1.3. PARÁMETROS ASOCIADOS A LA FORMA DE LA CUENCA	15
2.1.3.1. Coeficiente de Compacidad (Kc).....	15
2.1.4. PARÁMETROS RELATIVOS AL DRENAJE.....	15
2.1.4.1. Orden de corrientes	15
2.1.4.2. Densidad de drenaje.....	15
2.2. PRECIPITACIÓN.....	15
2.2.1. Análisis de la precipitación.....	15
2.2.2. Medición de la precipitación	16
2.2.3. Relación de elongación.....	16
2.2.4. Relación de bifurcación	16
2.2.5. Pluviograma o Hietograma.....	16
2.2.6. Tipos de pluviómetros	17

2.2.7.	Análisis de información pluviométrica.....	17
2.2.8.	Curvas IDF (Intensidad, Duración, Frecuencia).....	17
2.2.9.	Método de ajuste de bondad de Gumbel	18
2.3.	ESTIMACIÓN DE LLUVIA DE DISEÑO	18
2.3.1.	Tránsito de avenidas	19
2.3.2.	Efecto laminador de un embalse.....	19
2.4.	ESCORRENTÍA	19
2.4.1.	Gasto Base	19
2.4.2.	Estimación de caudales (Manning).....	20
2.4.3.	Caudales de avenida	20
2.4.4.	Fórmula Racional	20
2.5.	HIDROGRAMAS	20
2.5.1.	Hidrograma unitario	20
2.5.2.	Hidrogramas unitarios sintéticos	21
2.5.3.	Hidrograma adimensional SCS	21
2.5.4.	Modelo de pérdida	21
2.5.5.	Cálculo del tiempo de retorno	22
2.5.6.	Cálculo del tiempo de punta	22
2.5.7.	Hidrograma de Snyder.....	22
2.6.	INFILTRACIÓN	23
2.6.1.	Método del cilindro simple.....	23
2.6.2.	Velocidad de infiltración instantánea	23
2.6.3.	Velocidad de infiltración básica	24
2.7.	PROGRAMAS INFORMÁTICOS	24
2.7.1.	HEC-HMS	24
CAPÍTULO III		26
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	26

3.1.	LOCALIZACIÓN	26
3.1.1.	CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS.....	26
3.1.1.1.	Clima.....	26
3.1.1.2.	Suelo	27
3.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	27
3.3.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	27
3.4.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.4.1.	DELIMITACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA	27
3.4.2.	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS RELATIVOS AL RELIEVE 27	
3.4.2.1.	Pendiente:.....	27
3.4.2.2.	Cálculo del tiempo de concentración (TC)	28
3.4.3.	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ASOCIADOS A LA FORMA DE LA CUENCA	28
3.4.3.1.	Coefficiente de compacidad (Kc).....	28
3.4.4.	PARÁMETROS RELATIVOS AL DRENAJE.....	29
3.4.4.1.	Densidad de Drenaje	29
3.4.4.2.	Densidad de corrientes	29
3.4.5.	DETERMINACIÓN DE LA PLUVIOMETRÍA.....	30
3.4.5.1.	Estimación a partir de datos de lluvia diaria.....	30
3.4.6.	METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CURVAS IDF.	30
3.4.7.	Hietograma de diseño	31
3.4.8.	ESTIMACIÓN DE CAUDALES – MANNING	31
3.4.9.	ESTIMACIÓN DE MODELOS EMPÍRICOS DE LA RELACIÓN LLUVIA-ESCURRIMIENTO.....	32
3.4.9.1.	Fórmula racional	32
3.4.10.	HIDROGRAMA UNITARIO DEL UNITED STATES SOIL CONSERVATION SERVICE, SCS.....	32

3.4.11. MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO DEL INFILTRÓMETRO DE ANILLO SIMPLE.....	34
3.4.12. METODOLOGÍA PARA EL MODELAMIENTO UTILIZANDO HEC-HMS	35
3.5. RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES.....	36
CAPITULO IV	37
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.1. ESTIMACIÓN DE CAUDALES - MANNING.....	38
4.2. ESTIMACIÓN DE MODELOS EMPÍRICOS DE LA RELACIÓN LLUVIA-ESCURRIMIENTO.....	44
4.2.1. Fórmula racional Charaguayacu:.....	44
4.2.2. Fórmula racional Plata:.....	44
4.3. HIDROGRAMA UNITARIO DEL UNITED STATES SOIL CONSERVATION SERVICE, SCS.....	45
4.3.1. MODELAMIENTO CON HIDROGRAMA UNITARIO SCS.....	46
4.3.1.1. Número de curva (cn)	51
4.4. VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN	52
4.5. CONSTRUCCIÓN DE CURVAS IDF.....	57
4.6. MODELAMIENTO HEC - HMS	58
CAPÍTULO V	61
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
5.1. CONCLUSIONES	61
5.2. RECOMENDACIONES	62
CAPÍTULO VI.....	63
6. BIBLIOGRAFÍA.....	63
7. ANEXOS.....	68

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento mundial está estrechamente ligado al manejo del agua ya sea para uso directo (consumo humano y/o animal). El uso indirecto en sistemas de riego como generador de energía, los problemas asociados a la demanda y disponibilidad de agua han generado cada día mayor investigación en diferentes campos de la ciencia entre éstos la hidrología (González, 2000).

En un sentido amplio la hidrología es la ciencia del comportamiento del agua que se relaciona con su movimiento desde la precipitación hasta su regreso al mar a través de los ríos y a la atmósfera por proceso de evaporación (González, 2000).

Los fenómenos que ocurren en una cuenca se pueden estudiar a través de modelos que simplifiquen y representen los distintos fenómenos que suceden al interior de ésta, siendo los modelos matemáticos una herramienta importante y que se ha ido perfeccionando a través del tiempo (Pizarro, 2005).

Los hidrogramas sintéticos unitarios de una cuenca ayudan a la modelación ya que representa los efectos combinados del tamaño, pendiente, forma y características de generales de la cuenca (MAE, 2014)

Un modelo hidrológico, es un sistema que representa una cuenca hidrográfica y cada uno de los componentes del ciclo hidrológico, de los cuales se puede mencionar al sistema informático HEC- HMS.

En la región amazónica ecuatoriana en la Provincia de Pastaza, cantón Mera se encuentra la subcuenca del río Pindo Grande la cual tiene una variación de precipitación especialmente en los meses de Agosto y Noviembre en los cuales su caudal aumenta o disminuye, por ende a mayor precipitación se genera una crecida repentina que alcanza un caudal máximo relativamente alto usualmente como resultado de lluvias intensas sobre un área relativamente pequeña. Cabe resaltar que es importante realizar estudios de modelación de caudales con el fin de identificar zonas de riesgo.

El estudio de cuencas hidrográficas permitirá conocer su comportamiento en épocas de crecida y de esta manera determinar criterios para el diseño de obras e infraestructuras capaces de soportar y funcionar adecuadamente en situaciones de emergencia.

En el presente trabajo se determinarán las características geomorfológicas de las microcuencas del río Plata y Charaguayacu de la subcuenca del río Pindo Grande y su influencia sobre los caudales generados, englobando la pluviometría de la zona, determinación en el gasto base e implementar hidrogramas sintéticos en función del sistema de conservación de suelo.

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La falta de información sobre las características geomorfológicas de las microcuencas Plata y Charaguayacu genera riesgos en cuanto a la población, fauna e infraestructura habitacional donde se considera los caudales que pudieran generar desbordamientos de ríos.

1.2. HIPÓTESIS

Modelar el comportamiento de las microcuencas Plata y Charaguayacu a partir de su caracterización geomorfológica mediante la metodología SCS, la cual permitirá determinar los caudales y reducir la vulnerabilidad de la población asentada en ellas.

1.3. OBJETIVO GENERAL

Determinar los hidrogramas sintéticos en función de las características geomorfológicas de las microcuencas Plata y Charaguayacu.

1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar las características geomorfológicas de la cuenca.
- ✓ Estimar el gasto base de las microcuencas de los ríos Plata y Charaguayacu.
- ✓ Determinar la pluviometría de los tributarios Plata y Charaguayacu.
- ✓ Establecer las curvas de intensidad duración y frecuencia para periodos de retorno de dos y cinco años.
- ✓ Elaborar los hidrogramas sintéticos en función del sistema de conservación de suelo y con el uso del software HEC-HMS.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Se refiere a la definición geográfica de la misma, es decir es el límite que drena agua en un punto en común, una cuenca incluye ecosistemas terrestres (selvas, bosques, matorrales, pastizales, manglares, entre otros), ecosistemas acuáticos (ríos, lagos, humedales, etc.) y la población e infraestructura (Ordoñez , 2011).

Una cuenca hace referencia a la dinámica del agua en el subsuelo, por lo que al incluir los aspectos geológicos, permite identificar la localización de acuíferos y sus zonas de recarga; también se debe tomar en cuenta el nivel de precipitaciones que se tiene a lo largo de la cuenca (Maass, 2015).

2.1.1. Tipos de cuencas

Según Barreno (2010), existen tres tipos de cuencas hidrográficas:

- **Exorreicas:** Las aguas llegan a desembocar en otros ríos más grandes, cada uno de manera independiente o a través de un colector común.
- **Endorreicas:** Cuando los ríos no tienen salida hacia los mares, terminan perdiéndose en la parte continental
- **Arreicas:** Ocurre cuando a pesar de existir un cauce que permite la llegada de las aguas del río hacia el mar, estas no llegan por que se filtran o se evaporan en el trayecto.

2.1.2. PARÁMETROS RELATIVOS AL RELIEVE

2.1.2.1. Tiempo de concentración

Es el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén desembocando de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre. Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado; es decir el punto hidrológicamente más alejado es aquél desde el que el agua de escorrentía emplea más tiempo en llegar a la salida (Ibáñez *et al.*, 2003).

2.1.2.2. Pendiente de la cuenca

Según Campos (2015), la pendiente de cuenca es un parámetro que relaciona las diferencias de altura para la distancia.

2.1.3. PARÁMETROS ASOCIADOS A LA FORMA DE LA CUENCA

2.1.3.1. Coeficiente de Compacidad (Kc)

Es un parámetro que se define como la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de área equivalente. Además compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio (Fuentes, 2004).

2.1.4. PARÁMETROS RELATIVOS AL DRENAJE

2.1.4.1. Orden de corrientes

Según Campos (2010), el orden de la cuenca esta determinado por el orden del cauce principal:

- Corrientes de Primer orden: Pequeños canales que no tienen tributario.
- Corrientes de Segundo orden: Dos corrientes de primer orden se unen.
- Corrientes de Tercer orden: Dos corrientes de segundo orden se unen.
- Corrientes orden $n+1$: Dos corrientes de orden n se unen.

2.1.4.2. Densidad de drenaje

Se refiere a la relación entre la longitud total de las corrientes de agua de la cuenca y su área total (Campos, 2010).

2.2. PRECIPITACIÓN

2.2.1. Análisis de la precipitación

La precipitación es un proceso estocástico con periodicidad e intensidad muy variables dependiendo de las estaciones, este incluye la formación de todo tipo de agua que cae o se deposita sobre la superficie terrestre, ya sea en forma líquida o sólida; esta formación impone la existencia de un proceso de condensación de la atmósfera la cual se facilita por la presencia de partículas o moléculas denominadas núcleos de condensación, entre los que se destacan el polvo, las moléculas de cloruro sódico así como productos de la combustión del azufre y compuestos nitrosos (Martínez E. , 2005).

El estudio de las precipitaciones es básico dentro de cualquier estudio hidrológico regional, para cuantificar los recursos hídricos, puesto que constituyen la principal (en General la única) entrada de agua a una cuenca (Sánchez, 2008).

Según Martínez (2005), los parámetros básicos a considerar en un proceso de lluvia en un punto son: duración, intensidad, volumen total de precipitación y tiempo entre

precipitaciones sucesivas. La medida de la precipitación sobre una cuenca se realiza por medio de los pluviómetros, el cual se basa en la recogida de la precipitación (lluvia o nieve) en un elemento denominado colector. La precipitación se mide por volumen o pesada y su registro se realiza por lectura directa o por registro gráfico o electrónico.

2.2.2. Medición de la precipitación

Una correcta medición de la precipitación está condicionada a varios factores, uno de ellos es la mitigación de los efectos del viento que se consigue con una adecuada selección del lugar de emplazamiento de los equipos, es decir el pluviógrafo y/o pluviómetro deberá estar protegido del viento en todas direcciones por barreras como árboles o arbustos de altura uniforme y que estén a una distancia al menos igual al doble de su altura para evitar la intercepción de la precipitación (Sánchez, 2008).

2.2.3. Relación de elongación

Definido por Schumm como la relación entre el diámetro (D) de un círculo que tenga la misma superficie de la cuenca y la longitud máxima (Lm) de la cuenca medida desde la desembocadura hasta la divisoria en sus límites extremos sobre una línea recta paralela al eje del río principal, esta relación varía entre 0.60 y 1.00 (Gutiérrez *et al.*, 2012).

2.2.4. Relación de bifurcación

Se define a la relación de bifurcación como el resultado de dividir el número de canales de un orden dado entre el número de canales del orden inmediatamente superior, el valor medio de bifurcación de una cuenca se determina mediante la pendiente (Machaca, 2012).

2.2.5. Pluviograma o Hietograma

Según Villón (2002), el hietograma representa la variación de la intensidad expresada en (mm/h) de la tormenta, en el transcurso de la misma expresada en minutos u horas; a través de este hietograma se puede decir a que hora la precipitación adquirió su máxima intensidad y cual fue el valor de ésta. Matemáticamente se representa mediante la siguiente expresión:

Ecuación N° 2 para el cálculo de intensidad promedio.

$$i = \frac{dP}{dt}$$

Donde:

i= Intensidad

P= Precipitación

t= Tiempo

El hietograma es el gráfico de la intensidad de la lluvia en función del tiempo, mientras que el pluviograma es la distribución en el tiempo de la precipitación acumulada, por ello el pluviograma es la integral en el tiempo de hietograma (Martínez, 2005).

Al igual que los hietogramas también las curvas de intensidad, duración, periodo de retorno permiten tener un conocimiento de la variación de las características de la intensidad de la lluvia con respecto a su frecuencia y su duración (Pérez & Rodríguez, 2009).

2.2.6. Tipos de pluviómetros

Según Martínez (2015), los tipos de pluviómetros son:

- **Pluviómetros no registradores:** Constan de un embudo colector habitualmente de ocho pulgadas que recoge la lluvia y la vierte en un tubo medidor de sección menor (1/10 del diámetro del colector), donde por lectura directa se conoce la lluvia recogida. Esta medida se realiza de forma manual una o dos veces diarias (a las siete y a las 19 horas).
- **Pluviómetros registradores:** Son los que suministran la curva de lluvia en función del tiempo.

Para determinar la precipitación media sobre una zona, es necesario contar con una buena cantidad de estaciones pluviométricas, tomando en cuenta varios criterios como el “promedio aritmético”, los “polígonos de Thiessen” y el de “Isoyetas” entre otros, (Pérez & Rodríguez, 2009).

2.2.7. Análisis de información pluviométrica

Consiste en cuantificar los diferentes niveles de pluviosidad en cada una de las subcuencas a analizar para relacionarlos con su capacidad de producción de escorrentía; para este tipo de análisis se debe tomar en cuenta los datos de las estaciones ubicadas dentro y fuera de la cuenca de estudio (Ochoa, 2010).

2.2.8. Curvas IDF (Intensidad, Duración, Frecuencia)

Las curvas IDF son la representación gráfica de la relación que existe entre la intensidad y la duración de un evento máximo de lluvia, asociado a la frecuencia o periodo de retorno, donde para cada periodo de retorno se tiene una curva diferente (Pizarro *et al.*, 2013).

Las curvas IDF representan las características relevantes de las tormentas que ocurren en la zona, y su establecimiento radica en el tipo de información disponible, en el primer caso se procesan datos de pluviógrafo y en el segundo de pluviómetro (Campos, 2010).

Para el análisis de la distribución de la precipitación en un punto además de la relación entre la intensidad y la duración de la tormenta, es necesario introducir el concepto de probabilidad o de frecuencia con el fin de poder evaluar riesgos (Martínez E. , 2005).

2.2.9. Método de ajuste de bondad de Gumbel

Según Franquet (2010), la distribución de Gumbel es utilizada para valores independientes de variables meteorológicas y se ajusta a los valores máximos de la precipitación en diferentes intervalos de tiempo. Además se emplea para el estudio de períodos de retorno de las precipitaciones máximas registradas en 24 horas, y para el cálculo de los periodos de retorno.

Para el cálculo del período de retorno se determina mediante la siguiente expresión:

Ecuación N° 3 Método de ajuste de bondad de Gumbel

$$X = X_m + (y_t - y_n) * S_{n-1}/S_n$$

Donde:

X=Valor máximo para un periodo de retorno.

X_m= Media de la serie dada de valores máximos.

Y_t=Variable de Gumbel para el periodo de retorno.

Y_n= Valor que se obtiene a partir del número de años de la serie.

S_n= Valor que se obtiene a partir del número de años de la serie.

2.3. ESTIMACIÓN DE LLUVIA DE DISEÑO

Las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), son las que representan las características de las tormentas de la zona y determinan la magnitud de diseño, seleccionando primero el periodo de retomo (Tr) que tendrá el gasto máximo que se estima. Por lo tanto se puede decir que la intensidad de la lluvia debe ser el promedio factible de ocurrir en la cuenca o subcuenca analizada con el Tr seleccionado y con una

duración igual al tiempo de concentración (T_c) estimado para tal área (Campos D. , 2010).

Para la estimación de lluvias de diseño también se debe tomar en cuenta la elevación de los caudales a lo largo de la cuenca hidrográfica (Maass, 2015).

2.3.1. Tránsito de avenidas

Según Breña & Villa (2006), se denomina tránsito de avenidas a la transformación que sufre un hidrograma desde una sección transversal hasta otra ubicada después de un tramo de río o una presa, comúnmente se distinguen dos categorías:

Tránsito hidrológico: Se utiliza la ecuación de continuidad y una relación entre el almacenamiento y el gasto de salida. También es empleado para conocer el cambio en la forma y avance de la onda de avenida en un tramo de río.

Tránsito hidráulico: Se utilizan las ecuaciones diferenciales de continuidad y de conservación de la cantidad de movimiento para flujo no permanente o transitorio, además con este proceso se conoce la evolución del nivel de agua del cauce de un río.

2.3.2. Efecto laminador de un embalse

La disminución del valor máximo del caudal se genera a través del efecto laminador o atenuador (Martínez, 2005).

Según Robredo (2007), el cambio que sufre el hidrograma a lo largo de un tramo de un cauce se recalca en dos puntos:

- ✓ Un aumento del tiempo punta en el hidrograma de salida del tramo con respecto al hidrograma de entrada.
- ✓ Una disminución de caudal punta en el mismo sentido.

A medida que pasan los años la tecnología ha ido avanzando notablemente en el diseño de aplicaciones hidrológicas, tales como HEC-RAS y HEC-HMS, software que sirven para simular inundaciones y tomar acciones preventivas (Nanía, 2007).

2.4. ESCORRENTÍA

2.4.1. Gasto Base

Se refiere al gasto existente en la cuenca producto del escurrimiento permanente y el escurrimiento subterráneo, que de manera más lenta llega hasta la salida de la cuenca (Rivas *et al.*, 2008).

2.4.2. Estimación de caudales (Manning)

Según Flores (1999), para la estimación de caudales se utiliza la ecuación de Manning, el cual es un método que se basa en la relación matemática de las características geométricas e hidráulicas del río representadas a través de una fórmula matemática.

2.4.3. Caudales de avenida

Se define a la elevación de los niveles de agua en el cauce a valores no usuales, como consecuencia del crecimiento del caudal que circula por la red de drenaje; en la mayoría de los casos este caudal no es asimilado en su totalidad por la superficie de la cuenca (Robredo, 2007).

Según Robredo (2007), el objetivo del cálculo de caudales consiste en estimar los valores de flujo generalmente máximos originados en una sección determinada de un cauce, para una precipitación concreta, que incide en la cuenca vertiente correspondiente a dicha sección.

2.4.4. Fórmula Racional

Este método implica que para una intensidad constante de precipitación a lo largo del tiempo, llega un momento que todo el área tributaria es "efectiva", es decir, que existe una conexión "continua" mediante un hilo de agua entre todos los puntos de la cuenca y la sección de salida y, por lo tanto, el caudal saliente en dicho momento es máximo debido a que todos los "hilos" tienen la misma magnitud (Robredo, 2007).

Según Martínez *et al.*, (2010), la fórmula racional es un método donde se asume que el máximo porcentaje de escurrimiento de una cuenca pequeña, ocurre cuando la totalidad de dicha cuenca está contribuyendo al escurrimiento, y que el citado porcentaje de escurrimiento es igual a un porcentaje de la intensidad de lluvia promedio.

2.5. HIDROGRAMAS

Se define como hidrograma a la representación gráfica o tabular de la variación en el tiempo de los gastos que escurren por un cauce. En el que el gasto (Q) se define como el volumen de escurrimiento por unidad de tiempo (m^3/s) que escurre por un cauce (Breña & Villa, 2006).

2.5.1. Hidrograma unitario

Según Breña & Villa (2006), el hidrograma unitario de una cuenca se define como el hidrograma de escurrimiento directo, producido por 1 cm de lluvia en exceso, que cae

con una intensidad uniforme sobre toda la cuenca durante un tiempo determinado. Para la aplicación de este método es necesario tener disponibles registros simultáneos de lluvias y escurrimientos.

Para Martínez (2005), el método del Hidrograma unitario se basa en en la posibilidad de aplicación del principio de linealización al proceso de escorrentía.

2.5.2. Hidrogramas unitarios sintéticos

Según Villón (2002), es fundamental tener al menos un hidrograma medido a la salida de la cuenca con los registros de precipitación para usar el método del hidrograma unitario. En la construcción del hidrograma sintético se define características como: base, gasto pico y tiempos al pico en base a las propiedades físicas de la cuenca (Campos D. , 2010).

Para su aplicación se utiliza un hidrograma unitario obtenido en una cuenca o región hidrológica utilizando los parámetros fisiográficos de lugar donde fue calibrado (Breña & Villa, 2006).

2.5.3. Hidrograma adimensional SCS

Es un hidrograma unitario sintético que expresa la relación del caudal (q) con respecto al caudal pico (q_p) y del tiempo (t) con respecto al tiempo de ocurrencia del pico en el hidrograma unitario, (T_p). Los valores de (q_p) y (T_p) pueden estimarse usando un modelo simplificado de un hidrograma triangular (López, 2006).

2.5.4. Modelo de pérdida

Los modelos de pérdida simulan la cuenca como una serie de almacenamientos en mantos, en cada uno de estos reservorios en capas se considera las capacidades de volumen de almacenamiento, la tasa de caudales de ingreso o salida y las pérdidas. Estos reservorios se clasifican en intercepción elevada, intercepción superficial, perfil de suelo no saturado y agua subterránea (Reyna *et al.*, 2009).

1. **Intercepción foliar:** Consiste en la precipitación retenida en el follaje de los árboles, arbustos y que no llega a la superficie del suelo.
2. **Intercepción superficial:** Se refiere al agua retenida en las depresiones superficiales.
3. **Perfil de suelo no saturado:** Es el agua que se encuentra en el perfil del suelo.

4. **Agua subterránea:** Se divide en dos reservorios. El primer reservorio corresponde a la napa freática y el segundo reservorio al primer manto confinado o semi-confinado.

2.5.5. Cálculo del tiempo de retorno

Según Martínez *et al.*, (2010), se denomina periodo de retorno como el intervalo de recurrencia (T), al lapso promedio en años entre la ocurrencia de un evento igual o mayor a una magnitud dada. El valor del periodo de retorno se calcula en función de la posición de la variable aleatoria en una tabla de valores, ordenados de mayor a menor en base a las siguientes relaciones:

Ecuación N° 4 probabilidad y tiempo de retorno.

$$T = \frac{n + 1}{m} \quad y \quad P = \frac{m}{n + 1}$$

Donde:

T= Período de retorno (años)

n= Número de años de registro

m= Número de orden

P= Probabilidad

2.5.6. Cálculo del tiempo de punta

El cálculo del tiempo de punta es el tiempo transcurrido desde el origen hasta el instante de producirse el máximo caudal. Los tramos del hidrograma, comprendidos dentro del tiempo de base, se denomina de crecida o de decrecida, según los caudales aumenten o disminuyan con el tiempo (Hinojosa, 2000).

2.5.7. Hidrograma de Snyder

Según Martínez (2005), el hidrograma de snyder es valido para cuencas de intermedias a grandes, de los 500 km², y el tiempo se lo expresa de la siguiente manera:

Ecuación N° 5 de Snyder.

$$t_l = Cr(L.Lc)^{0,3}$$

Donde:

tp = tiempo de retardo en horas

L = longitud (en Km.) del cauce más largo

Lc = longitud (en Km.) desde el c. de g. de la cuenca al punto de control

Ct, = coeficiente de almacenamiento del orden de 1,5 con rango entre 1,30 y 1,7 función de la capacidad de almacenamiento de la cuenca.

2.6. INFILTRACIÓN

Se denomina infiltración la cantidad de agua que atraviesa la superficie del terreno por unidad de tiempo y se desplaza al subsuelo, para medir la infiltración y los cambios de la condición hidráulica del medio se utilizan las técnicas de la tensión, contenido de humedad, conductividad y difusividad hidráulica y los instrumentos denominados infiltrómetros (Breña & Villa, 2006).

Según Pizarro *et al.*, (2002), para medir la velocidad de infiltración, existen varios métodos, entre ellos:

- ✓ Cilindros infiltrómetros
- ✓ Surcos infiltrómetros
- ✓ Método de represa o poceta

2.6.1. Método del cilindro simple

Este método se utiliza para determinar la velocidad de infiltración en suelos en los que se establecerán métodos de riego, tales como acequias en contorno, bordes, tazas, aspersion y goteo (Pizarro *et al.*, 2002).

2.6.2. Velocidad de infiltración instantánea

Según Delgadillo (2016), la velocidad de infiltración instantánea es el valor puntual obtenido en un tiempo determinado, cuando se introduce este último en la curva representativa.

Ecuación N° 6 para infiltración instantánea.

$$I = at^b$$

Donde:

- I= Velocidad de infiltración, expresada en mm/hora, cm/hora, etc.
- t= Tiempo de oportunidad (tiempo de contacto del agua con el suelo) expresado en minutos u horas

- **a=** Coeficiente que representa la velocidad de infiltración para el intervalo inicial de tiempo
- **b=** Exponente adimensional que varía de acuerdo a las características del suelo entre 0 y-1

2.6.3. Velocidad de infiltración básica

La infiltración básica es la velocidad de infiltración registrada cuando, en un periodo de una hora, se produce un cambio igual o menor al 10% en la velocidad de infiltración. Esta velocidad, depende fuertemente de la textura del suelo, así el tiempo para alcanzar esta velocidad y su valor dependerá de la textura (Delgadillo, 2016).

2.7. PROGRAMAS INFORMÁTICOS

2.7.1. HEC-HMS

Es un software desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (*HEC-Hydrologic Engineering Center*) del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos *US Army Corps* (Villón, 2002).

Para Martínez (2005), el modelo HEC-HMS es una versión basada en la utilización de ventanas interactivas que permiten la introducción de datos como la obtención de datos numéricos y gráficos; además de ello se puede simular una determinada tormenta que posteriormente es analizada por métodos hidrológicos.

El modelo HEC-HMS figura la respuesta que tendrá la cuenca de un río en su escurrimiento superficial, como producto de una precipitación mediante la representación de la cuenca (Villón, 2002).

Los componentes utilizados por HEC-HMS son: modelos de cuenca, modelos meteorológicos, especificaciones de control y datos de entrada (Nanía, 2007).

Según Martínez (2005), las funciones del modelo son:

- Modelización de cuencas complejas por medio de división en subcuencas.
- Inclusión de lluvia con creación de tormenta de lluvia de proyecto.
- Cálculo de hidrogramas y superposición de hidrogramas.
- Tránsito de hidrograma
- Laminación de embalse y otros efectos de obras en el cauce.

Es importante recalcar que el modelo HEC-HMS al igual que el software HEC-RAS incluyen un grupo de módulos orientados a la calibración del modelo, lo cual facilita los

procesos habituales que se realizan en los análisis de sensibilidad y calibrado de los modelos (Martínez, 2005).

Por otro lado la aplicación del programa HEC- HMS sobre análisis de caudales de crecientes en la cuenca hidrográfica del río Catarama permitió diseñar una simulación del proceso de precipitación-escorrentía de la cuenca, considerando no solamente características físicas como superficie de drenaje, tiempo de concentración, pendiente del cauce y estimación del número de curva; sino que también se tomaron en cuenta las pérdidas existentes en el tránsito, lo que genera hidrogramas para cada una de las subcuencas en las que se dividió el área de estudio (Vintimilla & Zhungo, 2013).

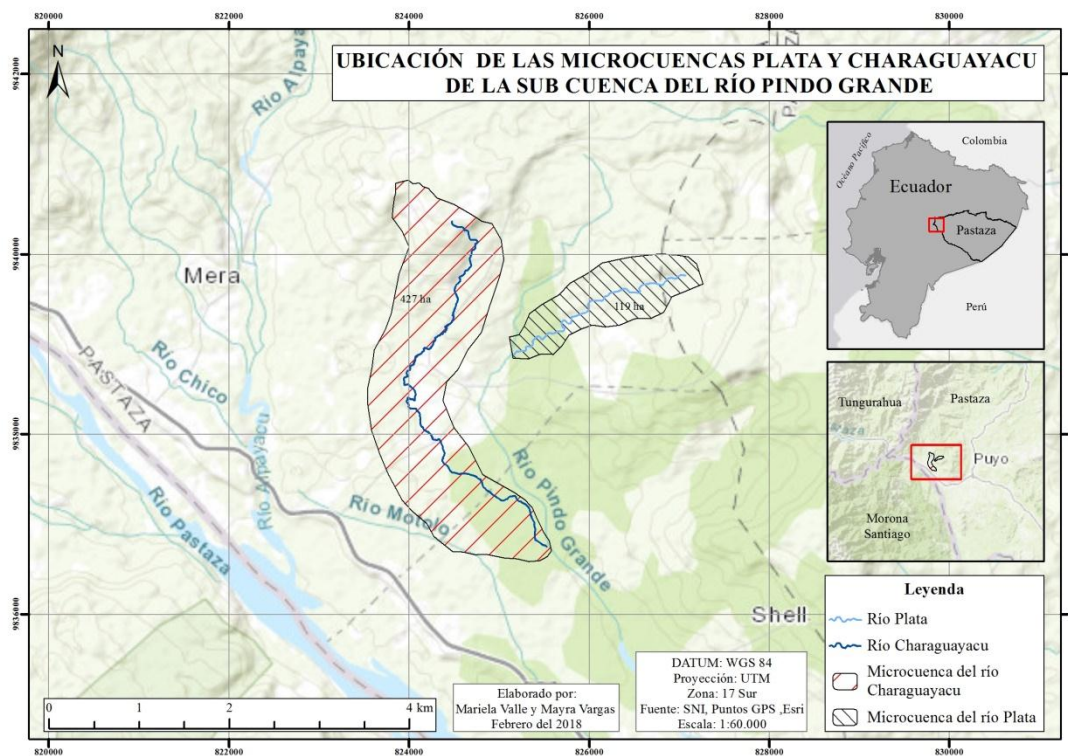
Así mismo en la determinación de caudales extremos mediante la modelación hidrológica y análisis de escenarios, se concluyó que la modelización de la cuenca del río Zarumilla fue satisfactoria al igual que su calibración, ya que se logró una correlación apropiada entre los valores de caudales máximos calculados por el modelo y los obtenidos probabilística (Oñate, 2017). Además, se logró generar el escenario de cambio de suelo para el año 2027 y determinar su efecto en los caudales extremos de la zona de estudio.

En cambio en el análisis de ajuste, sensibilidad e incertidumbre de los parámetros del modelo mediante el método del Sistema de Conservación de Suelo (SCS), presentó un buen ajuste en la estimación de la precipitación de excesos cuando se emplean los resultados de los parámetros calibrados (Monroy, 2010). Concluye que el valor de la precipitación de excesos con éste modelo da mayor al valor registrado para los casos analizados con los parámetros recomendados por la literatura y con los resultados del estudio.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN



Fuente: Ubicación de los tributarios Plata y Charaguayacu de la subcuenca del río Pindo Grande.

El cantón Mera se encuentra en la provincia de Pastaza, el cual cuenta con varios ríos entre ellos está la subcuenca del río Pindo Grande formada por el río Charaguayacu ubicado a 1,4 Km de la Estación Pindo Mirador y el río Plata a 1 Km de dicha estación.

3.1.1. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS DE LAS MICROCUENCAS PLATA Y CHARAGUAYACU

3.1.1.1. Clima

Una de las características de las microcuencas es el clima, el cual es considerado Cálido-Húmedo lo que define en gran medida el régimen hidrológico, con una temperatura promedio de 22°C, la cual varía de acuerdo meses lluviosos que son abril, septiembre y octubre, mientras los meses menos lluviosos corresponden a los meses de mayo y julio (GAD, 2009).

3.1.1.2. Suelo

Los suelos de las microcuencas Plata y Charaguayacu de acuerdo a su clasificación corresponde al orden Inceptisol, considerados potencialmente erosivos y con alta retención de agua debido a la irregularidad en su composición de origen aluvial y volcánico con presencia de suelos superficiales, lo que genera poca resistencia a ciertas actividades agrícolas como la del pisoteo del ganado. Debido a las altas precipitaciones los suelos se presentan lixiviados y saturados, dando el origen a muy bajas reservas de nutrientes y con pH ácido (GAD, 2009).

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta es una investigación exploratoria y descriptiva la misma que consistió en identificar las características geomorfológicas de las microcuencas Plata y Charaguayacu pertenecientes a la subcuenca del río Pindo Grande, con la que se logró modelar sus caudales en casos de crecida.

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

En la presente investigación se levantó información mediante observación en campo, medición de caudales y modelamiento de los mismos a través de programas informáticos.

3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1. DELIMITACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

Para la delimitación de la subcuenca del río Pindo Grande se realizó un recorrido a lo largo de la cuenca hidrográfica, identificando los puntos y con la ayuda de los programas ARGIS, HEC-RAS, HEC-HMS y la información base geoespacial se delimitará la cuenca siguiendo la divisoria de la misma (Ruiz, 2008).

3.4.2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS RELATIVOS AL RELIEVE

3.4.2.1. Pendiente: Viramontes & Pinedo (2002), la fórmula para el cálculo de la pendiente es la siguiente:

Ecuación N° 8 Pendiente

$$Sm = \frac{H_{m\acute{a}x} - H_{m\acute{i}n}}{D}$$

Donde:

- S = Pendiente
- Hmáx = Altura máxima
- Hmín = Altura mínima
- D = Distancia

3.4.2.2. Cálculo del tiempo de concentración (TC)

Según Ibáñez *et al.*, (2012), el tiempo de concentración se determinó a través de la fórmula de Kirpich:

Ecuación N° 11 Tiempo de concentración.

$$T_c = 0,06628L^{0,77} / S^{0,385}$$

Dónde:

- Tc= tiempo de concentración (horas)
- L= longitud del cauce (km)
- S= pendiente

3.4.3. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ASOCIADOS A LA FORMA DE LA CUENCA

3.4.3.1. Coeficiente de compacidad (Kc): Para Fuentes (2004), este parámetro se determinó a través de la siguiente ecuación:

Ecuación N° 7 Coeficiente de compacidad.

$$K_c = \frac{0.28 * P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

Kc: Coeficiente de compacidad

P: Perímetro de la cuenca (longitud de la línea de parteaguas km)

A = Área de la cuenca (km²)

Se han establecido tres categorías para la clasificación de acuerdo con este parámetro:

Tabla 1. Características de la cuenca de acuerdo con el valor kc

VALORES DE Kc	FORMA
1.00 – 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: (Fuentes, 2004).

3.4.4. PARÁMETROS RELATIVOS AL DRENAJE

3.4.4.1. Densidad de Drenaje: Viramontes & Pinedo (2002), proponen la siguiente ecuación para su respectivo cálculo:

Ecuación N° 9 Densidad de drenaje.

$$Dd = \frac{\sum Lc}{A}$$

Donde:

- Dd = Densidad de drenaje
- $\sum Lc$ = Longitud total de los cauces (Km)
- A = Área de la cuenca (Km²)

3.4.4.2. Densidad de corrientes: Para Campos (2010), la densidad de corrientes se expresa mediante la siguiente formula:

Ecuación N° 10 Densidad de corrientes.

$$Ds = \frac{Ns}{A}$$

Donde:

- Ds = Densidad de corrientes
- Ns = Número de corrientes
- A = Área de la cuenca, en (Km²)

3.4.5. DETERMINACIÓN DE LA PLUVIOMETRÍA.

3.4.5.1. Estimación a partir de datos de lluvia diaria

La estimación de los datos de precipitación diaria se obtuvo de la estación meteorológica Pindo Mirador, recopilando la información sobre las lluvias máximas diarias registradas, formando una serie anual de lluvias máximas diarias; seleccionando el registro del día más lluvioso, asociadas a un periodo de retorno de hasta cinco años, a su vez se determinó datos como duración y frecuencia (Ramírez & López, 2015).

3.4.6. METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CURVAS IDF.

Según Pizarro *et al.*, (2005), para la construcción de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia existen dos métodos; el primero, llamado de intensidad - período de retorno, se relacionará estas dos variables para cada duración por separado, mediante alguna de las funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología. El otro método se relacionará simultáneamente la intensidad, la duración y el período de retorno en una familia de curvas, cuya ecuación es:

Ecuación N° 12 Curvas IDF.

$$I = \frac{P}{D}$$

- I= Intensidad de precipitación en mm/h
- P= Profundidad de lluvia en mm
- D= Duración en horas

Para el cálculo del periodo de retorno se lo representó mediante la siguiente expresión:

Fórmula de Gumbel:

$$X = X_m + (y_t - y_n) * S_{n-1}/S_n$$

Donde:

X=Valor máximo para un periodo de retorno.

X_m= Media de la serie dada de valores máximos.

Y_t=Variable de Gumbel para el periodo de retorno.

Y_n = Valor que se obtiene a partir del número de años de la serie (**ANEXO 3**).

S_n = Valor que se obtiene a partir del número de años de la serie (**ANEXO 3**).

3.4.7. Hietograma de diseño

Según Castro (2015), en la construcción del hietograma de diseño se utilizaron las curvas de intensidad duración y frecuencia (IDF), mediante el denominado método de bloque alterno. El hietograma de diseño producido por este método específico la profundidad de precipitación en intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt , sobre una duración total aplicando la siguiente formula:

Ecuación N° 13 Hietograma de diseño.

$$T_d = n * \Delta t$$

Una vez seleccionado el periodo de retorno de diseño, la intensidad se interpretó en una curva IDF para cada una de las duraciones de Δt , y la profundidad de precipitación correspondiente se encontrará al multiplicar la intensidad y la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, posteriormente se determinó la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo Δt (Castro, 2015).

3.4.8. ESTIMACIÓN DE CAUDALES – MANNING

El caudal se calculó mediante la ecuación de Manning.

Ecuación N° 14 Manning.

$$V = (R^{2/3} S^{1/2}) / n$$

donde:

V = Velocidad media de la corriente (m/s)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente media del canal (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning, este valor se obtuvo con la fórmula $n = 0,0495 * (\text{Diámetro de piedras})^{0,16}$.

3.4.9. ESTIMACIÓN DE MODELOS EMPÍRICOS DE LA RELACIÓN LLUVIA-ESCURRIMIENTO.

3.4.9.1. Fórmula racional: para la ecuación del coeficiente de escorrentía se utilizó la fórmula racional que se expresa de la siguiente manera:

Ecuación N° 15 Fórmula racional.

$$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$$

Donde:

Q = Caudal (m^3 / seg)

C = Coeficiente de escorrentía (0,1 a 0,7)

I = Intensidad de precipitación (mm/hr)

A = Superficie de la cuenca (km^2)

Ecuación N° 16 Intensidad.

$$I = \left(\frac{p. \max 24}{24} \right) * ((24/Tc)^{0,6})$$

Donde:

I = Intensidad

Tc = Tiempo de concentración

3.4.10. HIDROGRAMA UNITARIO DEL UNITED STATES SOIL CONSERVATION SERVICE, SCS.

El hidrograma SCS se usa en cuencas de mediano tamaño ($2.5\text{-}25 \text{ km}^2$) y se basa en el análisis de un gran número de hidrogramas unitarios naturales de varias cuencas hidrográficas (Lavao , 2014).

Método del número de curva cn:

Para el número de curva primero se tomó en cuenta el menor valor de la tasa de infiltración de los datos registrados por cada río (**VER ANEXO 4 - 5**) y de esta manera determinar a que grupo corresponde el tipo de suelo, capacidad de infiltración y textura (**VER ANEXO 6**). Luego se determinó la condición hidrológica en función de la hojarasca, humus y capacidad del suelo (**VER ANEXO 7**), posteriormente se estableció el número de curva a partir de la condición hidrológica (**VER ANEXO 8**). Para determinar la condición procedente de la humedad se realizó la sumatoria de la precipitación los cinco días anteriores a la infiltración (**VER ANEXO 9**). Finalmente se efectuó la conversión del número de curva correspondiente a cada uno de los ríos (**VER ANEXO 10**).

Según Ruiz & Martínez, (2010), menciona que SCS el tiempo de recesión puede aproximarse a $1,67 T_p$. Como el área del hidrograma es igual a 1 cm , se demuestra que:

Ecuación N° 17 Duración de lluvia efectiva

$$D = 0,133 * T_c$$

Donde:

D = Duración de lluvia efectiva

Tc = Tiempo de concentración

Ecuación N° 18 Tiempo de retardo

$$T_r = 0,6 * T_c$$

Donde:

Tr = Tiempo de retardo

Tc = Tiempo de concentración

Ecuación N° 19 Caudal Punta

$$q_p = \frac{2,08 * A}{T_p}$$

Donde:

q_p = Caudal punta (m^3/s)

A = Área de la cuenca (km^2)

T_p = Tiempo al pico (h).

El tiempo pico (T_p) se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ecuación N° 20 tiempo en punta.

$$T_p = \frac{D}{2} + t_r$$

Donde:

T_p = Tiempo en punta

D = Duración de la lluvia efectiva

t_r = Tiempo de retardo

3.4.11. MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO DEL INFILTRÓMETRO DE ANILLO SIMPLE

Este método se utilizó para determinar la velocidad básica de infiltración vertical del suelo, para ello se introdujo un anillo que se incorporó en el suelo a una profundidad de 10 a 15 cm, hasta que este enterrado y nivelado, luego se procedió a llenarlo con agua hasta el mismo nivel. El método consistió en tomar lecturas del descenso del nivel del agua en el anillo. Cuando se consiguió que la tasa de infiltración sea constante, la prueba terminó (Coello, 2005). En infiltración se realizó las pruebas en tres zonas a ambos lados del río (derecho e izquierdo), tomando en cuenta la cobertura vegetal y el tipo de suelo. Para el desarrollo de la tabla de infiltración se utilizaron las siguientes fórmulas:

- Infiltración Parcial = Valor anterior de la lectura parcial – Actual valor parcial
- Infiltración Acumulada = Valor de la infiltración parcial + Anterior valor de la infiltración acumulada.

- Velocidad de Infiltración = Infiltración Acumulada ÷ Tiempo acumulado
- Velocidad constante de Infiltración = Valor actual de velocidad de infiltración + Velocidad de infiltración anterior.

3.4.12. METODOLOGÍA PARA EL MODELAMIENTO UTILIZANDO HEC-HMS

A través del software HEC-HMS se realizó el modelamiento de los caudales de los ríos Plata y Charaguayacu de los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre y enero; utilizando el área de la cuenca, tiempo de concentración, número de curva y las precipitaciones de los años 2014, 2015, 2016, 2017 y enero del 2018 obtenidas de la estación biológica Pindo Mirador.

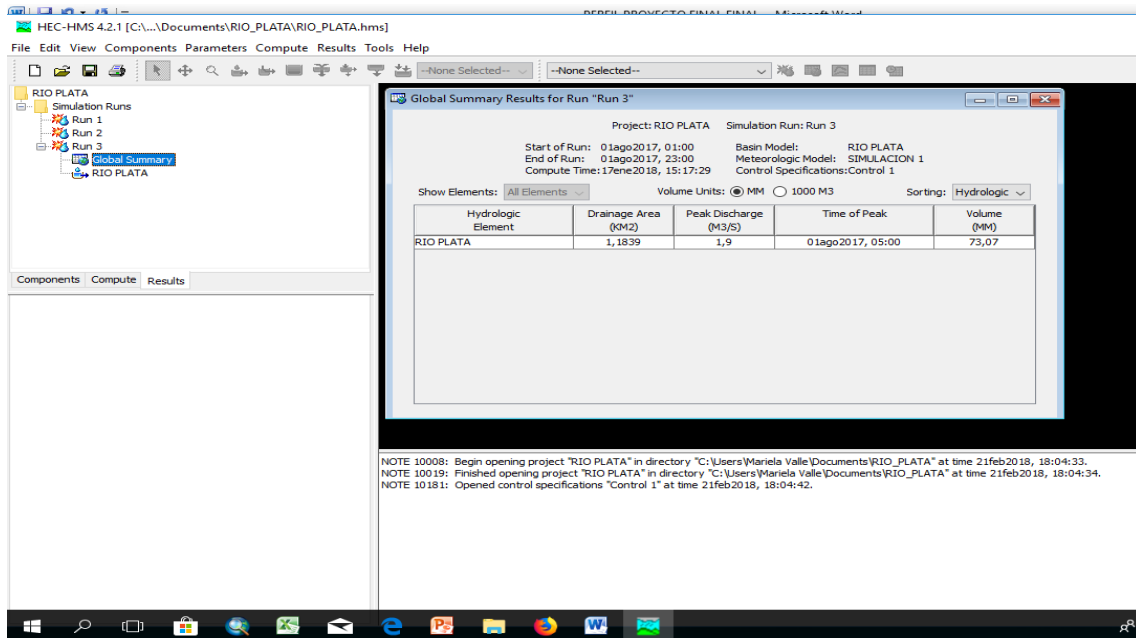


Fig. 1 Aplicación del Software HEC-HMS para modelamiento.

3.5. RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES

- ✓ Distanciómetro
- ✓ GPS
- ✓ GPS de precisión
- ✓ Cámara Fotográfica
- ✓ Computadora
- ✓ Material de oficina
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Flexómetro
- ✓ Palo de escoba
- ✓ Nivel

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El río Charaguayacu presentó una pendiente de 0,072 y el río Plata de 0,0705 esto indica que las dos pendientes corresponden a características de una zona montañosa. Respecto al tiempo de concentración, el río Charaguayacu tiene 0,699 y el río Plata 0,393. De acuerdo al coeficiente de compacidad para los dos ríos se determinó que la forma de la cuenca es redonda, por lo tanto existe un alto riesgo de inundación. Según González (2004), cuanto más redonda es una cuenca más tarda en llegar la onda de crecida a la desembocadura, pero al mismo tiempo más acusado es el caudal punta.

En el río Charaguayacu la densidad de drenaje es de 3,66 km/km² y en el río Plata 4,33 km/km², lo cual indica según Gonzáles (2000), que la menor densidad de drenaje coincide con zonas cultivadas o urbanizadas. La densidad de corrientes del río Charaguayacu es de 4,47 y del río Plata es de 0,13, ello indica que el mayor número de corrientes corresponde al río Charaguayacu.

Tabla 2. Parámetros relativos al relieve, forma de la cuenca y drenaje de los ríos Plata y Charaguayacu.

RÍOS	PARÁMETROS RELATIVOS AL RELIEVE		PARÁMETROS ASOCIADOS A LA FORMA DE LA CUENCA	PARÁMETROS RELATIVOS AL DRENAJE	
	Pendiente (S)	Tiempo de concentración (Tc)	Coeficiente de compacidad (Kc)	Densidad de drenaje	Densidad de corrientes
Charaguayacu	0,072	0,699	1,52	3,66km/km ²	4,47
Plata	0,0705	0,393	1,05	4,33km/km ²	0,13

4.1. ESTIMACIÓN DE CAUDALES - MANNING

La parte alta del río Charaguayacu tiene un caudal de 3,98 m³/h y la desembocadura 2,49 m³/h; esta diferencia de caudales se debe a que en la parte alta la densidad de corrientes es mayor que en la parte baja. Respecto al comportamiento de los diferentes meses de muestreo, en la parte alta el mes de mayor caudal fue agosto y en la desembocadura el mes de noviembre (**VER TABLA 3, GRÁFICO 1**).

Tabla 3. Caudales de Manning - Río Charaguayacu

PARTE ALTA	Fecha		Ancho (m)	Profundidad promedio (hx)	Am (m ²)	Pm (m)	Área de mojado promedio (m ²)	Perímetro de mojado promedio (m)	Radio Hidráulico (Rh)	Pendiente (%)	Coficiente de rugosidad Manning	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)
	1/8/2017	Entrada	8,45	0,220	1,855	8,524	2,007	8,544	0,235	0,031	0,036	1,843	3,980
		Salida	8	0,270	2,160	8,564							
	21/9/2017	Entrada	7,95	0,264	2,098	8,037	1,511	7,666	0,197	0,031	0,036	1,639	1,514
		Salida	7,26	0,127	0,924	7,296							
	30/10/2017	Entrada	8,3	0,169	1,403	9,080	1,157	8,460	0,137	0,031	0,036	1,285	1,172
		Salida	7,6	0,120	0,912	7,840							
	29/11/2017	Entrada	8	0,174	1,396	8,780	1,229	8,664	0,142	0,031	0,036	1,316	1,398
		Salida	7,9	0,134	1,062	8,548							
	11/12/2017	Entrada	9	0,193	1,737	9,820	1,454	9,365	0,155	0,031	0,036	1,398	1,635
Salida		7,8	0,150	1,170	8,910								
16/1/2017	Entrada	8	0,177	1,413	9,780	1,073	8,335	0,129	0,031	0,036	1,234	0,904	
	Salida	6,3	0,116	0,732	6,890								

DESEMBOCADURA	1/8/2017	Entrada	11,3	0,164	1,851	12,044	1,629	13,036	0,125	0,011	0,038	0,694	0,976
		Salida	13,5	0,104	1,406	14,028							
	21/9/2017	Entrada	12,2	0,133	0,011	12,278	1,089	14,290	0,076	0,011	0,038	0,499	1,081
		Salida	15	0,144	2,167	16,302							
	30/10/2017	Entrada	13	0,161	2,089	14,020	1,933	14,165	0,136	0,011	0,038	0,736	1,308
		Salida	13,6	0,131	1,777	14,310							
	29/11/2017	Entrada	11,7	0,179	2,097	12,450	2,382	12,170	0,196	0,011	0,038	0,936	2,496
		Salida	10,7	0,249	2,666	11,890							
	11/12/2017	Entrada	11	0,216	2,374	11,850	2,323	11,740	0,198	0,011	0,038	0,943	2,141
		Salida	10,9	0,208	2,271	11,630							
	16/1/2017	Entrada	11,75	0,231	2,712	12,453	2,564	11,791	0,217	0,011	0,038	1,004	2,427
		Salida	10,7	0,226	2,416	11,130							

Fuente: Elaborado por autores.

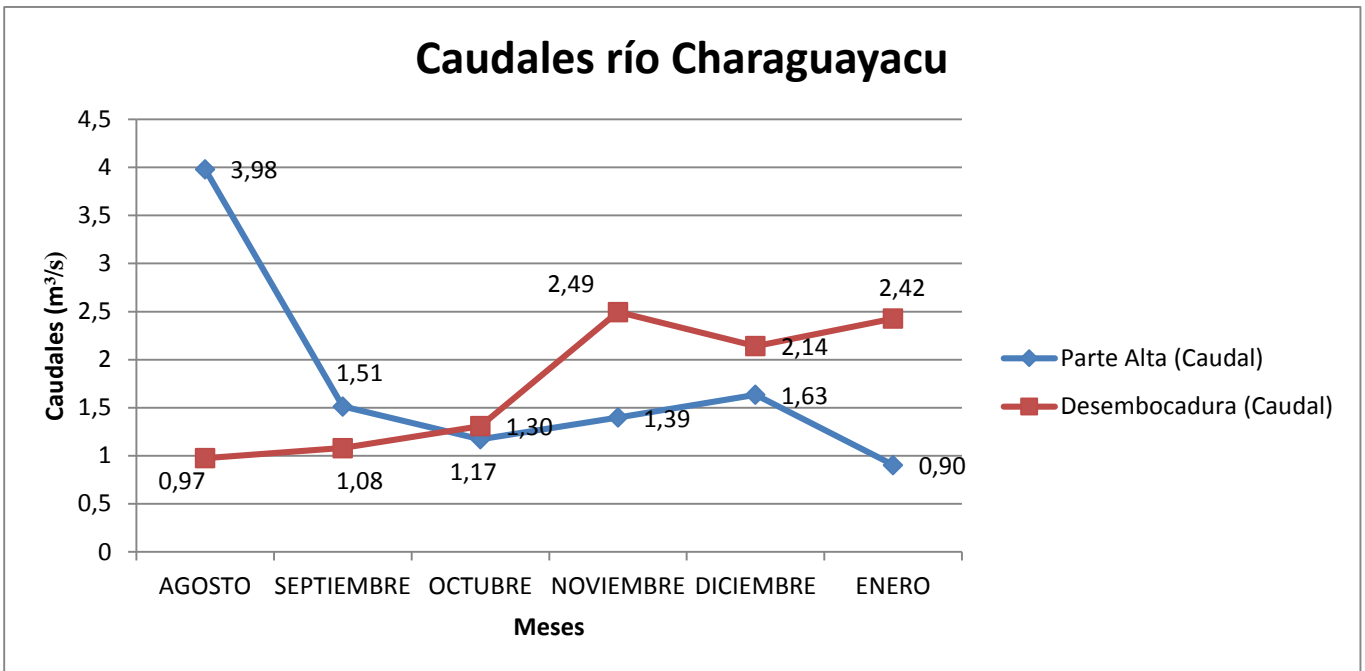


Gráfico N° 1. Caudales de la parte alta y desembocadura del río Charaguayacu.

Fuente: Elaborado por autores.

La parte alta del río Plata tiene un caudal de 2,07 m³/h y la parte baja 1,32 m³/h; esta diferencia de caudales se debe a que en la parte alta la densidad de corrientes es mayor que en la parte baja. Respecto a los meses de muestreo en la parte alta el mes de enero tuvo un mayor caudal y en la parte baja el mes de octubre (**VER TABLA 4, GRÁFICO 2**). El caudal del río Charaguayacu es de 3,98 m³/h en comparación en el río Plata que tiene un caudal de 2,07 m³/h; esto se debe, según Lareque *et al.*, (2004), a la variación espacial en relación a los importantes cambios fisiográficos de sus cuencas, por ejemplo el clima, relieve y la pendiente, etc.

Tabla 4. Caudales de Manning - Río Plata

PARTE ALTA	Fecha		Ancho (m)	Profundidad promedio (hx)	Am (m ²)	Pm (m)	Área de mojado promedio (m ²)	Perímetro de mojado promedio (m)	Radio Hidráulico (Rh)	Pendiente (%)	Coficiente de rugosidad Manning	Velocidad (m/s)	Caudal (m ³ /s)	
	1/8/2017	Entrada		4,800	0,141	0,678	5,174	0,638	5,052	0,126	0,091	0,039	1,927	1,153
		Salida		4,400	0,136	0,598	4,930							
	21/9/2017	Entrada		4,920	0,170	0,836	5,421	0,698	5,623	0,124	0,091	0,039	1,951	1,093
		Salida		5,700	0,098	0,560	5,824							
	30/10/2017	Entrada		4,920	0,177	0,869	5,126	0,881	5,770	0,153	0,091	0,039	2,239	2,000
		Salida		5,790	0,154	0,893	6,414							
	29/11/2017	Entrada		6,200	0,104	0,643	6,530	0,663	6,750	0,098	0,091	0,039	1,668	1,137
		Salida		6,200	0,110	0,682	6,970							
	11/12/2017	Entrada		6,400	0,148	0,944	6,790	0,903	6,855	0,132	0,091	0,039	2,028	1,748
		Salida		6,100	0,141	0,862	6,920							
	16/1/2017	Entrada		5,800	0,167	0,969	7,520	0,993	7,465	0,133	0,091	0,039	2,041	2,074
		Salida		6,300	0,161	1,016	7,410							

PARTE BAJA	1/8/2017	Entrada	4,600	0,122	0,561	4,872	0,557	4,644	0,120	0,084	0,040	1,753	0,967
		Salida	3,770	0,146	0,552	4,417							
	21/9/2017	Entrada	4,410	0,125	0,551	4,738	0,553	4,631	0,119	0,084	0,040	1,749	0,970
		Salida	3,820	0,145	0,555	4,524							
	30/10/2017	Entrada	6,880	0,184	1,264	8,080	0,958	6,455	0,148	0,084	0,040	2,022	1,320
		Salida	4,400	0,148	0,653	4,830							
	29/11/2017	Entrada	4,760	0,155	0,738	5,128	0,586	4,909	0,119	0,084	0,040	1,749	0,761
		Salida	4,500	0,097	0,435	4,690							
	11/12/2017	Entrada	5,700	0,113	0,643	6,070	0,647	5,650	0,114	0,084	0,040	1,700	1,105
		Salida	4,700	0,138	0,650	5,230							
	16/1/2017	Entrada	4,500	0,190	0,855	6,300	0,693	5,975	0,116	0,084	0,040	1,716	0,913
		Salida	5,100	0,104	0,532	5,650							

Fuente: Elaborado por autores.

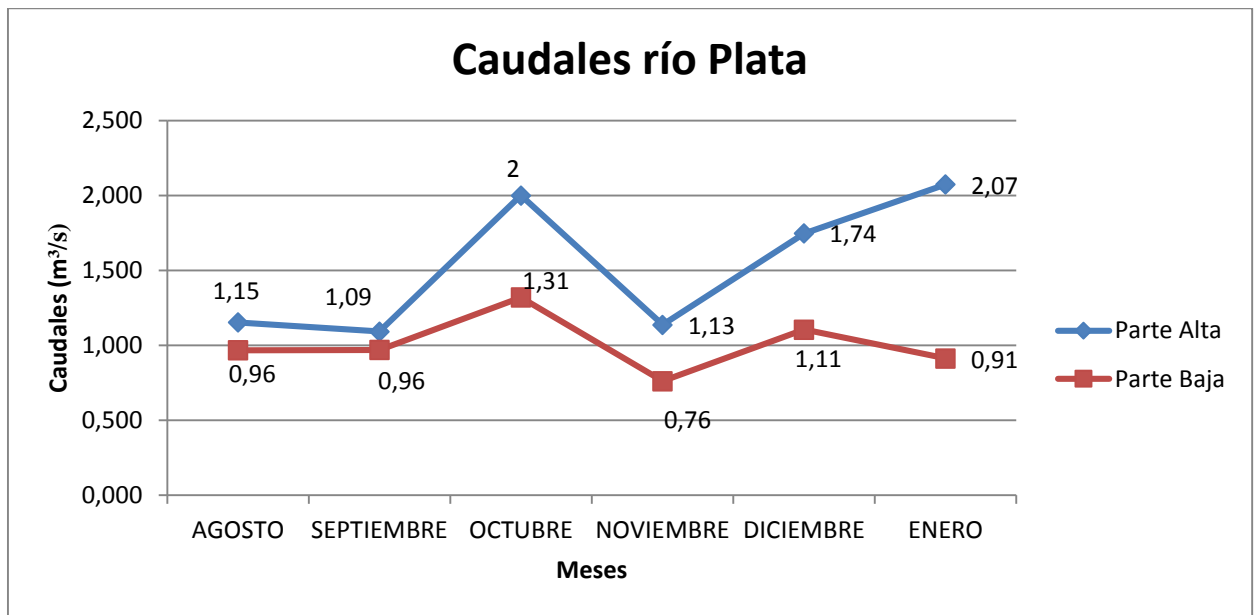


Gráfico N° 2. Caudales de la parte alta y parte baja del río Plata.

Fuente: Elaborado por autores.

4.2. ESTIMACIÓN DE MODELOS EMPÍRICOS DE LA RELACIÓN LLUVIA-ESCURRIMIENTO.

4.2.1. Fórmula racional Charaguayacu:

En este caso el río Charaguayacu no aplica porque sobrepasa los límites establecidos de un área menor a 3km.

4.2.2. Fórmula racional Plata:

El caudal máximo del río Plata es de 13,82 m³/s para periodos de retorno de 2 y 5 años.

Tabla 5. Parámetros asociados a la fórmula racional.

Área	1,18
Área m ²	1183900,00
Tiempo de concentración	0,39
Precipitación max 24	214,00
Periodo de retorno 2 y 5 años	
C	0,40
Intensidad	0,11
Caudal	13,82

Fuente: Elaborado por autores.

4.3. HIDROGRAMA UNITARIO DEL UNITED STATES SOIL CONSERVATION SERVICE, SCS.

En la microcuenca del río Charaguayacu por cada mm de lluvia se genera 18,95 m³/s de caudal (**VER TABLA 6**), mientras que en el río Plata por cada mm de lluvia se genera 9,39 m³/s de caudal (**VER TABLA 7**).

Tabla 6. Parámetros para el modelamiento del hidrograma SCS del río Charaguayacu.

Área	4,246
Tiempo de concentración	0,699
D (Duración lluvia efectiva)	0,093
Ti (Tiempo de retardo)	0,420
Tp (Tiempo en punta en horas)	0,466
Qp (Caudal en Punta m ³ /s)	18,950

Fuente: Elaborado por autores.

Tabla 7. Parámetros para el modelamiento del hidrograma SCS del río Plata.

Área	1,184
Tiempo de concentración	0,393
D (Duración lluvia efectiva)	0,052
Tr (Tiempo de retardo)	0,236
Tp (Tiempo en punta en horas)	0,262
Qp (Caudal punta m ³ /s)	9,392

Fuente: Elaborado por autores.

4.3.1. MODELAMIENTO CON HIDROGRAMA UNITARIO SCS

En el río Charaguayacu a los 70 mm el máximo caudal del mes de agosto será de 133,62 m³/s, septiembre a los 80 mm 152,68 m³/s, octubre a los 80 mm 152,91 m³/s, noviembre a los 80 mm 153 m³/s, diciembre a los 80 173,54 m³/s y en el mes de enero a los 80 mm 154,02 m³/s, de los cuáles los meses de mayor caudal fueron diciembre y enero (**VER GRÁFICO N° 3, 4, 5, 6, 7, 8, ANEXO 11**). En el río Plata a los 80 mm el máximo caudal de los siguientes meses será: mes de agosto 76,29 m³/s, septiembre 76,10 m³/s, octubre 76,45 m³/s, noviembre 75,89 m³/s, diciembre 76,24 m³/s y en el mes de enero 76,05 m³/s, por lo tanto los meses de mayor caudal fueron agosto y octubre (**VER GRÁFICO N° 10, 11, 12, 13, 14, 15, ANEXO 12**).

En la proyección de caudales en función de las lluvias presentadas del río Charaguayacu para 2 años es 198,47 m³/s de caudal y para 5 años 295,60 m³/s de caudal total (**VER GRÁFICO 9**). La proyección de caudales del río Plata para 2 años es 4,20 m³/s de caudal y para 5 años 5,70 m³/s (**VER GRÁFICO 16**).

MODELAMIENTO SISTEMA DE CONSERVACIÓN DE SUELO (SCS) RÍO CHARAGUAYACU

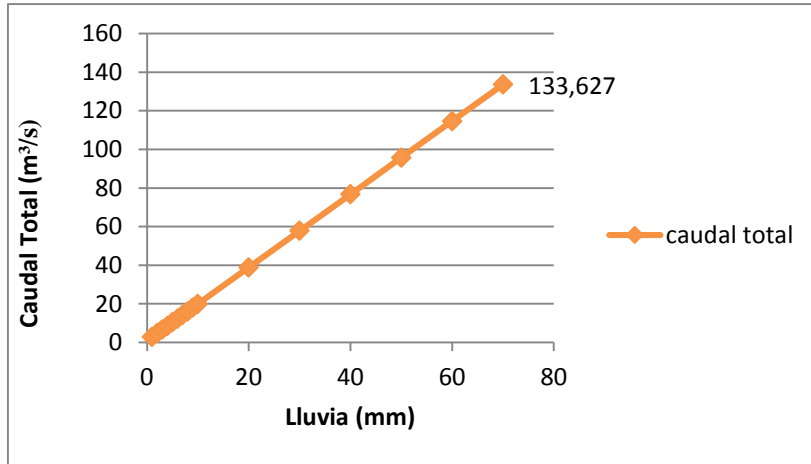


Gráfico N° 3 Caudal del mes de Agosto

Fuente: Elaborado por autores

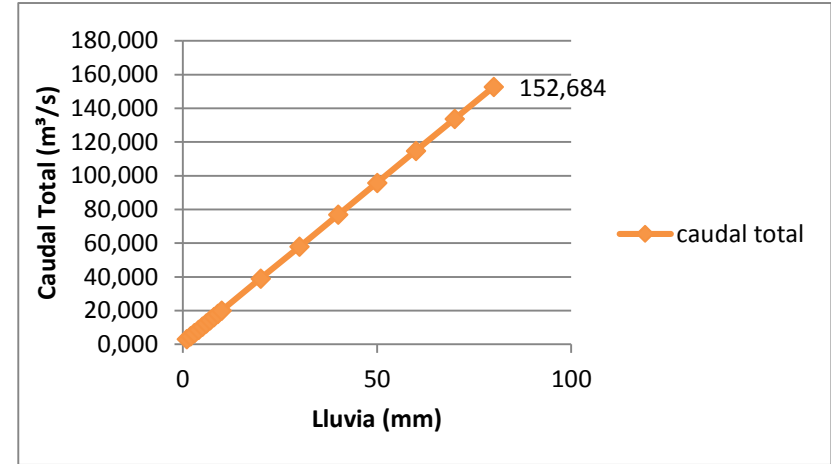


Gráfico N° 4 Caudal del mes de Septiembre

Fuente: Elaborado por autores

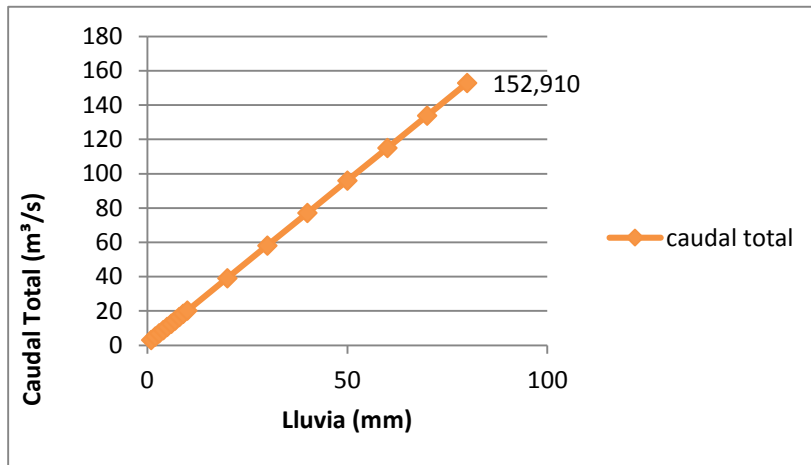


Gráfico N° 5 Caudal del mes de Octubre

Fuente: Elaborado por autores

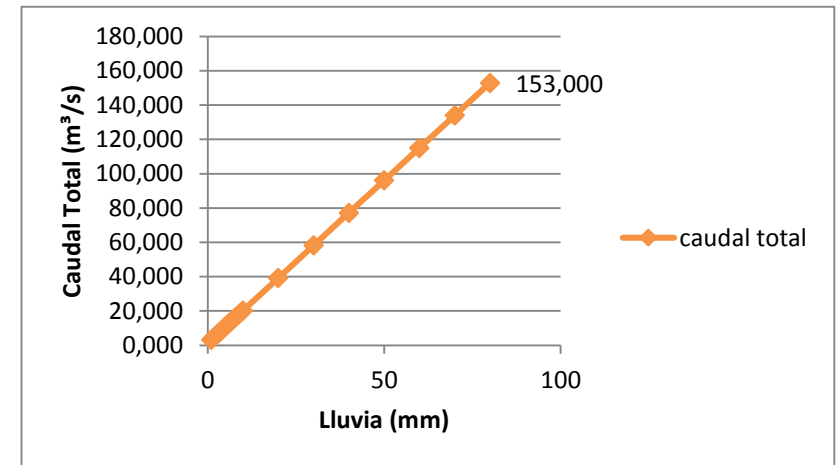


Gráfico N° 6 Caudal del mes de Noviembre

Fuente: Elaborado por autores

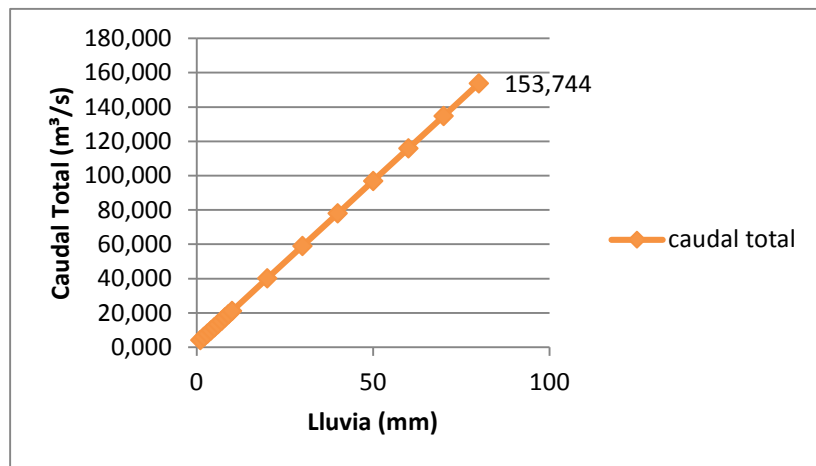


Gráfico N° 7 Caudal del mes de Diciembre

Fuente: Elaborado por autores.

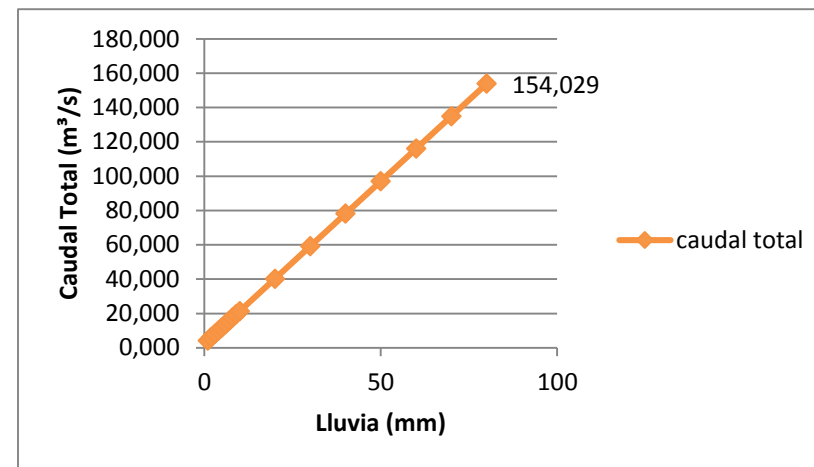


Gráfico N° 8 Caudal del mes de Enero

Fuente: Elaborado por autores.

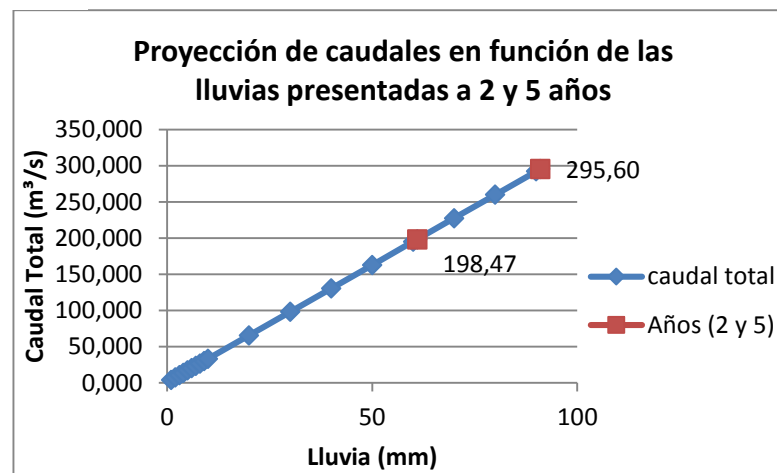


Gráfico 9.Proyección de caudales del río Charaguayacu para 2 y 5 años.

Fuente: Elaborado por autores.

MODELAMIENTO SISTEMA DE CONSERVACIÓN DE SUELO (SCS) RÍO PLATA

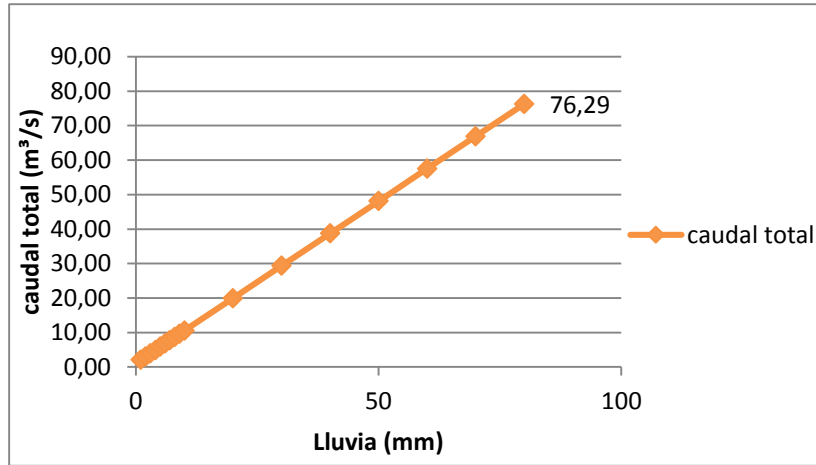


Gráfico N° 10 Caudal del mes de Agosto

Fuente: Elaborado por autores.

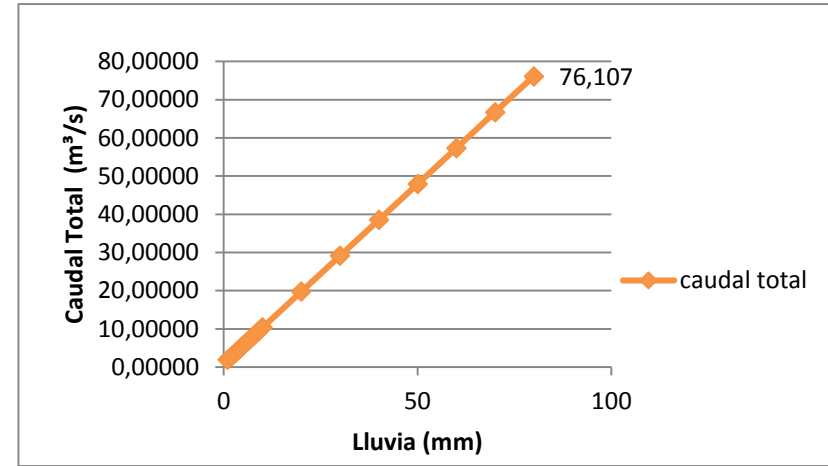


Gráfico N° 11 Caudal del mes de Septiembre

Fuente: Elaborado por autores.

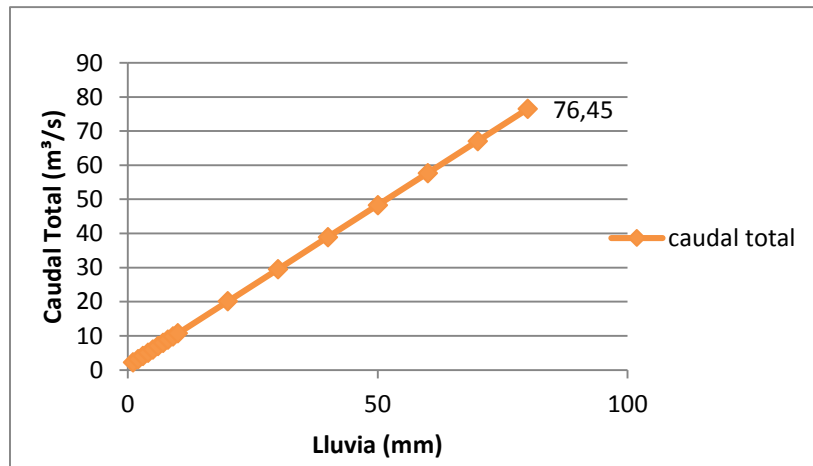


Gráfico N° 12 Caudal del mes de Octubre

Fuente: Elaborado por autores.

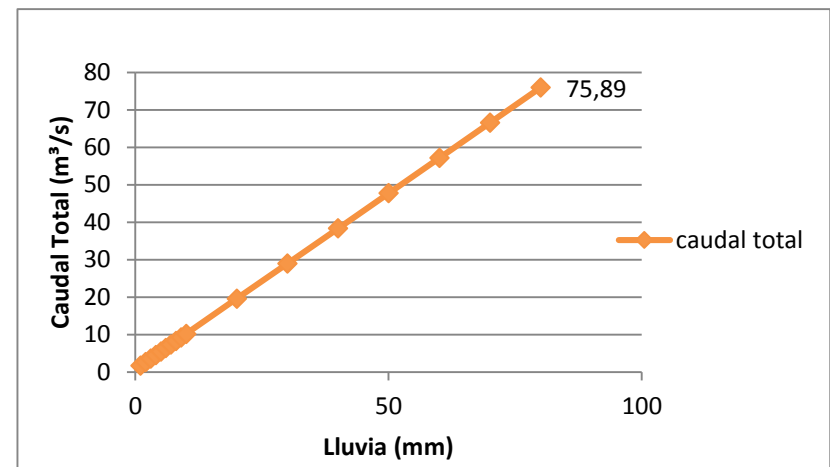


Gráfico N° 13 Caudal del mes de Noviembre

Fuente: Elaborado por autores.

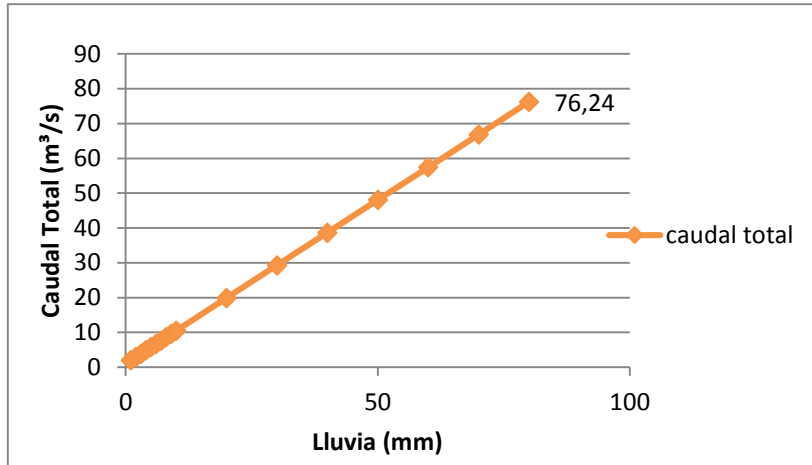


Gráfico N° 14 Caudal del mes de Diciembre

Fuente: Elaborado por autores.

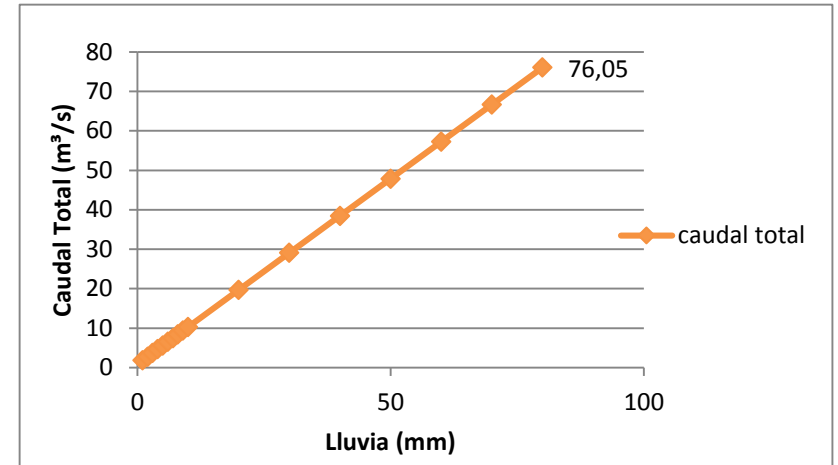


Gráfico N° 15 Caudal del mes de Enero

Fuente: Elaborado por autores.

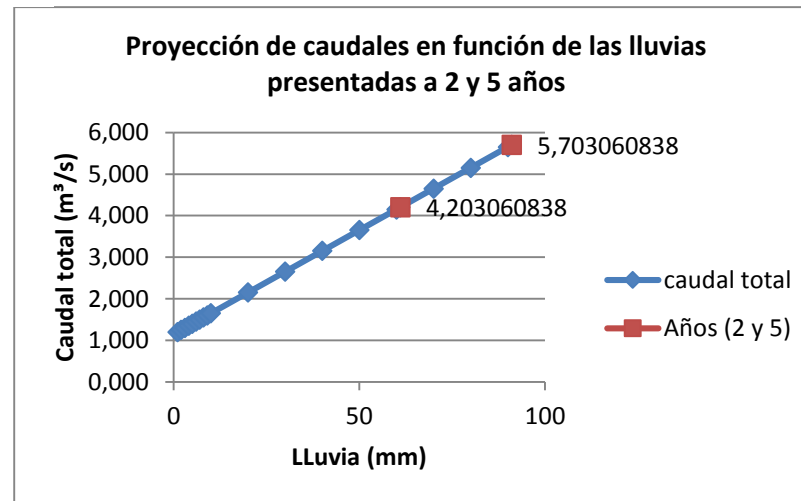


Gráfico N° 16 Proyección de caudales del río Plata para 2 y 5 años.

Fuente: Elaborado por autores.

4.3.1.1. Número de curva (cn)

El número de curva de la microcuenca del río Charaguayacu es de 45 (**VER TABLA 8**) En comparación con la de del río Plata que es de 55 (**VER TABLA 9**), los valores del número de curva varían dependiendo del tipo de cobertura, menor tasa de infiltración, condición hidrológica del suelo. El estudio realizado por Gaspari *et al.*, (2006), muestran que los valores del número de curva variaron entre 61 y 98 debido a la escasa permeabilidad de los suelos que ahí se presentan y sus características de la cobertura.

Tabla 8. Número de curva del río Charaguayacu.

Menor tasa de infiltración (mm)	5 días antes de infiltración	Tipo de suelo	Condición hidrológica del suelo	Numero de Curva/conversión	Numero de curva
38,5	3,56	A	IV Buena	26	45

Fuente: Elaborado por autores.

Tabla 9. Número de curva del río Plata.

Menor tasa de infiltración (mm)	5 días antes de infiltración	Tipo de suelo	Condición hidrológica del suelo	Numero de Curva/conversión	Numero de curva
16,5	3,556	A	III Buena	36	55

Fuente: Elaborado por autores.

4.4. VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

Los tres puntos de infiltración del río Charaguayacu en un tiempo acumulado de 60 min tuvieron una velocidad de infiltración de: punto 1 lado derecho 0,5 m/h, lado izquierdo 0,4 m/h; punto 2 lado derecho 0,7 m/h, lado izquierdo 0,11 m/h, punto 3 lado derecho 0,3 m/h, lado izquierdo 0,5 m/h (**VER GRÁFICO N° 17- 22, ANEXO 13**). Por lo que se determinó que el punto 3 tanto el lado derecho como izquierdo tiene una menor velocidad de infiltración a diferencia de los otros puntos.

En los tres puntos de infiltración del río Plata, a los 60 minutos se obtuvieron las siguientes velocidades de infiltración: punto 1 lado derecho 0,5 m/h, lado izquierdo 0,4 m/h, punto 2 lado derecho 1 m/h, lado izquierdo 0,03 m/h, punto 3 lado derecho 0,4 m/h, lado izquierdo 0,4 m/h (**VER GRÁFICO N° 23-28, ANEXO 14**). De los cuales se determinó que el punto 3 es el que presentó menor velocidad de infiltración.

En las dos microcuencas de estudio Plata y Charaguayacu se realizaron las pruebas de infiltración en tres tipos de coberturas de suelo bosque, mosaico y pastizal se determinó que existe una capacidad de infiltración inferior similar a la de Ruiz *et al.*, (2004), en la que se realizaron una comparación entre suelos labrados y bosque degradado donde se observa que el bosque tiene una velocidad de infiltración inferior a la de suelos labrados.

VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN RÍO CHARAGUAYACU

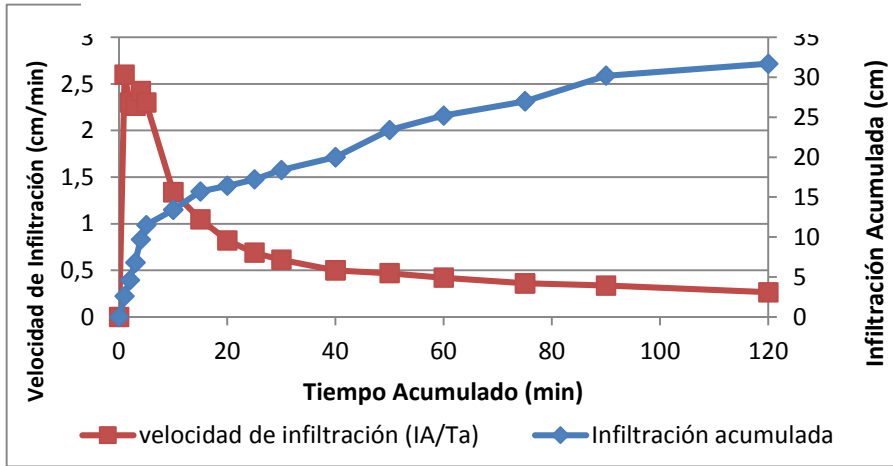


Gráfico N° 17 Punto 1 lado derecho
Fuente: Elaborado por autores.

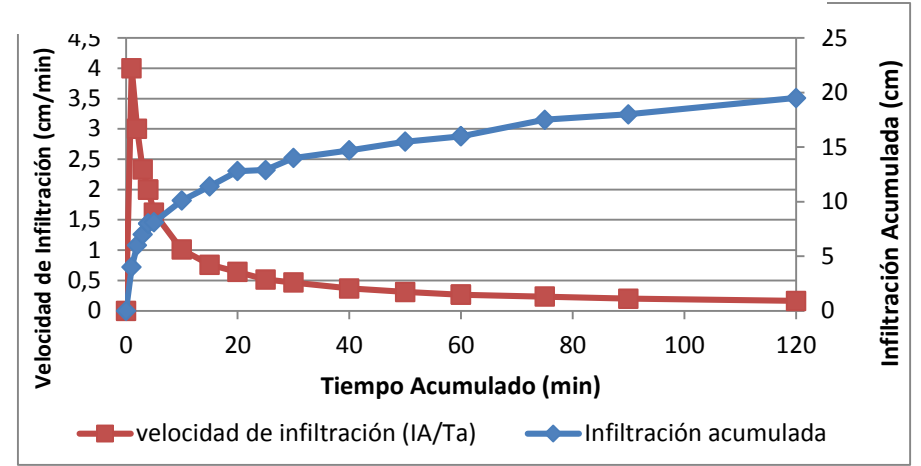


Gráfico N° 18 Punto 1 lado izquierdo
Fuente: Elaborado por autores.

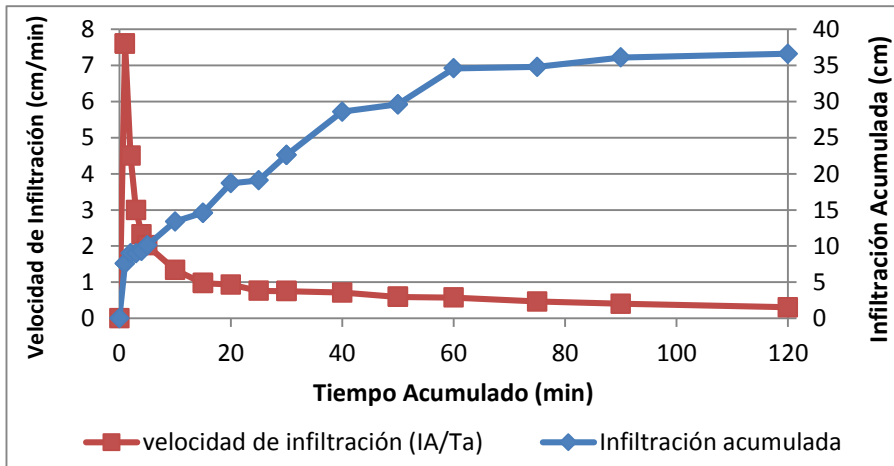


Gráfico N° 19 Punto 2 lado derecho
Fuente: Elaborado por autores.

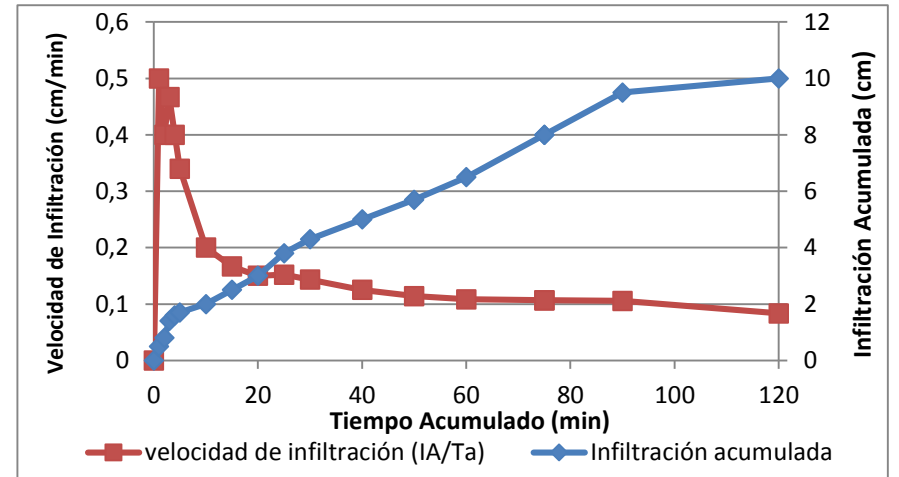


Gráfico N° 20 Punto 2 lado izquierdo
Fuente: Elaborado por autores.

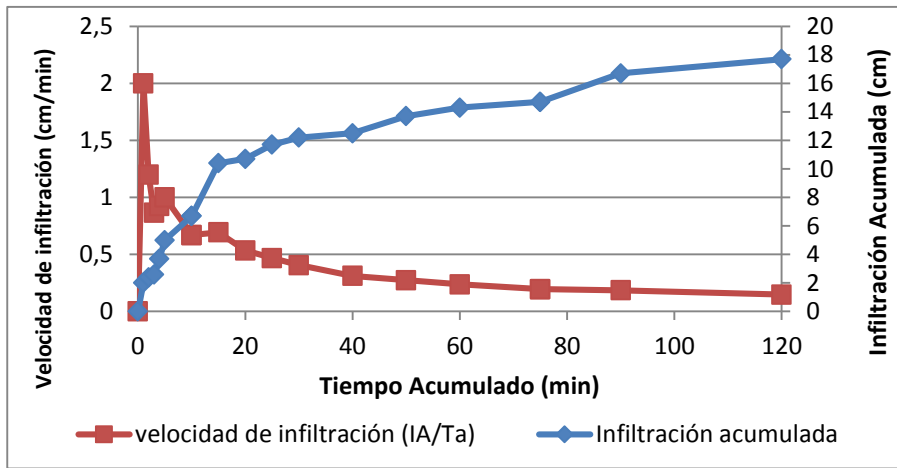


Gráfico N° 21 Punto 3 lado derecho
Fuente: Elaborado por autores.

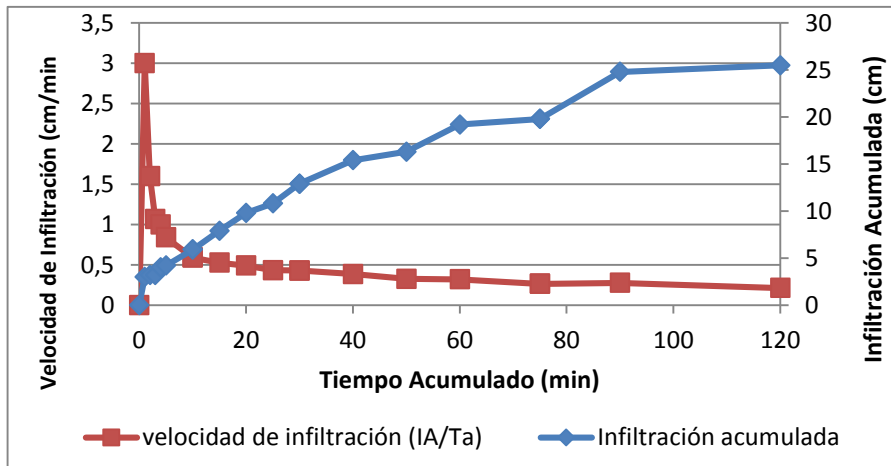


Gráfico N° 22 Punto 3 lado izquierdo
Fuente: Elaborado por autores.

VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN RÍO PLATA

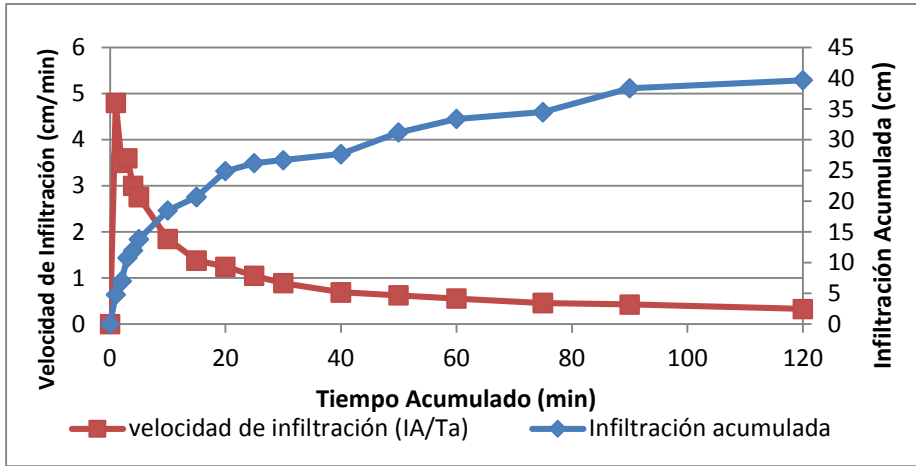


Gráfico N° 23 Punto 1 lado derecho

Fuente: Elaborado por autores.

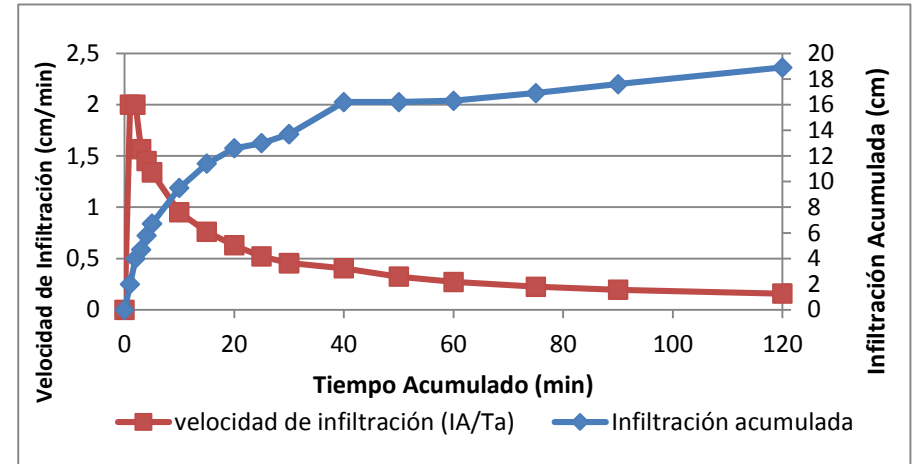


Gráfico N° 24 Punto 1 lado izquierdo

Fuente: Elaborado por autores.

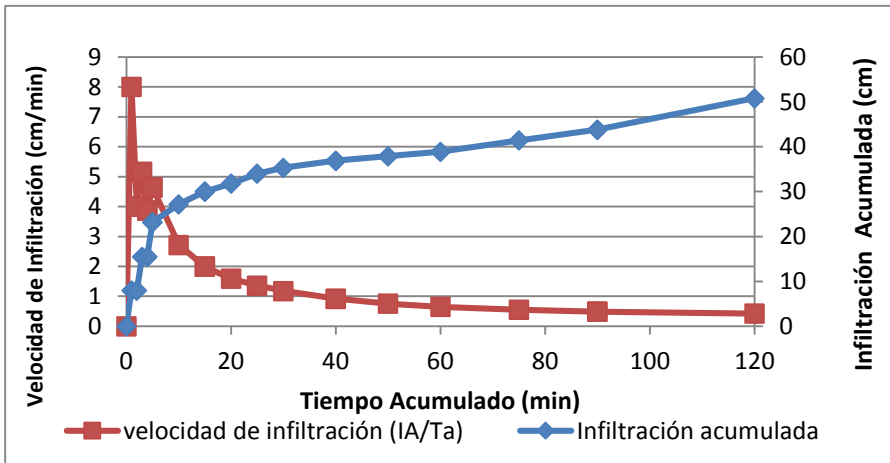


Gráfico N° 25 Punto 2 lado derecho

Fuente: Elaborado por autores.

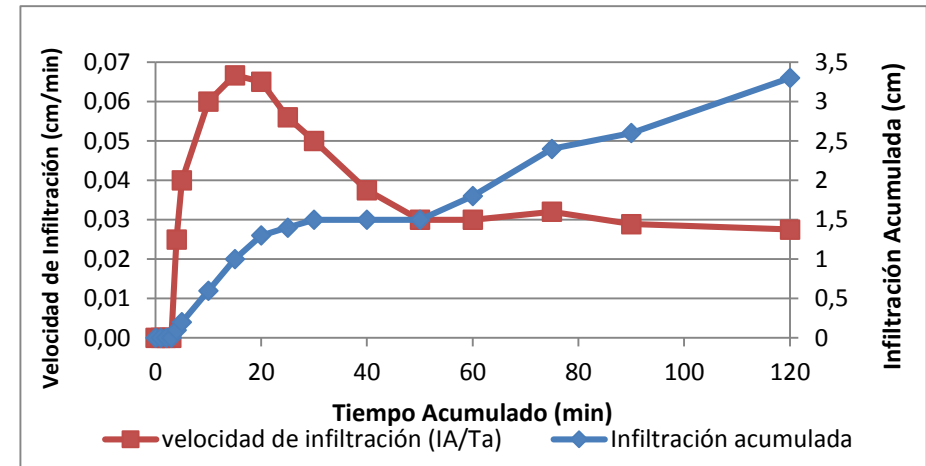


Gráfico N° 26 Punto 2 lado izquierdo

Fuente: Elaborado por autores.

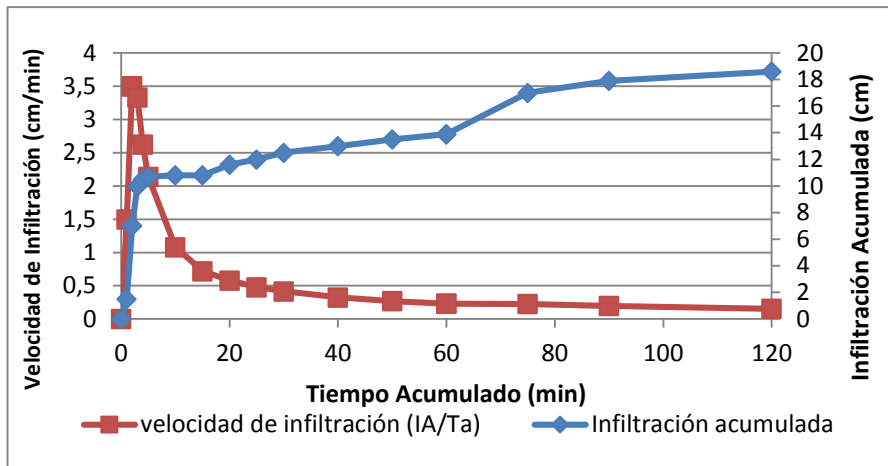


Gráfico N° 27 Punto 3 lado derecho
Fuente: Elaborado por autores.

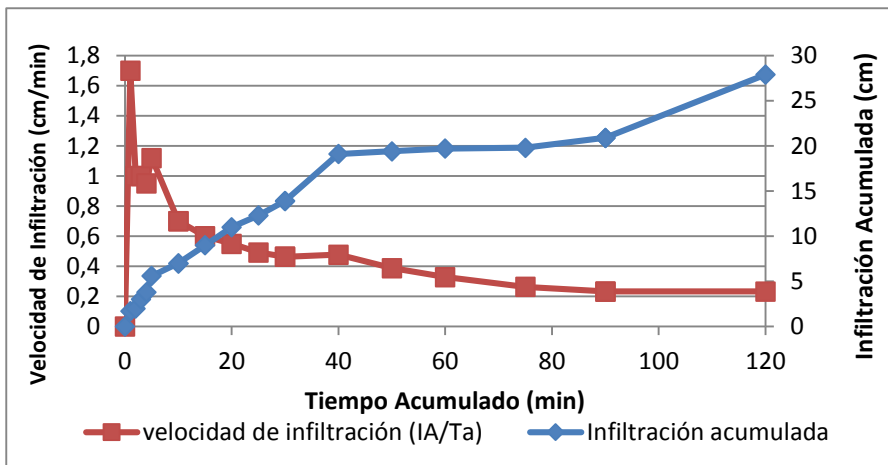


Gráfico N° 28 Punto 3 lado izquierdo
Fuente: Elaborado por autores.

4.5. CONSTRUCCIÓN DE CURVAS IDF

En la proyección realizada para los tiempos de retorno de 2 y 5 años se determinó que las intensidades para 2 años son las siguientes: para 1 hora 60 mm/h, 2 horas 37,36 mm/h, 4 horas 25,21 mm/h, 6 horas 19,82 mm/h, 8 horas 15,77 mm/h, 12 horas 11, 74 mm/h, 24 horas 6, 70 mm/h; mientras que la proyección a 5 años serán: 1 hora 91,77 mm/h, 2 horas 60,92 mm/h, 4 horas 43,95 mm/h, 6 horas 35,96 mm/h, 8 horas 29,05 mm/h , 12 horas 20,30 mm/h y en 24 horas 11,19 mm/h (**VER GRÁFICO N° 29**). De los valores detallados se determinó que las mayores intensidades correspondieron a 1 hora tanto para la proyección de 2 y 5 años.

Tabla 10. Precipitación máxima.

Años	Precipitación Máxima						
	1	2	4	6	8	12	24
2014	48,2	62,4	82,2	114,2	119,4	119,4	123,4
2015	72	76,2	79,2	82,2	83	100,4	127,6
2016	86,6	121,2	178,6	217,2	234	246,2	271,2
2017	43,8	52,3	84,4	89,4	98	126,4	151,6

Fuente: Elaborado por autores.

Tabla 11. Intensidades.

Intensidades							
2014	48,2	31,2	20,55	19,033	14,925	9,95	5,142
2015	72	38,1	19,8	13,7	10,375	8,367	5,317
2016	86,6	60,6	44,65	36,2	29,25	20,517	11,3
2017	43,8	26,15	21,1	14,9	12,25	10,533	6,316
Media	62,65	39,0125	26,525	20,958	16,7	12,342	7,018
Desviación Estándar	20,208	15,202	12,095	10,415	8,572	5,526	2,901

Fuente: Elaborado por autores.

Tabla 12. Periodo de Retorno.

Periodo de Retorno							
	1	2	4	6	8	12	24
2 años	60,459	37,365	25,214	19,829	15,771	11,743	6,704
5 años	91,773	60,921	43,956	35,967	29,054	20,306	11,199

Fuente: Elaborado por autores.

Tabla 13. Método de ajuste de bondad de Gumbel

Variables de Gumbel	2 años	5 años
yt	0,36651	1,49994
yn	0,4458	
sn	0,73147	

Fuente: Franquet (2010).

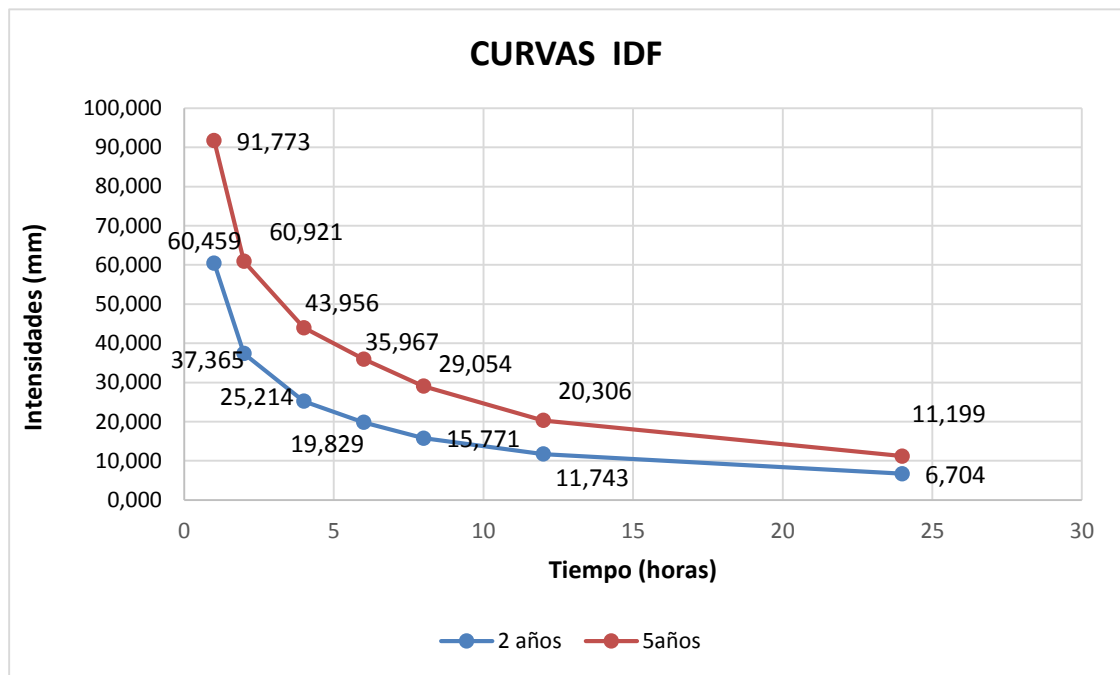


Gráfico N° 29 Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF).

Fuente: Elaborado por autores.

4.6. MODELAMIENTO HEC - HMS RÍO CHARAGUAYACU

A través del modelamiento HEC - HMS se determinó que el volumen máximo de descarga de los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre fue de 33,1 m³/s, con un volumen de 6078,36 mm; siendo los meses de noviembre y diciembre los de mayor caudal (**VER FIG. 2**).

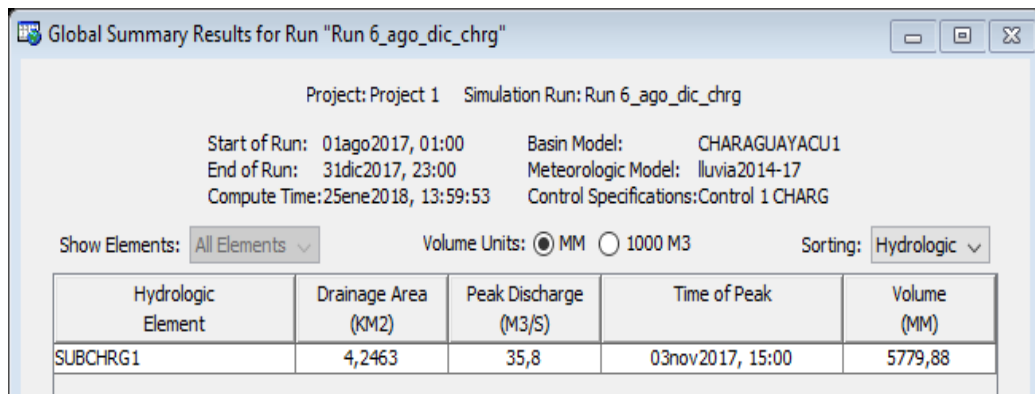


Fig. 2 Resumen de resultados.

En el hietograma de caudal se observó que los meses que presentan un mayor caudal son noviembre a los 34 cm y diciembre a los 24 cm, por ende existe una mayor precipitación en estos dos meses (**VER FIG. 3**).

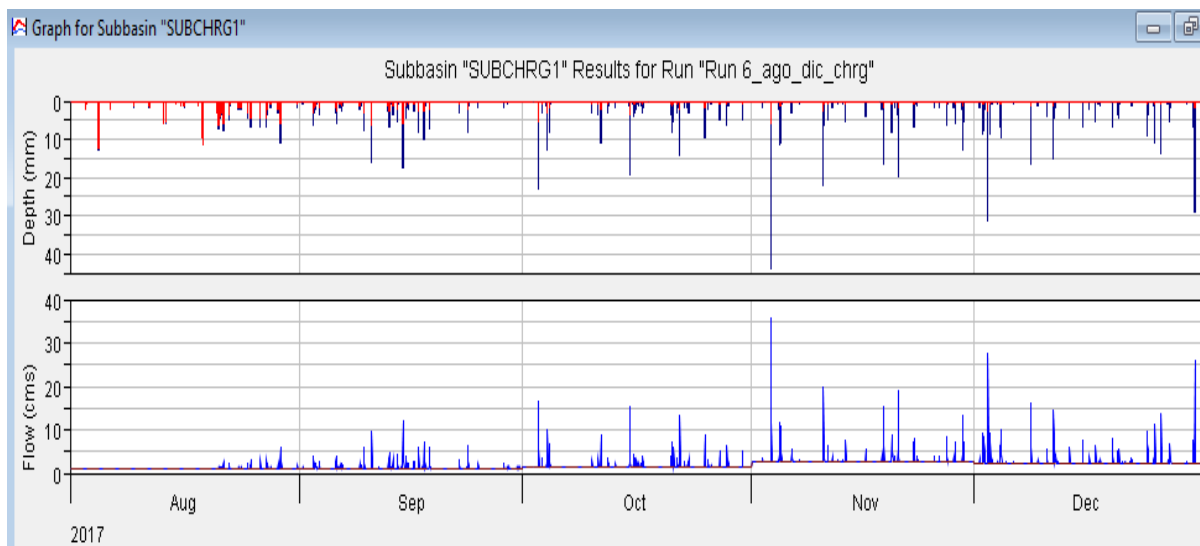


Fig. 3 Hietograma de precipitación y caudal.

RÍO PLATA

En el río Plata a través de modelamiento HE-C HMS se determinó que el volumen máximo de descarga de los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre fue de 10,8 m³/s, con un volumen de 12355,41 mm; siendo noviembre y diciembre los meses de mayor caudal (**VER FIG. 4**).

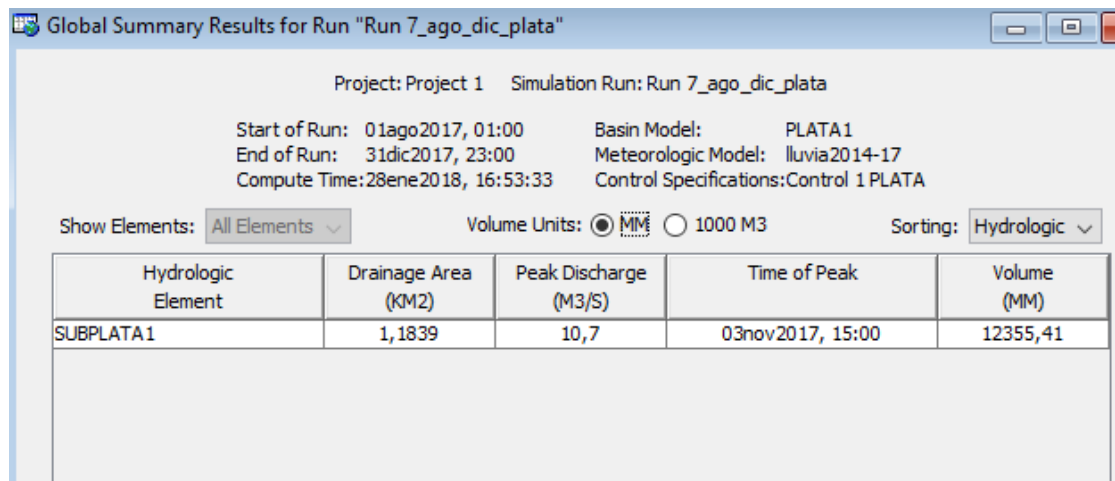


Fig. 4 Resumen de resultados.

En el hietograma de caudal del río Plata se observó que los meses que presentan un mayor caudal son noviembre a los 11 cm y diciembre a los 8,1 cm, por lo que se evidencia que dichos meses son de mayor precipitación (**VER FIG. 5**).

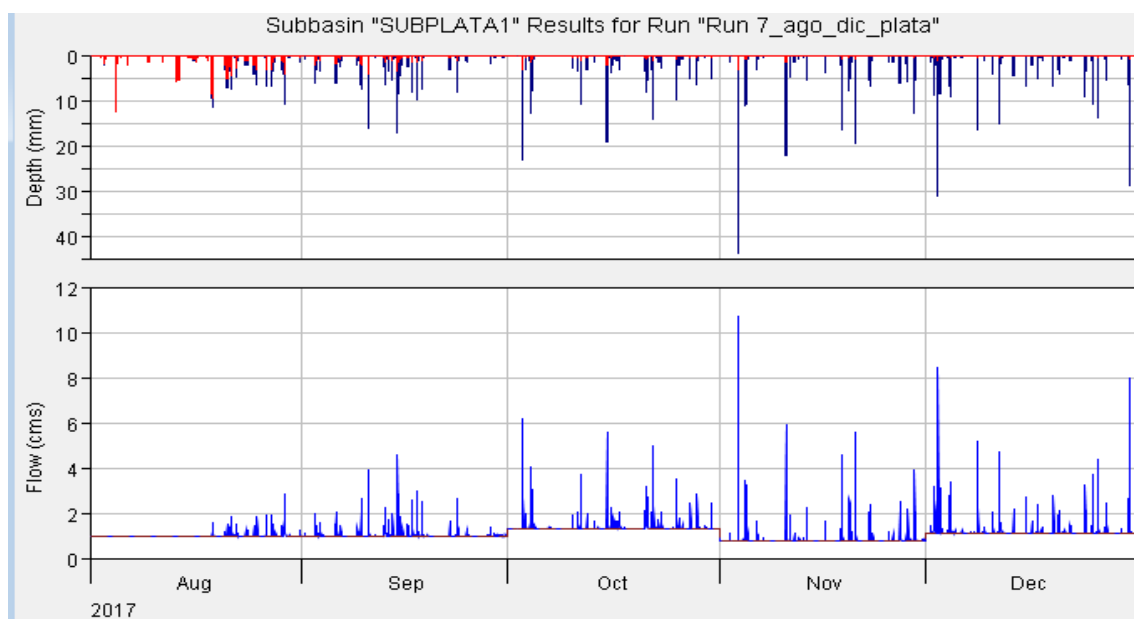


Fig. 5 Hietograma de precipitación y caudal.

En el presente estudio realizado de las microcuencas de los ríos Plata y Charaguayacu se estableció que los meses de mayor precipitación correspondieron al mes de Noviembre y Diciembre a su vez en el estudio realizado por Santos (2017), en el río Carrizal de la ciudad de Manabí provocando inundaciones en toda la subcuenca media del río Carrizal; en el cual se menciona que esta variación de precipitación de debe al tipo e suelo.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ✓ Las características geomorfológicas de la microcuenca del río Charaguayacu son pendiente 0,072, tiempo de concentración 0,699, densidad de drenaje 3,66km/km², densidad de corrientes 4,74. Al igual dichas características en el río Plata son pendiente 0,017, Tc 0,393, densidad de drenaje 4,33km/km², densidad de corrientes 10,3. A través del coeficiente de compacidad se determinó que las microcuencas Plata y Charaguayacu son de forma redonda y por ende tienen mayor riesgo de inundación.
- ✓ Los caudales máximos del río Charaguayacu fueron agosto con 0,97 m³/s y noviembre con 2,49 m³/s y en el río Plata octubre con 1,32 m³/s y enero con 0,91 m³/s. Las diferencias de caudal existentes para los dos ríos se debe a la longitud y al número de afluentes registrados tanto para el Charaguayacu de 19 afluentes y Plata con 12 afluentes.
- ✓ Los meses que presentaron mayor precipitación para los tributarios Plata y Charaguayacu correspondieron a los meses de Noviembre y Diciembre respectivamente.
- ✓ En la proyección realizada para los tiempos de retorno de 2 y 5 años se determinó que la mayor intensidad de precipitación para 2 años es 60,45 mm/h y para 5 años 91,77 mm/h a 1 hora tanto para el río Plata y Charaguayacu.
- ✓ A través del sistema de Conservación de suelo (SCS) se determinó que por cada mm de lluvia se genera 62,8 m³/s de caudal en el río Charaguayacu y 31, 12 m³/s de caudal en el río Plata.
- ✓ El software HEC-HMS fue de gran ayuda ya que permitió la simulación hidrológica de las microcuencas reflejando el comportamiento de las

precipitaciones con un caudal máximo de descarga de 10,7 m³/s para el río Plata y Charaguayacu 35,8 m³/s.

5.2. RECOMENDACIONES

- ❖ Fomentar el estudio de cuencas hidrográficas, con el levantamiento de información de zonas poco estudiadas para futuras investigaciones.
- ❖ Se recomienda el uso de modelos hidrológicos para diseñar hidrogramas sintéticos con el fin de establecer acciones preventivas.
- ❖ Para la obtención e interpretación de resultados es recomendable trabajar previamente en la recolección de datos hidrológicos.

CAPÍTULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA

- Barreno, C. (2010). Cuencas Hidrográficas. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos96/cuencas-hidrograficas/cuencas-hidrograficas.shtml>
- Breña, A., & Villa, M. (2006). Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial. Mexico. Obtenido de http://www.uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/hidrologia/principios_fundamentos/libro-PFHS-05.pdf
- Campos, D. (2010). Hidrología Urbana. México. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/190595860/Introducción-a-la-hidrología-urbana-Campos-Aranda>
- Campos, H. (2015). Hidrología, parámetros. Cuenca. Obtenido de <https://es.slideshare.net/harrycamposventura/definiciones-hidrologia-parametros-cuenca>
- Castro, W. (2015). Manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje. Perú. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/352690262/Manual-de-Hidrologia-Hidraulica-y-Dernaje>
- Coello, C. (2005). Analisis de metodos de estimacion conductividad hidráulica. *Tesis de Grado*. Cuenca, Ecuador. Obtenido de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/8.-Analisis-de-Metodos.pdf>
- Delgadillo, O. (2016). Medición de la infiltración. Obtenido de http://www.centro-agua.umss.edu.bo/wp-content/uploads/2017/05/2016_Medición_infiltración_doble_anilla.pdf
- Flores, J. (1999). Aplicacion de la ecuación de manning para la estimación de caudales. Chile. Obtenido de <http://dspace.otalca.cl/handle/1950/2618>
- Franquet, J. (2010). Método de ajuste de bondad de Gumbel. Obtenido de <http://www.eumed.net/libros->

gratis/2009b/564/DISTRIBUCION%20TEORICA%20Y%20METODO%20DE%20GUMBEL.htm

Fuentes, J. (Junio de 2004). Análisis morfométrico de cuencas: Caso de estudio del parque nacional Pico de Tancítaro. Tancítaro, Mexico.

GAD, M. (2009). Plan de desarrollo de un ordenamiento territorial. Obtenido de <http://www.municipiomera.gob.ec/imagenes/PDYOT/Diagnostico.pdf>

García, R., & Conesa, C. (2011). Estimación de caudales de avenida y delimitación de áreas inundables mediante métodos hidrometeorológicos e hidráulicos y técnicas S.I.G., Obtenido de <http://revistas.um.es/geografia/article/view/143471>

Gaspari, F., Senisterra, G., & Marlats, R. (2006). Relación precipitación, escorrentía y número de curva bajo condiciones de suelo. Obtenido de http://t.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/1521/gaspariagrarias39-1.pdf

González, C. (2000). *Simulación Hidrológica*. Obtenido de [file:///C:/Users/Dell/Downloads/Dialnet-SimulacionHidrologica-4902742%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Dell/Downloads/Dialnet-SimulacionHidrologica-4902742%20(1).pdf)

González, A. (2004). Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de drenaje del río Zodorra y sus afluentes. Obtenido de <file:///C:/Users/Mariela%20Valle/Downloads/Dialnet- AnalisisMorfometricoDeLaCuencaYDeLaRedDeDrenajeDel-1079160.pdf>

Gutiérrez, Y., Siles, G., Velásquez, W., & Álvaro Lovo, Á. (2012). Recuperado el 17 de agosto de 2017, de <https://docs.google.com/document/d/1QAASe9yLs8hkDMRsE7qwHWL91ZA70Jzqn8v4UceD0/edit>

Hinojosa, J. (2000). Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales. Obtenido de <http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/1D632E4E-905C-400B-90EA-BF2E326A442F/55857/0610400.pdf>

Ibáñez, A., Moreno, R., & Gisbert, B. (2012). *Métodos para la determinación del tiempo de concentración*. Obtenido de

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10779/Tiempo%20de%20concentraci%C3%B3n.pdf>

Lareque, A., Guyot, J., & Pomboso, R. (2004). Hidroclimatología del Oriente e hidrosedimentología de la cuenca del río Napo. Obtenido de <http://books.openedition.org/ifea/3005?lang=es>

Lavao, S. (2014). Aplicación de la teoría del número de curva (cn) a una cuenca. Colombia.

López, I. (Junio de 2006). Análisis de los principales parámetros de un método hidrometeorológico para el cálculo de avenidas y aplicación a una cuenca mediterránea. Cartagena, Colombia.

Maass, J. (2015). *Cuencas de Mexico*. Veracruz: Ruben Jiménez.

Machaca, E. (12 de 10 de 2012). Geomorfología de cuencas. España: Slideshare.

MAE. (2014). *Modelación de hidrología*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/modelacion-hidrológica>

Martínez de Azagra, A., Mongil, J., Del Río, J., & Rojo, L. (2006). Obtenido de http://www.mapama.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia_20_18_tcm7-46300.pdf

Martínez, E. (2005). Hidrología Práctica. En E. Martínez, *Hidrología Práctica* (págs. 41-15). España.

Martínez, M., Fernández, D., & Salas, R. (2010). *Hidrología aplicada a las pequeñas obras hidráulicas*. México. Obtenido de http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/INSTRUCTIVO_HIDROLOG%C3%8DA.pdf

Mera, G. (2009). Plan de desarrollo de ordenamiento territorial. Obtenido de <http://www.municipiomera.gob.ec/imagenes/PDYOT/Diagnostico.pdf>

Monroy, J. (2010). Análisis del ajuste, sensibilidad e incertidumbre de los parámetros del modelo scs. Obtenido de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis371.pdf>

- Nanía, L. (2007). *Manual basico de HEC-HMS 3.0.0 y HEC- GeoHMS1.1*. Estructuras e ingeniería Hidráulica, Granada.
- Ochoa, W. (2010). Análisis de datos pluviométricos. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/147960426/ANALISIS-DE-DATOS-PLUVIOMETRICOS-doc>
- Oñate, A. (2017). Determinación de caudales extremos mediante modelización hidrológica y análisis de escenarios. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/20.500.11962/20676/1/O%C3%B1ate%20Paladines%2C%20Arianna%20Yadira..pdf>
- Ordoñez, J. (2011). Cuencas Hidrográficas, Aguas Subterráneas. *Sociedad Geográfica de Lima*. Perú.
- Pastora, D. (2010). Evaluación de la fórmula de Manning en el río Ostua. Guatemala.
- Pérez, G., & Rodríguez, A. (2009). *Hidrología Superficial*. Bogotá.
- Pizarro, R. (2005). *Aplicación de modelos de simulación integral hidrológica*.
- Pizarro, R., Sangüesa, C., Bjarne, P., Ingram, B., Vera, M., Vallejos, C., y otros. (2013). Curvas Intensidad Duración Frecuencia para las regiones Metropolitanas, Maule y Biobío. Intensidad desde 15 minutos a 24 horas. *Programa Hidrológico Internacional*.
- Ramírez, H., & López, O. (2015). Estimación mensual de intensidad de la lluvia.
- Reyna, T., Reyna, S., & Labaque, M. (2009). *Consideraciones en las Aplicaciones de Modelos Hidrológicos*. Universidad Nacional de Córdoba. Obtenido de https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiT-OPh6rjZAhURzVMKHZ-kBwoQFgg5MAM&url=http%3A%2F%2Fctha.atalca.cl%2FDocs%2FI%2520Jornadas%2520de%2520Trabajo%2520CTHA%2FRoberto%2520Pizarro.pdf&usq=AOvVaw2uIYBW_2iXIwre4xlEc-fo
- Rivas, H., Molina, J., Espinosa, R., & Castillo, S. (2008). Obtenido de http://hidraulica.umich.mx/laboratorio/images/man_pdf/7o/7_p4.pdf

- Robredo, J. (2007). *Calculo de caudales de avenida*. Madrid.
- Ruiz , E., & Martínez, M. (2010). *Hidrología Aplicada* . Obtenido de https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/4576/mod_resource/content/1/Material_Docente/Tema_5.pdf
- Ruiz. (2008). *Manual de procedimientos de delimitación y codificación de unidades hidrográficas*. Obtenido de http://75.98.169.113/uploads/documentos/Anexo_3_MANUAL_DE_DELIMITACION_Y_CODIFICACION_UH_Sudamerica_UICN_CAN.pdf
- Ruiz, E., Venialgo, F., Gutierrez, C., Ingaromo, N., & Briend, O. (2004). *Infiltración de agua en el suelo con diferentes usos en el departamento de Chaco*. Obtenido de <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2004/5-Agrarias/A-070.pdf>
- Sánchez, J. (2008). *Precipitaciones*. Salamanca, España. Obtenido de <http://ocw.usal.es/ciencias-experimentales/hidrologia/contenidos/02.Precipitaciones.pdf>
- Santos, M. (Junio de 2017). *Modelamiento del escurrimiento por el software hec- hms para predecir el computamiento hídrico de la subcuenca del río carrizal*. Obtenido de <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/596/1/TMA116.pdf>
- Villón, M. (2002). *Hidrología*. Cartago, Costa Rica: Villón.
- Vintimilla, A., & Zhungo, J. (2013). *Estudio hidrometeorológico de caudales de crecientes en la cuenca del río Catarama*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4541/1/TESIS.pdf>
- Viramontes, O., & Pinedo, C. (2002). *Caracterización Geomorfológica de la subcuenca San Pedro*. Obtenido de http://web.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/CB/EO/CBO-09.pdf

CAPÍTULO VII

7. ANEXOS

7.1. Anexo 1. Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	DURACIÓN DEL PROYECTO											
	NOVIEMBRE			DICIEMBRE			ENERO			FEBRERO		
Reconocimiento de la zona de la estudio			X									
Redacción y presentación del Perfil del Proyecto				X	X	X						
Salida de Campo para toma de datos						X	X	X	X			
salida de Campo (Track)						X	X					
Interpretación y tabulación de datos							X	X				
Redacción del primer borrador									X			
Presentación Final										X		
Defensa del Proyecto												X

Fuente: Elaborado por autores.

7.2. Anexo 2. Presupuesto

Rubro	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Equipos			
Distanciómetro	1	\$ 5,00	\$ 20,00
GPS	1	\$ 4,00	\$ 16,00
GPS de precisión	1	\$ 50,00	\$ 200,00
Cámara Fotográfica	1	\$ 7,00	\$ 28,00
Computadora	1	\$ 1,00	\$ 240,00
Materiales			
Material de oficina		\$ 100,00	\$ 100,00
cinta métrica	1	\$ 1,00	\$ 1,00
Flexómetro	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Palo de escoba	1	\$ 2,50	\$ 2,50
Nivel	1	\$ 12,00	\$ 12,00
		TOTAL	\$ 629,50

Fuente: Elaborado por autores.

7.3. Anexo 3. Método de ajuste de bondad de Gumbel

T	2	5	10	25	30	50	75	100	250	500
YT	0.36651	1.49994	2.25037	3.19853	3.38429	3.90194	4.31078	4.60015	5.5194	6.2136

Fuente: Franquet (2010).

Nºdatos	yn	Sn	Nºdatos	yn	Sn	Nºdatos	yn	Sn
1	0,36651	0,00000	35	0,54034	1,12847	69	0,55453	1,18440
2	0,40434	0,49838	36	0,54105	1,13126	70	0,55477	1,18535
3	0,42859	0,64348	37	0,54174	1,13394	71	0,55500	1,18629
4	0,44580	0,73147	38	0,54239	1,13650	72	0,55523	1,18720
5	0,45879	0,79278	39	0,54302	1,13896	73	0,55546	1,18809
6	0,46903	0,83877	40	0,54362	1,14131	74	0,55567	1,18896
7	0,47735	0,87493	41	0,54420	1,14358	75	0,55589	1,18982
8	0,48428	0,90432	42	0,54475	1,14576	76	0,55610	1,19065
9	0,49015	0,92882	43	0,54529	1,14787	77	0,55630	1,19147
10	0,49521	0,94963	44	0,54580	1,14989	78	0,55650	1,19227
11	0,49961	0,96758	45	0,54630	1,15184	79	0,55669	1,19306
12	0,50350	0,98327	46	0,54678	1,15373	80	0,55689	1,19382
13	0,50695	0,99713	47	0,54724	1,15555	81	0,55707	1,19458

14	0,51004	1,00948	48	0,54769	1,15731	82	0,55726	1,19531
15	0,51284	1,02057	49	0,54812	1,15901	83	0,55744	1,19604
16	0,51537	1,03060	50	0,54854	1,16066	84	0,55761	1,19675
17	0,51768	1,03973	51	0,54895	1,16226	85	0,55779	1,19744
18	0,51980	1,04808	52	0,54934	1,16380	86	0,55796	1,19813
19	0,52175	1,05575	53	0,54972	1,16530	87	0,55812	1,19880
20	0,52355	1,06282	54	0,55009	1,16676	88	0,55828	1,19945
21	0,52522	1,06938	55	0,55044	1,16817	89	0,55844	1,20010
22	0,52678	1,07547	56	0,55079	1,16955	90	0,55860	1,20073
23	0,52823	1,08115	57	0,55113	1,17088	91	0,55876	1,20135
24	0,52959	1,08646	58	0,55146	1,17218	92	0,55891	1,20196
25	0,53086	1,09145	59	0,55177	1,17344	93	0,55905	1,20256
26	0,53206	1,09613	60	0,55208	1,17467	94	0,55920	1,20315
27	0,53319	1,10054	61	0,55238	1,17586	95	0,55934	1,20373
28	0,53426	1,10470	62	0,55268	1,17702	96	0,55948	1,20430
29	0,53527	1,10864	63	0,55296	1,17816	97	0,55962	1,20486
30	0,53622	1,11237	64	0,55324	1,17926	98	0,55976	1,20541
31	0,53713	1,11592	65	0,55351	1,18034	99	0,55989	1,20596
32	0,53799	1,11929	66	0,55378	1,18139	100	0,56002	1,20649
33	0,53881	1,12249	67	0,55403	1,18242	101	0,56015	1,20701
34	0,53959	1,12555	68	0,55429	1,18342			

Fuente: Franquet (2010).

7.4. Anexo 4. Tasa de menor infiltración río Charaguayacu.

VCI		p1	p2	p3	Promedio
A	1h	25,2	39,6	14,3	
	2h	15,85	18,3	3,85	
B	1h	16	6,5	19,2	
	2h	9,6	5	12,75	
		16,6625	17,35	12,525	15,5125

Fuente: Elaborado por autores.

7.5. Anexo 5. Tasa de menor infiltración río Plata.

VCI		p1	p2	p3	Promedio
A	1h	33,4	38,9	13,9	
	2h	19,85	25,4	9,3	
B	1h	16,3	1,8	19,7	
	2h	9,45	1,65	13,95	8,35
		19,75	16,9375	14,2125	16,9666667

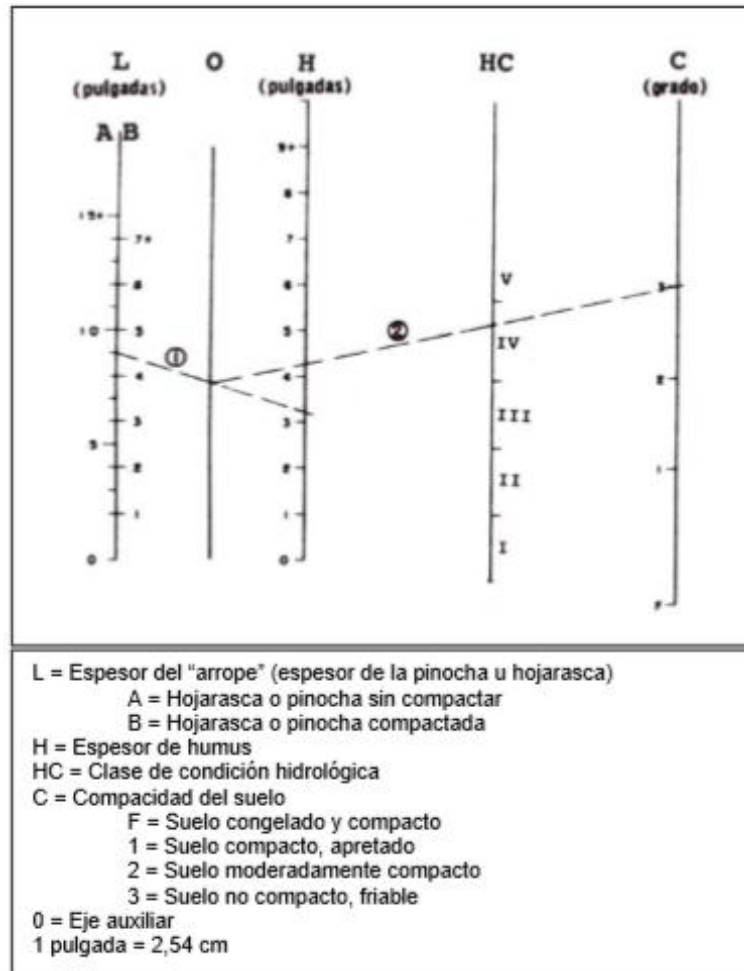
Fuente: Elaborado por autores.

7.6. Anexo 6. Grupos hidrológicos de suelos.

SUELO	CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN CON HUMEDAD ELEVADA	TASA DE INFILTRACIÓN (mm·h ⁻¹)	PROFUNDIDAD	TEXTURA	DRENAJE
A	Alta	7,62-11,43	Elevada	Arenosa Areno-limosa	Excesivo
B	Moderada	3,81-7,62	Mediana a elevada	Franca-arenosa Franca Franco-arcillo-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Escasa	1,27-3,81	Mediana a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy escasa	0-1,27	Con horizontes arcillosos. Litosuelos. Suelos con nivel freático permanentemente alto	Arenosa	Pobre o muy pobre

Fuente: Martínez de Azagra *et al.*, (2006).

7.7. Anexo 7. Nomograma para la determinación de la condición hidrológica de un bosque.



Fuente: Martínez de Azagra *et al.*, (2006).

7.8. Anexo 8. Determinación del número de curva en condición de la humedad.

TIPO DE VEGETACIÓN	TRATAMIENTO	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	TIPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Barbecho	Desnudo	-	77	86	91	94
	CR	Pobre	76	85	90	93
	CR	Buena	74	83	88	90
Cultivos alineados	R	Pobre	72	81	88	91
	R	Buena	67	78	85	89
	R + CR	Pobre	71	80	87	90
	R + CR	Buena	64	75	82	85
	C	Pobre	70	79	84	88
	C	Buena	65	75	82	86
	C + CR	Pobre	69	78	83	87
	C + CR	Buena	64	74	81	85
	C + T	Pobre	66	74	80	82
	C + T	Buena	62	71	78	81
	C + T + CR	Pobre	65	73	79	81
	C + T + CR	Buena	61	70	77	80
Cultivos no alineados, o con sueros pequeños o mal definidos	R	Pobre	65	76	84	88
	R	Buena	63	75	83	87
	R + CR	Pobre	64	75	83	86
	R + CR	Buena	60	72	80	84
	C	Pobre	63	74	82	85
	C	Buena	61	73	81	84
	C + CR	Pobre	62	73	81	84
	C + CR	Buena	60	72	80	83
	C + T	Pobre	61	72	79	82
	C + T	Buena	59	70	78	81
	C + T + CR	Pobre	60	71	78	81
	C + T + CR	Buena	58	69	77	80
Cultivos densos de leguminosas o prados en alternancia	R	Pobre	66	77	85	89
	R	Buena	58	72	81	85
	C	Pobre	64	75	83	85
	C	Buena	55	69	78	83
	C + T	Pobre	63	73	80	83
	C + T	Buena	51	67	76	80
Pastizales o pastos naturales	-	Pobres	68	79	86	89
	-	Regulares	49	69	79	84
	-	Buenas	39	61	74	80
Pastizales	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regulares	25	59	75	83
	C	Buenas	6	35	70	79
Prados permanentes	-	-	30	58	71	78
Matorral-herbazal, siendo el matorral preponderante	-	Pobres	48	67	77	83
	-	Regulares	35	56	70	77
	-	Buenas	≤ 30	48	65	73
Combinación de arbolado y herbazal, cultivos agrícolas leñosos	-	Pobres	57	73	82	86
	-	Regulares	43	65	76	82
	-	Buenas	32	58	72	79
Montes con pastos (aprovechamientos silvopastorales)	-	Pobres	45	66	77	83
	-	Regulares	36	60	73	79
	-	Buenas	25	55	70	77
Bosques	-	I Muy pobre	56	75	86	91
	-	II Pobre	46	68	78	84
	-	III Regular	36	60	70	76
	-	IV Buena	26	52	63	69
	-	V Muy buena	15	44	54	61
Caseríos	-	-	59	74	82	86
Caminos en tierra	-	-	72	82	87	89
Caminos en firme	-	-	74	84	90	92

Fuente: Martínez de Azagra *et al.*, (2006).

7.9. **Anexo 9.** Condiciones de humedad del suelo en atención a las precipitaciones previas.

Condiciones precedentes de humedad		
Lluvia total caída durante los cinco días anteriores		
Condición	En el período húmedo (Oct-Mar) o durante la dormancia	En el período seco (Abr-Sep) o durante el crecimiento.
I	Menos de 12,5 mm	Menos de 35,5 mm
II	De 12,5 a 28 mm	De 35,5 a 53 mm
III	Más de 28 mm	Más de 53 mm

Fuente: Martínez de Azagra *et al.*, (2006).

7.10. **Anexo 10.** valor de N para las diferentes condiciones de humedad del suelo.

Conversión del número de curva de la condición II a las condiciones I y III		
Número de curva en la condición	Número de curva correspondiente a las condiciones	
11	1	111
100	100	100
95	87	99
90	78	98
85	70	97
80	63	94
75	57	91
70	51	87
65	45	83
60	40	79
55	35	75
50	31	70
45	27	65
40	23	60
35	19	55
30	15	50
25	12	45
20	9	39
15	7	33
10	4	26
5	2	17
0	0	0

Fuente: Martínez de Azagra *et al.*, (2006).

**7.11. Anexo 11. TABLAS DE CAUDALES DEL HIDROGRAMA UNITARIO
SCS RÍO CHARAGUAYACU**

Agosto

Mm	cm	Qp	Gasto Base Agosto	Caudal Total
1	0,1	1,895	0,976	2,871
2	0,2	3,790	0,976	4,766
3	0,3	5,685	0,976	6,661
4	0,4	7,580	0,976	8,556
5	0,5	9,475	0,976	10,451
6	0,6	11,370	0,976	12,346
7	0,7	13,265	0,976	14,241
8	0,8	15,160	0,976	16,136
9	0,9	17,055	0,976	18,031
10	1	18,950	0,976	19,926
20	2	37,901	0,976	38,876
30	3	56,851	0,976	57,827
40	4	75,801	0,976	76,777
50	5	94,752	0,976	95,727
60	6	113,702	0,976	114,678
70	7	132,652	0,976	133,628
80	8	151,602	0,976	152,578

Fuente: Elaborado por autores.

Septiembre

Mm	cm	Qp	Gasto Base Septiembre	Caudal Total
1	0,1	1,895	1,081	2,976
2	0,2	3,790	1,081	4,871
3	0,3	5,685	1,081	6,767
4	0,4	7,580	1,081	8,662
5	0,5	9,475	1,081	10,557
6	0,6	11,370	1,081	12,452
7	0,7	13,265	1,081	14,347
8	0,8	15,160	1,081	16,242
9	0,9	17,055	1,081	18,137
10	1	18,950	1,081	20,032
20	2	37,901	1,081	38,982
30	3	56,851	1,081	57,932
40	4	75,801	1,081	76,883
50	5	94,752	1,081	95,833
60	6	113,702	1,081	114,783
70	7	132,652	1,081	133,734
80	8	151,602	1,081	152,684

Fuente: Elaborado por autores.

Octubre

Mm	cm	Qp	Gasto Base Octubre	Caudal Total
1	0,1	1,895	1,308	3,203
2	0,2	3,790	1,308	5,098
3	0,3	5,685	1,308	6,993
4	0,4	7,580	1,308	8,888
5	0,5	9,475	1,308	10,783
6	0,6	11,370	1,308	12,679
7	0,7	13,265	1,308	14,574
8	0,8	15,160	1,308	16,469
9	0,9	17,055	1,308	18,364
10	1	18,950	1,308	20,259
20	2	37,901	1,308	39,209
30	3	56,851	1,308	58,159
40	4	75,801	1,308	77,110
50	5	94,752	1,308	96,060
60	6	113,702	1,308	115,010
70	7	132,652	1,308	133,960
80	8	151,602	1,308	152,911

Fuente: Elaborado por autores.

Noviembre

Mm	cm	Qp	Gasto Base Noviembre	Caudal Total
1	0,1	1,895	1,398	3,293
2	0,2	3,790	1,398	5,188
3	0,3	5,685	1,398	7,083
4	0,4	7,580	1,398	8,978
5	0,5	9,475	1,398	10,873
6	0,6	11,370	1,398	12,768
7	0,7	13,265	1,398	14,663
8	0,8	15,160	1,398	16,558
9	0,9	17,055	1,398	18,453
10	1	18,950	1,398	20,348
20	2	37,901	1,398	39,299
30	3	56,851	1,398	58,249
40	4	75,801	1,398	77,199
50	5	94,752	1,398	96,150
60	6	113,702	1,398	115,100
70	7	132,652	1,398	134,050
80	8	151,602	1,398	153,000

Fuente: Elaborado por autores.

Diciembre

Mm	cm	Qp	Gasto Base Diciembre	Caudal Total
1	0,1	1,895	2,141	4,036
2	0,2	3,790	2,141	5,931
3	0,3	5,685	2,141	7,826
4	0,4	7,580	2,141	9,721
5	0,5	9,475	2,141	11,617
6	0,6	11,370	2,141	13,512
7	0,7	13,265	2,141	15,407
8	0,8	15,160	2,141	17,302
9	0,9	17,055	2,141	19,197
10	1	18,950	2,141	21,092
20	2	37,901	2,141	40,042
30	3	56,851	2,141	58,992
40	4	75,801	2,141	77,943
50	5	94,752	2,141	96,893
60	6	113,702	2,141	115,843
70	7	132,652	2,141	134,794
80	8	151,602	2,141	153,744

Fuente: Elaborado por autores.

Enero

Mm	cm	Qp	Gasto Base Agosto	Caudal Total
1	0,1	1,895	2,427	4,322
2	0,2	3,790	2,427	6,217
3	0,3	5,685	2,427	8,112
4	0,4	7,580	2,427	10,007
5	0,5	9,475	2,427	11,902
6	0,6	11,370	2,427	13,797
7	0,7	13,265	2,427	15,692
8	0,8	15,160	2,427	17,587
9	0,9	17,055	2,427	19,482
10	1	18,950	2,427	21,377
20	2	37,901	2,427	40,328
30	3	56,851	2,427	59,278
40	4	75,801	2,427	78,228
50	5	94,752	2,427	97,178
60	6	113,702	2,427	116,129
70	7	132,652	2,427	135,079
80	8	151,602	2,427	154,029

**7.12. Anexo 12. TABLAS DE CAUDALES DEL HIDROGRAMA UNITARIO
SCS RÍO PLATA**

Agosto

Mm	cm	Qp	Gasto base Agosto	caudal total
1	0,1	0,939	1,153	2,092
2	0,2	1,878	1,153	3,032
3	0,3	2,818	1,153	3,971
4	0,4	3,757	1,153	4,910
5	0,5	4,696	1,153	5,849
6	0,6	5,635	1,153	6,788
7	0,7	6,575	1,153	7,728
8	0,8	7,514	1,153	8,667
9	0,9	8,453	1,153	9,606
10	1	9,392	1,153	10,545
20	2	18,784	1,153	19,938
30	3	28,177	1,153	29,330
40	4	37,569	1,153	38,722
50	5	46,961	1,153	48,114
60	6	56,353	1,153	57,506
70	7	65,746	1,153	66,899
80	8	75,138	1,153	76,291

Fuente: Elaborado por autores.

Septiembre

Mm	cm	Qp	Gasto base Septiembre	caudal total
1	0,1	0,939	0,970	1,909
2	0,2	1,878	0,970	2,848
3	0,3	2,818	0,970	3,788
4	0,4	3,757	0,970	4,727
5	0,5	4,696	0,970	5,666
6	0,6	5,635	0,970	6,605
7	0,7	6,575	0,970	7,544
8	0,8	7,514	0,970	8,484
9	0,9	8,453	0,970	9,423
10	1	9,392	0,970	10,362
20	2	18,784	0,970	19,754
30	3	28,177	0,970	29,147
40	4	37,569	0,970	38,539
50	5	46,961	0,970	47,931
60	6	56,353	0,970	57,323
70	7	65,746	0,970	66,716
80	8	75,138	0,970	76,108

Fuente: Elaborado por autores.

Octubre

Mm	cm	Qp	Gasto Base Octubre	Caudal Total
1	0,1	0,939	1,320	2,259
2	0,2	1,878	1,320	3,198
3	0,3	2,818	1,320	4,137
4	0,4	3,757	1,320	5,077
5	0,5	4,696	1,320	6,016
6	0,6	5,635	1,320	6,955
7	0,7	6,575	1,320	7,894
8	0,8	7,514	1,320	8,834
9	0,9	8,453	1,320	9,773
10	1	9,392	1,320	10,712
20	2	18,784	1,320	20,104
30	3	28,177	1,320	29,496
40	4	37,569	1,320	38,889
50	5	46,961	1,320	48,281
60	6	56,353	1,320	57,673
70	7	65,746	1,320	67,065
80	8	75,138	1,320	76,458

Fuente: Elaborado por autores.

Noviembre

Mm	cm	Qp	Gasto Base Noviembre	Caudal Total
1	0,1	0,939	0,761	1,700
2	0,2	1,878	0,761	2,639
3	0,3	2,818	0,761	3,579
4	0,4	3,757	0,761	4,518
5	0,5	4,696	0,761	5,457
6	0,6	5,635	0,761	6,396
7	0,7	6,575	0,761	7,335
8	0,8	7,514	0,761	8,275
9	0,9	8,453	0,761	9,214
10	1	9,392	0,761	10,153
20	2	18,784	0,761	19,545
30	3	28,177	0,761	28,938
40	4	37,569	0,761	38,330
50	5	46,961	0,761	47,722
60	6	56,353	0,761	57,114
70	7	65,746	0,761	66,507
80	8	75,138	0,761	75,899

Fuente: Elaborado por autores.

Diciembre

Mm	cm	Qp	Gasto Base Diciembre	Caudal Total
1	0,1	0,939	1,105	2,045
2	0,2	1,878	1,105	2,984
3	0,3	2,818	1,105	3,923
4	0,4	3,757	1,105	4,862
5	0,5	4,696	1,105	5,801
6	0,6	5,635	1,105	6,741
7	0,7	6,575	1,105	7,680
8	0,8	7,514	1,105	8,619
9	0,9	8,453	1,105	9,558
10	1	9,392	1,105	10,498
20	2	18,784	1,105	19,890
30	3	28,177	1,105	29,282
40	4	37,569	1,105	38,674
50	5	46,961	1,105	48,067
60	6	56,353	1,105	57,459
70	7	65,746	1,105	66,851
80	8	75,138	1,105	76,243

Fuente: Elaborado por autores.

Enero

Mm	cm	Qp	Gasto Base Enero	Caudal Total
1	0,1	0,939	0,913	1,852
2	0,2	1,878	0,913	2,791
3	0,3	2,818	0,913	3,730
4	0,4	3,757	0,913	4,669
5	0,5	4,696	0,913	5,609
6	0,6	5,635	0,913	6,548
7	0,7	6,575	0,913	7,487
8	0,8	7,514	0,913	8,426
9	0,9	8,453	0,913	9,366
10	1	9,392	0,913	10,305
20	2	18,784	0,913	19,697
30	3	28,177	0,913	29,089
40	4	37,569	0,913	38,482
50	5	46,961	0,913	47,874
60	6	56,353	0,913	57,266
70	7	65,746	0,913	66,658
80	8	75,138	0,913	76,050

Fuente: Elaborado por autores.

7.13. Anexo 13. TABLAS DE VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN RÍO CHARAGUAYACU

Punto 1 lado derecho.

Lectura N°	Hora	Intervalo de tiempo	Tiempo acumulado	Lecturas parciales	Infiltración	Infiltración acumulada	Velocidad de infiltración (IA/Ta)	Velocidad constante de infiltración
1	0	0	0	10	0	0	0	0
2	1	1	1	7,4	2,6	2,6	2,6	1
3	2	1	2	5,4	2	4,6	2,3	0,88461538
4	3	1	3	3,2	2,2	6,8	2,26666667	0,98550725
			3	10	0	6,8	2,26666667	1
5	4	1	4	7,1	2,9	9,7	2,425	1,06985294
6	5	1	5	5,3	1,8	11,5	2,3	0,94845361
7	10	5	10	3,4	1,9	13,4	1,34	0,5826087
			10	10	0	13,4	1,34	1
8	15	5	15	7,7	2,3	15,7	1,04666667	0,78109453
9	20	5	20	7	0,7	16,4	0,82	0,78343949
10	25	5	25	6,2	0,8	17,2	0,688	0,83902439
11	30	5	30	5	1,2	18,4	0,61333333	0,89147287
12	40	10	40	3,4	1,6	20	0,5	0,81521739
			40	10	0	20	0,5	1
13	50	10	50	6,6	3,4	23,4	0,468	0,936
14	60	10	60	4,8	1,8	25,2	0,42	0,8974359
15	75	15	75	3	1,8	27	0,36	0,85714286
			75	10	0	27	0,36	1
16	90	15	90	6,8	3,2	30,2	0,33555556	0,93209877
17	120	30	120	5,3	1,5	31,7	0,26416667	0,78725166

Fuente: Elaborado por autores.

Punto 1 lado izquierdo.

Lectura n°	Hora	Intervalo de tiempo	Tiempo acumulado	Lecturas parciales	Infiltración	Infiltración acumulada	Velocidad de infiltración (ia/ta)	Velocidad constante de infiltración
1	0	0	0	10	0	0	0	0
2	1	1	1	6	4	4	4	4
3	2	1	2	4	2	6	3	0,75
4	3	1	3	3	1	7	2,33333333	0,77777778
5	4	1	4	2	1	8	2	0,85714286
			4	10	0	8	2	1
6	5	1	5	9,9	0,1	8,1	1,62	0,02
7	10	5	10	7,9	2	10,1	1,01	0,62345679
8	15	5	15	6,6	1,3	11,4	0,76	0,75247525
9	20	5	20	5,2	1,4	12,8	0,64	0,84210526
10	25	5	25	5,1	0,1	12,9	0,516	0,80625
11	30	5	30	4	1,1	14	0,46666667	0,90439276
12	40	10	40	3,3	0,7	14,7	0,3675	0,7875
13	50	10	50	2,5	0,8	15,5	0,31	0,84353741
14	60	10	60	2	0,5	16	0,26666667	0,86021505
			60	10	0	16	0,26666667	1
15	75	15	75	8,5	1,5	17,5	0,23333333	0,875
16	90	15	90	8	0,5	18	0,2	0,85714286
17	120	30	120	6,5	1,5	19,5	0,1625	0,8125

Fuente: Elaborado por autores.

Punto 2 lado derecho.

Lectura n°	Hora	Intervalo de tiempo	Tiempo acumulado	Lecturas parciales	Infiltración	Infiltración acumulada	Velocidad de infiltración (ia/ta)	Velocidad constante de infiltración
1	0	0	0	10	0	0	0	0
2	1	1	1	2,4	7,6	7,6	7,6	7,6
			1	10	0	7,6	7,6	1
3	2	1	2	8,6	1,4	9	4,5	0,59210526
4	3	1	3	8,6	0	9	3	0,66666667
5	4	1	4	8,3	0,3	9,3	2,325	0,775
6	5	1	5	7,5	0,8	10,1	2,02	0,8688172
7	10	5	10	4,2	3,3	13,4	1,34	0,66336634
8	15	5	15	3	1,2	14,6	0,97333333	0,72636816
			15	10	0	14,6	0,97333333	1
9	20	5	20	5,9	4,1	18,7	0,935	0,96061644
10	25	5	25	5,5	0,4	19,1	0,764	0,8171123
11	30	5	30	2	3,5	22,6	0,75333333	0,98603839
			30	10	0	22,6	0,75333333	1
12	40	10	40	4	6	28,6	0,715	0,94911504
13	50	10	50	3	1	29,6	0,592	0,82797203
			50	10	0	29,6	0,592	1
14	60	10	60	5	5	34,6	0,57666667	0,9740991
15	75	15	75	4,8	0,2	34,8	0,464	0,80462428
16	90	15	90	3,5	1,3	36,1	0,40111111	0,8644636
17	120	30	120	3	0,5	36,6	0,305	0,76038781

Fuente: Elaborado por autores.

Punto 2 lado izquierdo.

Lectura n°	Hora	Intervalo de tiempo	Tiempo acumulado	Lecturas parciales	Infiltración	Infiltración acumulada	Velocidad de infiltración (ia/ta)	Velocidad constante de infiltración
1	0	0	0	10	0	0	0	0
2	1	1	1	9,5	0,5	0,5	0,5	0,5
3	2	1	2	9,2	0,3	0,8	0,4	0,8
4	3	1	3	8,6	0,6	1,4	0,46666667	1,16666667
5	4	1	4	8,4	0,2	1,6	0,4	0,85714286
6	5	1	5	8,3	0,1	1,7	0,34	0,85
7	10	5	10	8	0,3	2	0,2	0,58823529
8	15	5	15	7,5	0,5	2,5	0,16666667	0,83333333
9	20	5	20	7	0,5	3	0,15	0,9
10	25	5	25	6,2	0,8	3,8	0,152	1,01333333
11	30	5	30	5,7	0,5	4,3	0,14333333	0,94298246
12	40	10	40	5	0,7	5	0,125	0,87209302
13	50	10	50	4,3	0,7	5,7	0,114	0,912
14	60	10	60	3,5	0,8	6,5	0,10833333	0,9502924
15	75	15	75	2	1,5	8	0,10666667	0,98461538
			75	10	0	8	0,10666667	1
16	90	15	90	8,5	1,5	9,5	0,10555556	0,98958333
17	120	30	120	8	0,5	10	0,08333333	0,78947368

Fuente: Elaborado por autores.

Punto 3 lado derecho.

Lectura n°	Hora	Intervalo de tiempo	Tiempo acumulado	Lecturas parciales	Infiltración	Infiltración acumulada	Velocidad de infiltración (ia/ta)	Velocidad constante de infiltración
1	0	0	0	10	0	0	0	0
2	1	1	1	8	2	2	2	2
3	2	1	2	7,6	0,4	2,4	1,2	0,6
4	3	1	3	7,4	0,2	2,6	0,86666667	0,72222222
5	4	1	4	6,3	1,1	3,7	0,925	1,06730769
6	5	1	5	5	1,3	5	1	1,08108108
7	10	5	10	3,3	1,7	6,7	0,67	0,67
			10	10	0	6,7	0,67	1
8	15	5	15	6,3	3,7	10,4	0,69333333	1,03482587
9	20	5	20	6	0,3	10,7	0,535	0,77163462
10	25	5	25	5	1	11,7	0,468	0,87476636
11	30	5	30	4,5	0,5	12,2	0,40666667	0,86894587
12	40	10	40	4,2	0,3	12,5	0,3125	0,76844262
13	50	10	50	3	1,2	13,7	0,274	0,8768
14	60	10	60	2,4	0,6	14,3	0,23833333	0,86982968
15	75	15	75	2	0,4	14,7	0,196	0,82237762
			75	10	0	14,7	0,196	1
16	90	15	90	8	2	16,7	0,18555556	0,94671202
17	120	30	120	7	1	17,7	0,1475	0,79491018

Fuente: Elaborado por autores.

Punto 3 lado izquierdo.

Lectura n°	Hora	Intervalo de tiempo	Tiempo acumulado	Lecturas parciales	Infiltración parcial	Infiltración acumulada	Velocidad de infiltración (ia/ta)	Velocidad constante de infiltración
1	0	0	0	10	0	0	0	0
2	1	1	1	7	3	3	3	3
3	2	1	2	6,8	0,2	3,2	1,6	0,533333333
4	3	1	3	6,8	0	3,2	1,066666667	0,666666667
5	4	1	4	6	0,8	4	1	0,9375
6	5	1	5	5,8	0,2	4,2	0,84	0,84
7	10	5	10	4,1	1,7	5,9	0,59	0,70238095
			10	10	0	5,9	0,59	1
8	15	5	15	8	2	7,9	0,526666667	0,89265537
9	20	5	20	6,1	1,9	9,8	0,49	0,93037975
10	25	5	25	5,1	1	10,8	0,432	0,88163265
11	30	5	30	3	2,1	12,9	0,43	0,99537037
			30	10	0	12,9	0,43	1
12	40	10	40	7,5	2,5	15,4	0,385	0,89534884
13	50	10	50	6,6	0,9	16,3	0,326	0,84675325
14	60	10	60	3,7	2,9	19,2	0,32	0,98159509
15	75	15	75	3,1	0,6	19,8	0,264	0,825
			75	10	0	19,8	0,264	1
16	90	15	90	5	5	24,8	0,275555556	1,04377104
17	120	30	120	4,3	0,7	25,5	0,2125	0,77116935

Fuente: Elaborado por autores.

7.14. Anexo 14. TABLAS DE VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN RÍO PLATA

Punto 1 lado derecho

Lectura n°	Hora	Intervalo de tiempo	Tiempo acumulado	Lecturas parciales	Infiltración	Infiltración acumulada	Velocidad de infiltración (ia/ta)	Velocidad constante de infiltración
1	0	0	0	10	0	0	0,00	0,00
2	1	1	1	5,2	4,8	4,8	4,80	1,00
3	2	1	2	3	2,2	7	3,50	0,73
			2	10	0	7	3,50	1,00
4	3	1	3	6,2	3,8	10,8	3,60	1,03
5	4	1	4	5	1,2	12	3,00	0,83
6	5	1	5	3,2	1,8	13,8	2,76	0,92
			5	10	0	13,8	2,76	1,00
7	10	5	10	5,3	4,7	18,5	1,85	0,67
8	15	5	15	3,1	2,2	20,7	1,38	0,75
			15	10	0	20,7	1,38	1,00
9	20	5	20	5,8	4,2	24,9	1,25	0,90
10	25	5	25	4,5	1,3	26,2	1,05	0,84
11	30	5	30	4	0,5	26,7	0,89	0,85
12	40	10	40	3	1	27,7	0,69	0,78
			40	10	0	27,7	0,69	1,00
13	50	10	50	6,5	3,5	31,2	0,62	0,90
14	60	10	60	4,3	2,2	33,4	0,56	0,89
15	75	15	75	3,2	1,1	34,5	0,46	0,83
			75	10	0	34,5	0,46	1,00
16	90	15	90	6,1	3,9	38,4	0,43	0,93
17	120	30	120	4,8	1,3	39,7	0,33	0,78

Fuente: Elaborado por autores.

Punto 1 lado izquierdo

Tiempo acumulado	Lecturas parciales	Infiltración parcial	Infiltración acumulada	Velocidad de infiltración (ia/ta)	Velocidad constante de infiltración
0	10	0	0	0,00	0,00
1	8	2	2	2,00	2,00
2	6	2	4	2,00	1,00
3	5,3	0,7	4,7	1,57	0,78
4	4,2	1,1	5,8	1,45	0,93
5	3,3	0,9	6,7	1,34	0,92
5	10	0	6,7	1,34	1,00
10	7,2	2,8	9,5	0,95	0,71
15	5,3	1,9	11,4	0,76	0,80
20	4,1	1,2	12,6	0,63	0,83
25	3,7	0,4	13	0,52	0,83
30	3	0,7	13,7	0,46	0,88
30	10	0	13,7	0,46	1,00
40	7,5	2,5	16,2	0,41	0,89
50	7,5	0	16,2	0,32	0,80
60	7,4	0,1	16,3	0,27	0,84
75	6,8	0,6	16,9	0,23	0,83
90	6,1	0,7	17,6	0,20	0,87
120	4,8	1,3	18,9	0,16	0,81

Fuente: Elaborado por autores.

Punto 2 lado derecho

Lectura n°	Hora	Intervalo de tiempo	Tiempo acumulado	Lecturas parciales	Infiltración	Infiltración acumulada	Velocidad de infiltración (ia/ta)	Velocidad constante de infiltración
1	0	0	0	10	0	0	0,00	0,00
2	1	1	1	2	8	8	8,00	8,00
3	2	1	2	2	0	8	4,00	0,50
			2	10	0	8	4,00	1,00
4	3	1	3	2,5	7,5	15,5	5,17	1,29
5	4	1	4	2,5	0	15,5	3,88	0,75
			4	10	0	15,5	3,88	1,00
6	5	1	5	2,3	7,7	23,2	4,64	1,20
			5	10	0	23,2	4,64	1,00
7	10	5	10	6	4	27,2	2,72	0,59
8	15	5	15	3,2	2,8	30	2,00	0,74
			15	10	0	30	2,00	1,00
9	20	5	20	8,2	1,8	31,8	1,59	0,80
10	25	5	25	6	2,2	34	1,36	0,86
11	30	5	30	4,7	1,3	35,3	1,18	0,87
12	40	10	40	3,1	1,6	36,9	0,92	0,78
			40	10	0	36,9	0,92	1,00
13	50	10	50	9	1	37,9	0,76	0,82
14	60	10	60	8	1	38,9	0,65	0,86
15	75	15	75	5,5	2,5	41,4	0,55	0,85
16	90	15	90	3,1	2,4	43,8	0,49	0,88
			90	10	0	43,8	0,49	1,00
17	120	30	120	3	7	50,8	0,42	0,87

Fuente: Elaborado por autores.

Punto 2 lado izquierdo

Lecturas parciales	Infiltración	Infiltración acumulada	Velocidad de infiltración (ia/ta)	Velocidad constante de infiltración
10	0	0	0,00	0,00
10	0	0	0,00	0,00
10	0	0	0,00	0,00
10	0	0	0,00	0,00
9,9	0,1	0,1	0,02	0,03
9,8	0,1	0,2	0,04	1,60
9,4	0,4	0,6	0,06	1,50
9	0,4	1	0,07	1,11
8,7	0,3	1,3	0,07	0,98
8,6	0,1	1,4	0,06	0,86
8,5	0,1	1,5	0,05	0,89
8,5	0	1,5	0,04	0,75
8,5	0	1,5	0,03	0,80
8,2	0,3	1,8	0,03	1,00
7,6	0,6	2,4	0,03	1,07
7,4	0,2	2,6	0,03	0,90
6,7	0,7	3,3	0,03	0,95

Fuente: Elaborado por autores.

Punto 3 lado derecho

Hora	Intervalo de tiempo	Tiempo acumulado	Lecturas parciales	Infiltración	Infiltración acumulada	Velocidad de infiltración (IA/Ta)	Velocidad constante de infiltración
0	0	0	10	0	0	0,00	0,00
1	1	1	8,5	1,5	1,5	1,50	8,50
2	1	2	3	5,5	7	3,50	2,33
		2	10	0	7	3,50	1,00
3	1	3	7	3	10	3,33	0,95
4	1	4	6,5	0,5	10,5	2,63	0,79
5	1	5	6,3	0,2	10,7	2,14	0,82
10	5	10	6,2	0,1	10,8	1,08	0,50
15	5	15	6,2	0	10,8	0,72	0,67
20	5	20	5,4	0,8	11,6	0,58	0,81
25	5	25	5	0,4	12	0,48	0,83
30	5	30	4,5	0,5	12,5	0,42	0,87
40	10	40	4	0,5	13	0,33	0,78
50	10	50	3,5	0,5	13,5	0,27	0,83
60	10	60	3,1	0,4	13,9	0,23	0,86
		60	10	0	13,9	0,23	1,00
75	15	75	6,9	3,1	17	0,23	0,98
90	15	90	6	0,9	17,9	0,20	0,88
120	30	120	5,3	0,7	18,6	0,16	0,78

Fuente: Elaborado por autores.

Punto 3 lado izquierdo

Lecturas parciales	Infiltración	Infiltración acumulada	Velocidad de infiltración (ia/ta)	Velocidad constante de infiltración
10	0	0	0,00	0,00
8,3	1,7	1,7	1,70	1,70
8	0,3	2	1,00	0,59
7	1	3	1,00	1,00
6,2	0,8	3,8	0,95	0,95
4,4	1,8	5,6	1,12	1,18
3	1,4	7	0,70	0,63
10	0	7	0,70	1,00
8	2	9	0,60	0,86
6	2	11	0,55	0,92
4,7	1,3	12,3	0,49	0,89
3,1	1,6	13,9	0,46	0,94
10	0	13,9	0,46	1,00
4,8	5,2	19,1	0,48	1,03
4,5	0,3	19,4	0,39	0,81
4,2	0,3	19,7	0,33	0,85
4,1	0,1	19,8	0,26	0,80
3	1,1	20,9	0,23	0,88
10	0	20,9	0,23	1,00
3	7	27,9	0,23	1,00

Fuente: Elaborado por autores.