



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**“ESTUDIO HIDROLÓGICO PARA EL DISEÑO DE
LA BOCATOMA PRADA - DISTRITO MOTUPE -
DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE”**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO PROFESIONAL
DE BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL**

Autor:

Burga Guevara Grecia Carolina

Asesor

MSc. Muñoz Perez Socrates Pedro

Línea de Investigación

Ingeniería de Procesos

Pimentel – Perú

2020

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
“ESTUDIO HIDROLÓGICO PARA EL DISEÑO DE LA
BOCATOMA PRADA - DISTRITO MOTUPE -
DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE”

Aprobado por:

MSc. Muñoz Perez, Socrates Pedro

Asesor

Mg. Villegas Granados, Luis Mariano

Presidente

MSc. Sanchez Díaz, Henry Dante

Secretario

Mg. Idrogo Pérez, Cesar Antonio

Vocal

DEDICATORIA

A Dios por guiarme en todo momento, especialmente en los más difíciles de mi vida y por brindarme una familia maravillosa.

A mis padres Olga y Jesús que me motivaron en todo momento para estudiar esta carrera y que me dieron los ánimos, las enseñanzas y las fuerzas necesarias para no rendirme nunca.

Burga Guevara Grecia Carolina

AGRADECIMIENTO

Agradecemos ante todo a Dios por darme la fuerza y el valor para concluir la investigación a pesar de las adversidades encontradas en el camino.

Al MSc. Sócrates Pedro Muñoz Perez, por su apoyo mi labor científica, por el empuje y motivación que logró que yo pudiera concluir poco a poco cada una de mis metas.

A mi madre Olga Guevara Arboleda la cual me apoyó con sus conocimientos, para poder desarrollar esta investigación, agradezco su entrega y dedicación pese al poco tiempo que teníamos, agradezco heredarme su corazón agrícola.

RESUMEN

Analizar la Hidrología del Rio Motupe, permitirá evaluar las particularidades físicas y su configuración física; asimismo estudiar e investigar la información Hidrometeorológica que existe en la cuenca, calcular su escurrimiento con los registros históricos obteniéndose los caudales, se encontrará el desempeño hidrológico de la cuenca, determinar la demanda hídrica de los terrenos de cultivo adyacentes a su ámbito, para hallar el balance hídrico de la cuenca.

Para ejecutar esta investigación se reunió y analizó la información fundamental existente. De igual modo, se efectuó inspección de campo, del área de dominio del proyecto, lográndose información complementaria.

Es de recalcar, que la cuenca hidrográfica del rio Motupe, se encuentra información hidrometeorológica de uno de sus afluentes como es el Rio Chiniama, cuya estación de medición hidrométrica se encuentra en la estación Marrisón que tiene registros desde el año 1962. En cambio su otro afluente que es el rio Chochope no cuenta con estación de medición, pero como son cuencas vecinas que están a una misma altitud y tiene características muy similares, se realizará una simulación para establecer su caudal.

Se tiene información de 03 estaciones meteorológicas contiguas a la zona del proyecto: Motupe, Olmos y La Viña.

El fin principal del estudio es determinar el funcionamiento hidrológico de la cuenca del Rio Motupe. Los objetivos determinados que se logran conseguir son:

- Delimitar la cuenca.
- Determinar los parámetros físicos de la cuenca.
- Definir la oferta hídrica para el proyecto.
- Evaluar la demanda hídrica agrícola del proyecto que cumpla con las necesidades hídricas de los cultivos.
- Elaborar el balance hídrico del proyecto, tomando en cuenta la oferta y la demanda de agua.
- Realizar el estudio de máximas avenidas, que permita conocer los caudales máximos del río.

Palabras clave: Cuenca, Hidrometeorología, hidrografía y estaciones meteorológicas.

ABSTRACT

Analyzing the Hydrology of the Motupe River, will allow to evaluate the physical peculiarities and their physical configuration; also study and investigate the Hydrometeorological information that exists in the basin, calculate its runoff with the historical records obtaining the flows, the hydrological performance of the basin will be found, determine the water demand of the cultivated land adjacent to its area, to find the water balance of the basin.

In order to execute this investigation, the existing fundamental information was collected and analyzed. Similarly, a field inspection of the project domain area was carried out, obtaining complementary information.

It is noteworthy that the river basin of the Motupe River is hydrometeorological information of one of its tributaries such as the Chiniama River, whose hydrometric measurement station is in the Marrisón station that has records since 1962. Instead its other tributary that is the Chochope river does not have a measuring station, but since they are neighboring basins that are at the same altitude and have very similar characteristics, a simulation will be carried out to establish its flow.

There are information on 03 weather stations adjacent to the project area: Motupe, Olmos and La Viña.

The main purpose of the study is to determine the hydrological functioning of the Motupe River basin. The determined objectives that are achieved are:

- Delimit the basin.
- Determine the physical parameters of the basin.
- Define the water supply for the project.
- Evaluate the agricultural water demand of the project that meets the water needs of the crops.
- Prepare the water balance of the project, taking into account the supply and demand of water.
- Carry out the study of maximum avenues, which allows knowing the maximum flow rates of the river.

Keywords: Basin, Hydrometeorology, hydrography and weather stations

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	3
RESUMEN.....	5
ABSTRACT	6
ÍNDICE.....	7
I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	10
1.2. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	11
1.2.1. Métodos para el cálculo de la Precipitación Media en una Cuenca	11
1.2.2. Parámetros asociados a la forma de la cuenca	12
1.2.3. Métodos para el cálculo de caudales máximos.....	14
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	18
1.4. OBJETIVOS.....	18
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.4.2. Objetivos Específicos	18
1.4.3. HIPÓTESIS	18
II. DESARROLLO DEL CONTENIDO	19
2.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA ZONA.....	19
2.1.1. UBICACIÓN.....	19
2.1.2. ACCESO	19
2.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ZONA	20
2.2.1. METEOROLOGÍA	20
2.3. PARÁMETROS FÍSICOS DE LA CUENCA.....	24
2.3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS – MORFOMETRÍA.....	24
2.3.2. PARÁMETROS FÍSICOS – RELIEVE	32
2.4. PRECIPITACIÓN MEDIA MÁXIMA EN 24 HORAS	34
2.4.1. REGISTROS HISTÓRICOS DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS .	35
2.4.2. ANÁLISIS DE FRECUENCIA.....	38
2.5. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO	49
2.5.1. RÍO CHINIAMA	49

2.5.2. RÍO CHOCHOPE	60
II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	77
III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
Referencias	82

I. INTRODUCCIÓN

En nuestro País, la conducción de nuestro recurso agua es un asunto que está acaparando mayor importancia y trascendencia, ya que su carencia en cantidad, calidad y conveniencia es más clara, ésta postura se da en algunos ríos de nuestra costa. En el caso del sector agricultura la repartición del agua se está proporcionando en menor medida, lo cual desfavorece la producción de alimentos como la caña de azúcar, arroz, esparrago, entre otros. En nuestras cuencas de la sierra se observa notoriamente los estragos del cambio climático, produciendo cambios en la atmosfera originando desglaciación y polución producto de las actividades de la industria. Es decir, nuestro problema dentro de unos años será como conducir el recurso hídrico y de qué forma maximizar el uso de este recurso, ello al futuro generaría luchas por el acceso al agua.

Uno de los motivos que se puede indicar sobre la falta del agua, es por la inadecuada administración de las cuencas hidrográficas, originado en mayor medida por los organismos públicos que son los encargados de distribuirla y racionarla, acompañado de insuficiencia de estudios de ingeniería que nos permitan conocer realmente la oferta de agua en todas nuestras cuencas. Sin ellos, no tenemos información de la conducta de las cuencas al paso de los años, por lo que muchas veces ocurren inundaciones o sequías, por lo que nuestra población estaría lista para soportar éstos eventos.

El presente estudio hidrológico es un trabajo de investigación, que se basa en analizar dos sub cuencas, Chiniama y Chochope, que conforman el Rio Motupe ubicado en la Provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque a 500 msnm, con la intención de ocasionar una evaluación del recurso hídrico, delimitación de la cuenca, estimación de la precipitación, máximas avenidas, socavación y a partir de estos productos proponer medidas para prevención de los daños ante la creciente de agua en el río.

En la cuenca del río Motupe, su primordial movimiento económico es la agricultura. El incremento del movimiento económico en el valle, así como el aumento de la tasa poblacional han favorecido al aumento de la demanda del agua, por lo que es importante estar al tanto de la reserva del agua en el valle.

En el Valle del río Motupe se encuentran varias Tomas artesanales, donde los agricultores usan el agua para sus cultivos, las cuales son colocadas de manera temporal ya que en su lugar debería colocarse una estructura para así obtener mejores campañas en la agricultura.

La Junta de Usuarios del Valle Motupe y el A.L.A. Motupe – Olmos – La Leche, es la entidad delegada de gestionar y promover la gestión integral del recurso hídrico en el valle del río Motupe. Surgida la insuficiencia de conocer actualmente cual es la disponibilidad del agua en esta cuenca.

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

En la actualidad, el método tradicional de la medición del caudal, o sea, el registro continuo del nivel del agua para convertir este nivel en caudal, a través de la curva de gastos, es todavía el método más simple y seguro. Las mediciones del caudal para obtener la curva de gastos, su control y su evaluación, se realizan en las estaciones hidrométricas instaladas en ríos, arroyos, canales y en todo tipo de corrientes superficiales.

La determinación del balance hídrico de una cuenca hidrográfica, requiere además, de la Observación y el registro de los datos climatológicos (lluvia, evaporación, temperatura, etc.), por lo que existe una estrecha relación entre la meteorología, la climatología y la hidrología. Esta fue la razón que obligó a que las estaciones climatológicas se integraran al servicio hidrométrico, lo que dio origen a una red hidroclimatológica, que proporciona información a la hidrología. Todas estas mediciones son básicas para planear el desarrollo de los aprovechamientos hidráulicos, tanto en su aspecto de producción de alimentos como en la protección contra el exceso o la escasez de agua de la naturaleza. Al realizar un estudio hidrológico se debe disponer de la información hidrométrica en la zona.

1.2. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.2.1. Métodos para el cálculo de la Precipitación Media en una Cuenca

1.2.1.1. Método de los polígonos de Thiessen

Para poder aplicar este método es necesario conocer la localización de las estaciones dentro de la zona en estudio, ya que para su aplicación se requiere determinar la zona de influencia en cada una de ellas.

En síntesis el método se basa en asignar cada punto de la cuenca a la estación más próxima; se deben unir las estaciones de dos en dos y dibujar las mediatrices de estos segmentos, asignando a cada estación el área limitada por las poligonales que forman las mediatrices.

Por lo tanto, la altura de precipitación media es:

$$hp_m = \frac{\sum_{i=1}^n hp_i A_i}{A} = \sum_{I=1}^n hp_i \frac{A_i}{A}$$

Donde:

A Área total de la zona (km²)

A_i Área total tributaria de la estación i (km²)

hp_i Altura de precipitación registrada en la estación i (mm)

hp_m Altura de precipitación media en la zona en estudio (mm)

N Número de estaciones localizadas dentro de la zona en estudio.

1.2.1.2. Método de las Isoyetas

En la hipótesis de tener suficientes datos como para poder dibujar las Isoyetas, se puede utilizar este método que consiste en asignar al área entre cada dos Isoyetas la precipitación media de ellas.

Las Isoyetas son líneas que unen puntos con la misma precipitación.

1.2.2. Parámetros asociados a la forma de la cuenca

La forma de la cuenca interviene de manera importante en las características del hidrograma de descarga de una determinada corriente, particularmente en los eventos de avenidas máximas, en particular, las cuencas de igual área pero de diferente forma, generan hidrogramas diferentes. Parece claro que existe una fuerte componente probabilística en la determinación de una cuenca mediante sus parámetros y las características de la red de drenaje. Por esta razón se han buscado relaciones de similitud geométrica entre las características medias de una cuenca y de su red de canales con esas de otras cuencas.

1.2.2.1. Área

Está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural. Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio; éste parámetro se expresa normalmente en km². Este valor es de suma importancia porque un error en su medición incide directamente en los resultados, por lo que se hace necesario realizar mediciones contrastadas para tener total confianza en este valor.

1.2.2.2. Perímetro

Es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Éste parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros.

1.2.2.3. Longitud de la cuenca (L)

Se define como la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca (estación de aforo) hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca.

1.2.2.4. Ancho de la cuenca (B)

Se define como la relación entre el área y la longitud de la cuenca.

1.2.2.5. Orientación

La orientación se determina de acuerdo a la orientación del río principal de la cuenca en relación al Norte y se considera su influencia especialmente en las zonas de ladera en

donde la inclinación de las vertientes afectará la influencia solar. La orientación de la cuenca con respecto al movimiento del sol y a la interposición de las cadenas montañosas con respecto a las corrientes de aire, es un factor que influye en su comportamiento hidrometeorológico.

1.2.2.6. Factor de Forma de Horton (Kf)

Es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca.

$$k_f = \frac{A}{L^2}$$

Intenta medir cuan cuadrada (alargada) puede ser la cuenca. Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma.

Principalmente, los factores geológicos son los encargados de moldear la fisiografía de una región y la forma que tienen las cuencas hidrográficas. Un valor de Kf superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de ella o de un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas.

1.2.2.7. Coeficiente de compacidad (Kc)

Propuesto por Gravelius, compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. Se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parte aguas o divisoria que la encierra y el perímetro de la circunferencia. Este coeficiente adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Nunca los valores del coeficiente de compacidad serán inferiores a uno. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea, es decir mayor concentración de agua.

$$k_c = \frac{P}{P_c} = \frac{P}{2\pi R}$$

Donde, P es el perímetro de la cuenca (longitud de la línea parte aguas), Pc es el perímetro de la circunferencia y R es el radio de la circunferencia. Se han establecido tres categorías para la clasificación de acuerdo con este parámetro:

Tabla 2. Características de la cuenca de acuerdo con el valor k_c

VALORES DE k_c	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

La razón para usar la relación del área equivalente a la ocupada por un círculo es porque una cuenca circular tiene mayores posibilidades de producir avenidas superiores dadas su simetría. Sin embargo, este índice de forma ha sido criticado pues las cuencas en general tienden a tener la forma de pera.

1.2.2.8. Relación de elongación (R_e):

Se define como la relación entre el diámetro de un círculo que posea la misma área de la cuenca y cuyo diámetro sea igual la longitud de la cuenca y su formulación matemática es la siguiente:

$$R_e = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{L}$$

El valor de la relación de elongación se acerca a la unidad cuando la cuenca es muy plana y circular, cuando la cuenca es plana con porciones accidentales, la relación de elongación está entre 0.5 y 0.8.

1.2.3. Métodos para el cálculo de caudales máximos

1.2.3.1. Método Racional

El **Método Racional** es uno de los más utilizados para la estimación del caudal máximo asociado a determinada lluvia de diseño. Se utiliza normalmente en el diseño de obras de drenaje urbano y rural. Y tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la Determinación de Caudales Máximos.

La expresión utilizada por el Método Racional es:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

Donde:

Q :	Caudal máximo [m ³ /s]
C:	Coefficiente de escorrentía
I:	Intensidad de la Lluvia de Diseño, con duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y con frecuencia igual al período de retorno seleccionado para el diseño (<u>Curvas de I-D-F</u>) [mm/h]
A:	Área de la cuenca. [Ha]

1.2.3.2. Método de Creager

Este método, originalmente desarrollado por Creager, fue adaptado para el territorio peruano por Wolfgang Trau y Raúl Gutiérrez Yrigoyen. La aplicación de este método permite la estimación de los caudales máximos diarios en cuencas sin información, para diferentes periodos de retorno, tomando el área de la cuenca como el parámetro de mayor incidencia en la ocurrencia de caudales máximos. Para la obtención de su fórmula, graficó los gastos máximos por unidad de área observados en cuencas de todo el territorio peruano contra el área misma de las cuencas, después trazo una curva

que fuera envolvente de todos los puntos graficados y obtuvo la ecuación que se indica a continuación:

$$Q^{MAX} = (C^1 + C^2) \log(T) A^{mA^{-n}}$$

Donde:

- Qmax: caudal máximo para un periodo de retorno T seleccionado, en m³/s
- A: área de la cuenca aportante, en km²
- T: periodo de retorno, en años
- C₁ , C₂: coeficientes adimensionales de escala, por regiones hidráulicas
- m, n: exponentes adimensionales, por regiones hidráulicas

1.2.3.3. Método de Gumbel

El “valor máximo” que se quiere determinar para un determinado período de retorno se determina por medio de la expresión

$$x = x_m + D x = x_m + k \cdot s_{n-1}$$

X: valor máximo (caudal o precipitación) para un período de retorno T.

X_m: media de la serie dada de valores máximos

D X: desviación respecto a la media, que se estima mediante el producto de: k.s_{n-1}

Donde:

k: factor de frecuencia, que indica el número de veces de desviación típica en que el valor extremo considerado excede a la media de la serie.

S_{n-1}: desviación estándar, desviación típica de los valores extremos.

El valor de la variable “k” se estima a partir del conocimiento del período de retorno en años y del número de años disponibles en la serie.

S_{n-1} : desviación estándar, desviación típica de los valores extremos.

El valor de la variable "k" se estima a partir del conocimiento del período de retorno en años y del número de años disponibles en la serie.

$$\text{Así: } k = (y_T - y_n) / S_n$$

y_T : variable de Gumbel para el período de retorno T. Se determina a partir del valor del período de retorno. El valor se puede obtener de la tabla adjunta. $y_T = -\ln(\ln(T/T-1))$.

y_n : valor que se obtiene a partir del número de años de la serie, mediante tablas.

S_n : valor que se obtiene a partir del número de años de la serie, mediante tablas.

1.2.3.4. Método de Dipeo:

El método al que se hace referencia es el desarrollado por el Instituto ORSTOM (Francia). De acuerdo a este método el caudal de avenidas extraordinarias en cuencas hidrográficas de 1 Km² a 200 Km² puede determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$Q = P(24h) * A * C_R * C_{P/R} * C_F / T_c$$

Donde:

- P(24h): precipitación máxima diaria, en mm, correspondiente a un periodo de retorno seleccionado
- A: área de la cuenca, en km².
- C_R : coeficiente de reducción, según el área de la cuenca

Los valores de C_R se obtienen del siguiente cuadro:

Area de la Cuenca (Km ²)	Coficiente C_R
$0 < A \leq 25$	1.0
$25 < A \leq 50$	0.95
$50 < A \leq 100$	0.90
$100 < A \leq 150$	0.85
$150 < A \leq 200$	0.80

- $C_{P/R}$: coeficiente de reducción según la permeabilidad y pendientes longitudinal y transversal de la cuenca.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

En la actualidad la demanda del recurso hídrico en la cuenca del río Motupe es cada vez mayor. La principal consecuencia de este incremento en la demanda, es la escasez del agua principalmente en las épocas de estiaje; la cual a su vez genera conflictos entre los usuarios de la cuenca y problemas en la eficiente distribución del recurso hídrico. He aquí que surge la necesidad de conocer y cuantificar los recursos hídricos en la cuenca del río Motupe.

El presente estudio evaluó las condiciones hidrológicas y meteorológicas de la cuenca del río Motupe, con el fin de conocer su comportamiento y caracterizar cada una de las variables del ciclo hidrológico. Una vez realizado este proceso, se determinará el Balance Hídrico de la cuenca, que nos permitirá conocer la disponibilidad del recurso hídrico durante todos los meses del año.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el funcionamiento hidrológico de la cuenca del Río Motupe.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Delimitar la cuenca.
- Determinar los parámetros físicos de la cuenca.
- Evaluar la demanda de agua del proyecto que cumpla con las necesidades hídricas de los cultivos.
- Realizar el estudio de máximas avenidas, de tal manera de conocer los caudales máximos del río.

1.4.3. HIPÓTESIS

Es posible que al proponer el estudio hidrológico para el diseño de la bocatoma se evalúe el funcionamiento hidrológico de la cuenca del Río Motupe en el Sector Prada.

II. DESARROLLO DEL CONTENIDO

2.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA ZONA

2.1.1. UBICACIÓN

La cuenca del Río Motupe se ubica política, hidrográfica y geográficamente de la siguiente manera:

Ubicación Política

- Distrito : Motupe
- Provincia : Lambayeque
- Departamento : Lambayeque

Localización Hidrográfica

- Hoya : Océano Pacífico
- Cuenca : Río Motupe (parte alta)

Coordenadas Geográficas

El Río Motupe nace de la confluencia del río Chiniama y del río Chochope. La ubicación geográfica del ámbito de estudio está comprendido entre las coordenadas siguientes:

Cuenca Chiniama	79°25' - 79°38'	Longitud Oeste
	5°59' - 6° 8'	Latitud Sur
Cuenca Chóchope	79°39' - 79°24'	Longitud Oeste
	6°7' - 6°13'	Latitud Sur

2.1.2. ACCESO

La infraestructura vial en el área de la investigación, se divide en 02 puntos principales: El punto primario el cual nos proporciona que la cuenca se conecta en el norte con Piura y por el sur con la provincia de Chiclayo, por la carretera Panamericana Antigua Norte. El punto secundario la cual nos proporciona la conexión con el distrito de Chóchope y con los caseríos de Motupe: Tongorraper, El Arrozal, Santa Elena, Humedades y Escusa Baraja.

2.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ZONA

2.2.1. METEOROLOGÍA

2.2.1.1. Red Meteorológica

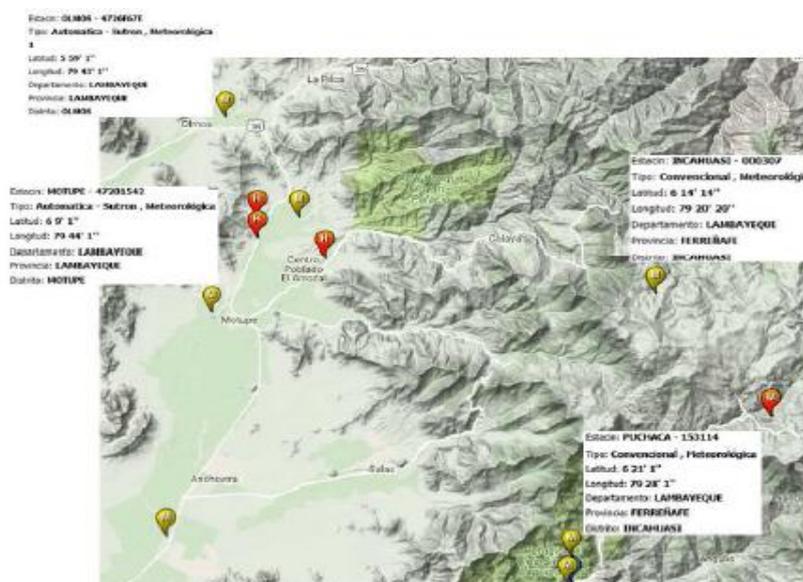
La zona de la investigación se encuentra establecida por la red meteorológica, se tomó en cuenta las siguientes estaciones:

Tabla 1: Estaciones pluviométricas utilizadas para el cálculo

N°	ESTACIÓN NOMBRE	CUENCA	SUB CUENCA	COORDENADAS		ALTITUD (m)
				Longitud	Latitud	
1	OLMOS	Olmos	Olmos	79°51'35"	5°45'51"	115
2	MOTUPE	Motupe	Motupe	79°44'1"	6°9'1"	125
3	LA VIÑA	Jayanca	Jayanca	79°46'7.29"	6°19'53.73"	78
4	PUCHARA	Motupe	Motupe	79°28'10.25"	6°22'25"	336
5	CUEVA BLANCA	Motupe	Motupe	79°24'16.2"	6°7'52.68"	330
6	PORCUYA	Motupe	Motupe	79°30'20.6"	5°50'22.7"	2146

Fuente: Elaboración propia

EH, FIGURA N° 3.1: Estaciones pluviométricas utilizadas para el cálculo



Fuente: SENAMHI.

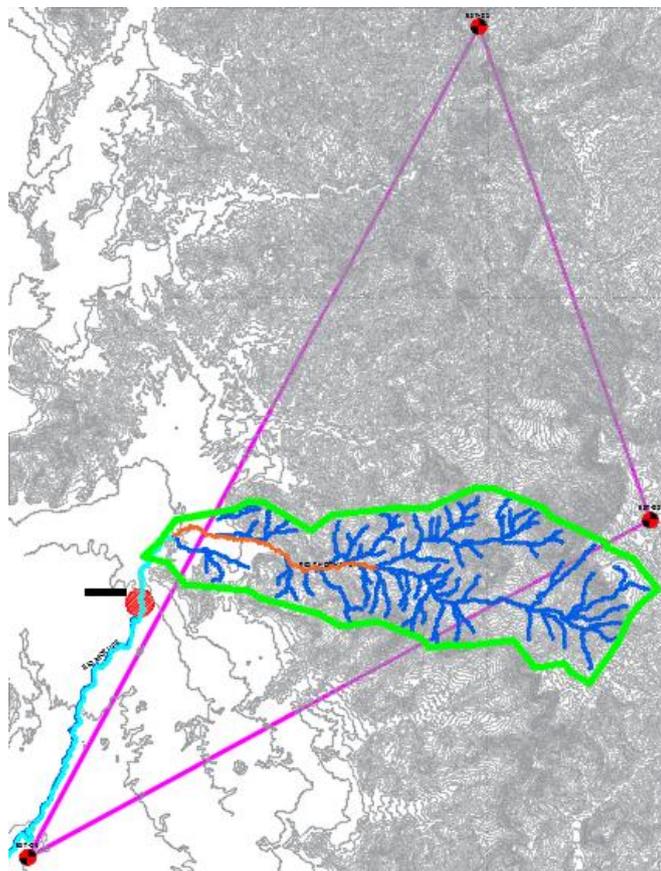
Las estaciones pluviométricas son las estaciones meteorológicas formadas por un pluviómetro con el fin de realizar los controles de lluvia. Estas estaciones climatológicas comunes además de estar compuestas por un pluviómetro que logra medir las precipitaciones, establecen las temperaturas más altas y más bajas, evaporación, clima, humedad relativa, horas de sol, etc.

2.2.1.2. Precipitaciones medias generadas

➤ Método del polígono de Thiessen

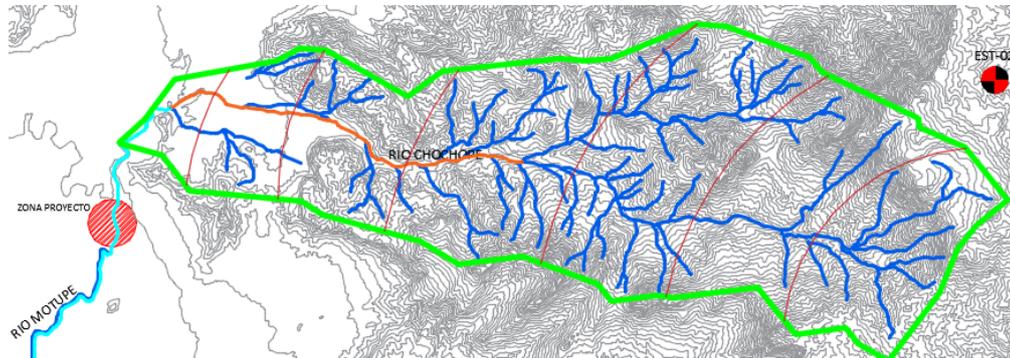
Las estaciones pluviométricas existentes Incahuasi, Olmos, Puchaca son vecinas

a la cuenca de recepción de la bocatoma en el río Chóchope, para encontrar una estación representativa se procedió a realizar a encontrar la precipitación media mediante el método de Thiessen.



Año	Ener.	Febr.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
1966	0.56	1016	3.79	2.33	1.13	0.2	0	0	0.29	0.41	0.28	0.07
1967	0.95	2.52	3.49	2.42	0.95	0.34	0.78	0.22	0.05	0.13	0.14	0.32
1968	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1969	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1970	0.6	1.43	3.25	2.42	1.88	0.42	0.02	0	0.22	0.5	0.39	0.4
1971	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1972	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1973	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1974	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1975	0.41	2.59	6.52	3.51	1.04	0.95	0.08	0.3	0.03	0.8	0.32	0.11
1976	1.36	2.12	2.93	2.72	1.08	0.58	0.17	0.04	0.04	0.14	0.11	0.09
1977	0.52	1.82	5.08	2.72	0.75	0.62	0.05	0	0	0.17	0.11	0.15
1978	0.32	1.17	4.52	2.18	1.31	0.34	0.43	0.05	0	0.15	0.07	0.35
1979	0.59	1.26	4.69	2.48	1.05	0.19	0	0.05	0.3	0.23	0.14	0.37
1980	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1981	0.37	2.05	4.89	2.4	0.62	0.48	0.39	0.01	0	0.26	0.24	0.67
1982	0.42	1.77	3.08	3.58	0.92	0.19	0.27	0.01	0	0.31	0.17	0.82
1983	1.91	1.99	9.97	12.93	6.1	1.21	0.07	0.14	0.03	0.41	0.15	0.76
1984	0.16	4.03	4.95	2.48	0.98	0.82	0.14	0	0.07	0.49	0.11	0.72
1985	0.36	1.7	3.53	3.46	1.16	0.81	0.39	0.18	0.1	0.34	0.09	0.45
1986	0.39	1.66	3.71	4.72	0.81	0.65	0.25	0.13	0.02	0.22	0.21	0.56
1987	0.81	1.57	4.4	3.63	1.36	0.69	0.21	0.2	0.04	0.24	0.25	0.47
1988	0.74	2.28	3.14	3.93	1.24	0.89	0	0.21	0.12	0.36	0.44	0.49
1989	0.73	2.38	6	2.66	0.99	1.04	0.32	0.06	0.23	0.36	0.48	0.43
1990	1.2	1.56	3.11	2.47	1.02	1	0.59	0	0	0.51	0.42	0.25
1991	0.93	1.79	3.02	3.4	0.64	0.74	0	0.08	0.24	0.41	0.38	0.52
1992	0.64	2.19	4	4.55	0.89	62	0.31	0	0.19	0.44	0.35	0.6
1993	0.81	2.83	7.71	3.7	1.87	0.71	0.43	0.07	0.29	0.6	0.27	0.66
1994	0.93	2.11	5.2	3.3	0.85	0.44	0.31	0.09	0.27	0.45	0.26	0.76
1995	0.61	2.05	3.03	2.56	0.92	0.63	0.44	0	0.19	0.22	0.22	0.81
1996	0.74	2.29	4.04	2.74	1.59	0.68	0	0.23	0	0.33	0.28	0.67
1997	0.97	1.82	2.96	3.17	2.15	0.44	0.29	0.25	0	0.4	0.28	0.69
1998	2.89	7.69	13.44	7.78	33.09	0.34	0	0.11	0.19	0.49	0.24	0.55
1999	0.65	5.19	3.02	4.75	2.25	0.67	0.4	0.2	0.09	0.35	0.27	0.56
2000	0.68	2.41	6.68	4.24	1.91	0.94	0.14	0.2	0.35	0.38	0.3	0.47
2001	0.89	2.35	7.61	5.09	1.09	0.12	0.44	0	0.29	0.52	0.43	0.42
2002	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2003	0.9	2.16	3.12	2.09	1.17	0.75	0.45	0	0.25	0.24	0.25	0.6
2004	0.58	1.18	3.48	2.32	1.21	0.3	0.67	0	32	0.44	0.34	0.54
2005	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2006	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2007	0.95	1.31	4.23	2.95	1.15	0.16	0.29	0.23	0.15	0.68	0.48	0.36
2008	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2009	1.55	2.57	5.9	2.19	0.94	0.48	0.14	0.23	0.04	0.51	0.32	0.36
2010	0.53	2.78	4.23	4.48	1.08	0.36	0.1	0	0.31	0.25	0.22	0.46
2011	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2012	1	3.6	5.99	4.06	1	0.38	0.07	0	0.07	0.68	0.47	0.39

➤ **Método de isoyetas**



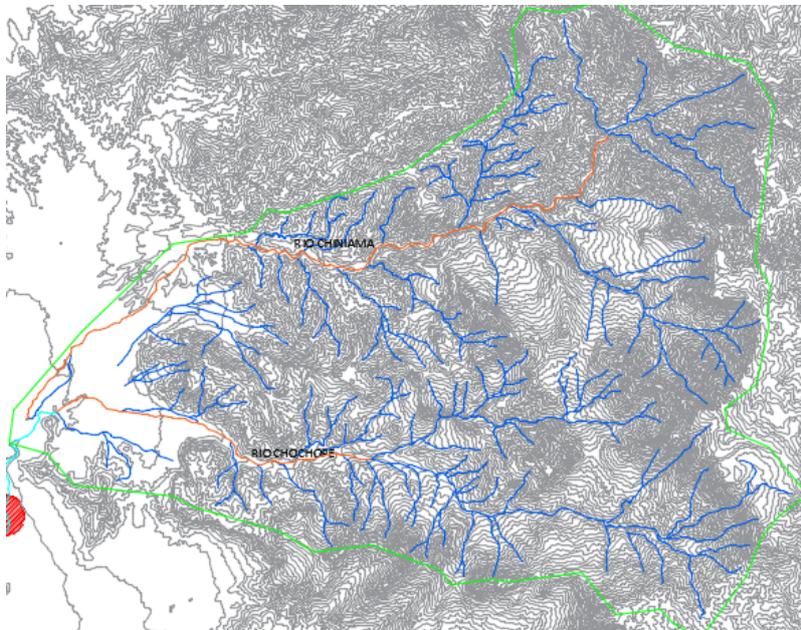
PRECIPITACION MAXIMA 24 HORAS		
N°	Año	Ppmax (mm)
1	1966	3.09
2	1967	3.49
3	1970	3.05
4	1975	7.06
5	1976	2.09
6	1977	5.25
7	1978	4.26
8	1979	4.78
9	1981	4.36
10	1982	3.5
11	1983	13.02
12	1984	4.99
13	1985	3.53
14	1986	4.03
15	1987	4.9
16	1988	4.25
17	1989	5.78
18	1990	2.98
19	1991	3.79
20	1992	62.05
21	1993	8.04
22	1994	4.94
23	1995	2.88
24	1996	4.62
25	1997	3.25
26	1998	33.24
27	1999	5.45
28	2000	6.89
29	2001	8.45
30	2003	3.96
31	2004	32.15
32	2007	4.57
33	2009	5.86
34	2010	4.61
35	2012	5.99

*Se utilizó 2 métodos para el cálculo de las precipitaciones y debido a que los resultados son similares, decidí escoger el método de Thiessen.

2.3. PARÁMETROS FÍSICOS DE LA CUENCA

2.3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS – MORFOMETRÍA

FIGURA N° 1.: Cuenca Río Motupe



Fuente: elaboración Propia

2.3.1.1. ÁREA DE LA CUENCA

La cuenca es delimitada en un plano horizontal y se comprobó en el programa Civil 3D.

ÁREA	511819567.47	M ²
	51181.96	Ha
	511.82	Km ²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Tipo de cuenca según su área

TAMAÑO DE LA CUENCA (Km ²)	DESCRIPCIÓN
< 25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia – pequeña
500 a 2500	Intermedia – grande
2500 a 5000	Grande
>5000	Muy grande

Fuente: Hidrología – Ing. Máximo Villón

2.3.1.2. PERÍMETRO

Este parámetro de la cuenca fue determinado en un plano horizontal y definido en el software Autocad Civil 3D.

PERÍMETRO	102044.1338	M
	102.04	Km

Fuente: Elaboración propia

2.3.1.3. ÍNDICE DE GRAVELIUS O FACTOR DE DENSIDAD

SU Factor de Densidad (Kc, adimensional), o Índice de Gravelius, forma la correlación de la medición del contorno del Valle de una circunferencia cuya superficie equivalente al área de un círculo igual a la extensión del valle de la investigación.

Su fórmula es la siguiente:

$$Kc = \frac{P}{2\pi r} \quad \text{o} \quad Kc = 0.28 x \frac{P}{A^{\frac{1}{2}}}$$

Donde:

Kc = Índice de Gravelius

P = medida del contorno del valle (Km)

A = área del valle (Km²)

R = radio del Valle (Km)

P	=	102.04 Km.
A	=	511.82 Km ²
Kc	=	1.26

Debido a que el valor que se obtuvo es mayor de 1.00 se puede determinar que el valle es de una forma menor redonda, por lo que es más largada.

Con el resultado obtenido determinamos que en la cuenca es muy probable que tenga problemas de crecientes templados.

2.3.1.4. COEFICIENTE DE FORMA (Ff)

El Coeficiente de Forma (Ff, adimensional), se define por un distinto índice numerario, que determina su representación con la máxima y mínima predisposición de grandes avenidas de la cuenca, por lo que la representación de la cuenca hidrográfica modifica los gráficos (hidrogramas) de esorrentía y las tasas de flujo mayores.

La ecuación del Coeficiente de Forma se asume:

$$Ff = \frac{A}{L^2} \quad \text{o} \quad Ff = \frac{B}{L}, \quad B = \frac{A}{L}$$

Siendo:

F_f = Coeficiente de forma

B = Ancho medio, en Km²

A = Área de la cuenca, en Km²

L = Distancia del cauce más largo, en Km.

A	=	511.82 Km ²
L _a	=	34.95 Km.
F _f	=	0.42

2.3.1.5. FACTOR DE ASIMETRIA (C_{AC})

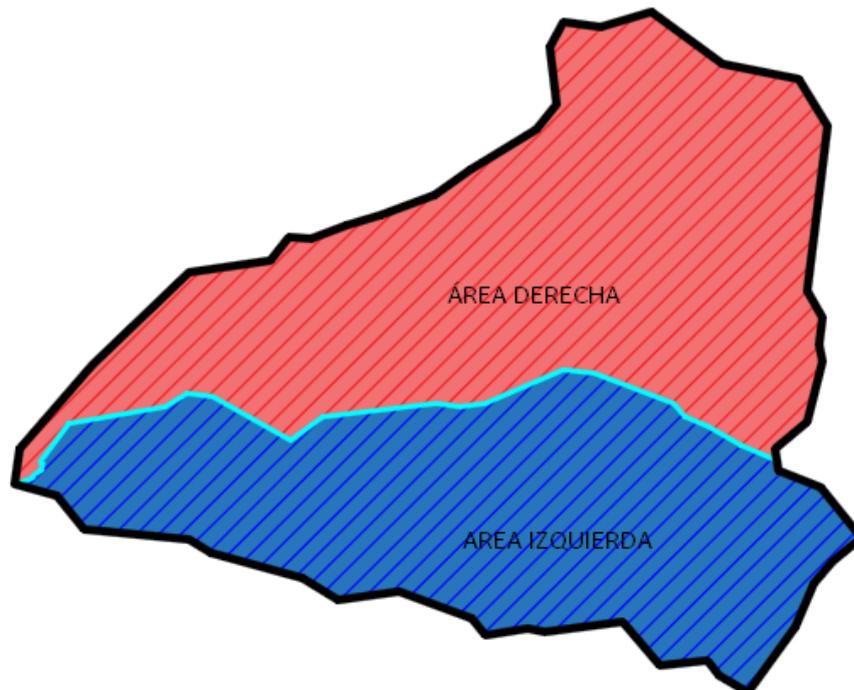
Este Factor es adimensional, determina la simetría de las áreas que aportan al valle, a la izquierda (A_{IZQ}) o derecha (A_{DER}) del curso del agua, la cual se determina con la fórmula:

$$C_{AC} = \frac{A_{IZQ} - A_{DER}}{A_{IZQ} + A_{DER}} \times 0.5$$

Los productos determinados que alcanzan al factor de asimetría del valle, cumplen la siguiente condición

$$-2 < C_{AC} < 2.$$

EH, FIGURA 4.2: ÁREA DE SIMETRÍA DE LA CUENCA MOTUPE



Area = 281102419.1125, Perimeter = 91472.8386

Area = 229740109.4704, Perimeter = 77771.9013

$$C_{AC} = \frac{A_{IZQ} - A_{DER}}{A_{IZQ} + A_{DER}} \times 0.5$$

$A_{IZQ} =$	229.74 Km ²
$A_{DER} =$	281.10 Km ²
$C_{AC} =$	-0.05

Debido a que lo que resulta es un aproximado a: 0.00 se define que la cuenca es prácticamente simétrica con respecto a su cauce principal.

2.3.1.6. FACTOR DE ALARGAMIENTO

$$I_c = 0.282 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$P =$	102.04 Km.
$A =$	511.82 Km ²
$I_c =$	1.27

Como el Factor de alargamiento es superior a 1 se determina que la cuenca es de una forma alargada.

2.3.1.7. SISTEMA DE DRENAJE

- DENSIDAD DE DRENAJE

Es la correlación del largo total de los recorridos de agua: fugaces, discontinuos o perpetuos de una cuenca (Li) y el área total (A).

La Relación de la Densidad de Drenaje, Dd:

$$D_d = \frac{L}{A}$$

D_d = Densidad de Drenaje, en km/km².

L = Longitud total de los cursos de agua, en km.

A = Área de la cuenca, en km².

L	=	412.18 Km.
A	=	511.82 Km ²
<u>D_d</u>	=	0.81 Km/Km ²

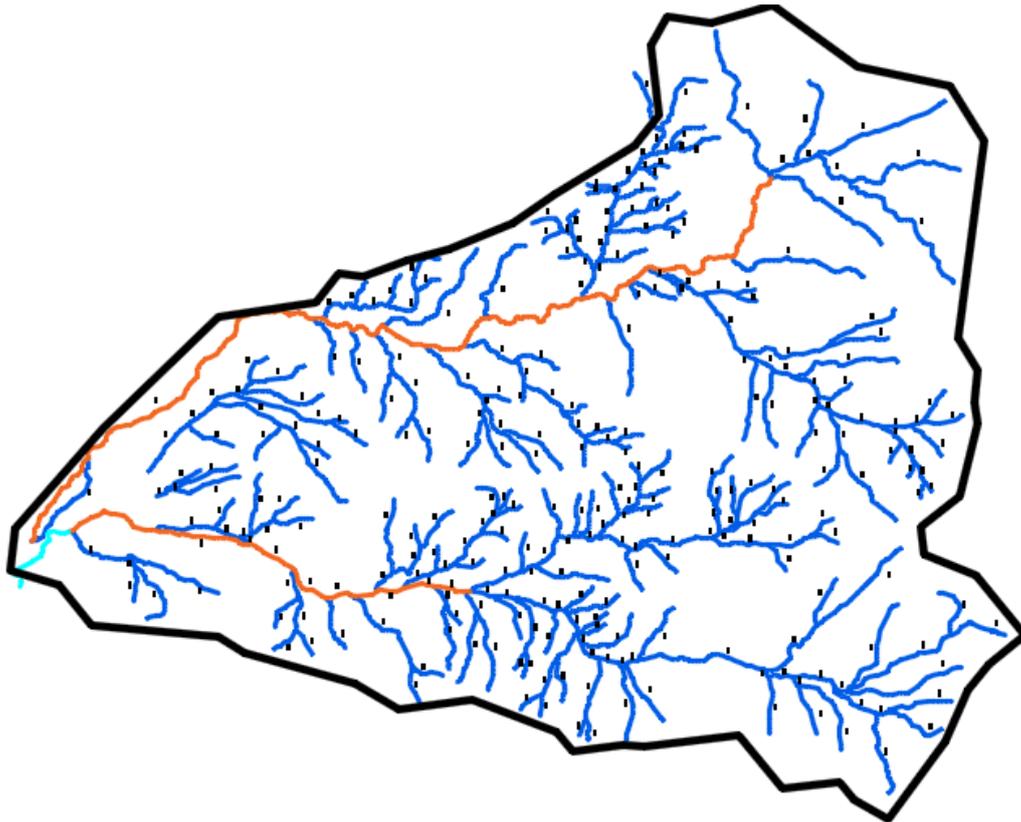
Ya que sabemos que una cuenca con infiltración escasa tiene valores cerca de 0.5 Km/Km² y una excelente drenada cerca de 3.5 Km/Km², para nuestro caso será una cuenca con drenaje intermedio pobre ya que su valor es de 0.81 km/km²

- **ORDEN DE CORRIENTES**

El orden en un sistema hidrográfico está dado por la estructura del cauce inicial.

- Corrientes de primer orden: diminutos conductos que no tienen derivados.
- Corrientes de segundo orden: dos corrientes de primer orden se unifican.
- Corrientes de tercer orden: dos corrientes de segundo orden se juntan.
- Corrientes de orden n+1: dos corrientes de orden n se acoplan.

Cuanto mayor sea el orden de la cuenca, nos determina un drenaje más eficaz que expulsará rápidamente el recurso hídrico.



Fuente: Elaboración propia

- **CORRELACIÓN DE CRUCE**

Están relacionados el número de corrientes de orden u (N_u) y el número de corrientes en el inmediato orden superior $u+1$ (N_{u+1})

$$Rb_u = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

El menor valor hipotéticamente viable para Rb es 2.00. Sin embargo contextualmente el valor medio tiene un valor de 3.50.

N_1	=	159
N_2	=	76
Rb_1	=	2.09

N_2	=	76
N_3	=	21
Rb_2	=	3.62

N ₃	=	21
N ₄	=	14
Rb₂	=	1.5

- **DENSIDAD DE CORRIENTES:**

Este ítem es la conexión entre la cantidad total de corrientes y la superficie total de la cuenca.

$$D_c = \frac{N_c}{A}$$

Siendo:

D_c = Consistencia de corriente, en 1/Km².

N_c = Cantidad de corrientes en la cuenca, no tiene unidades.

A = Superficie de la cuenca, en km²

N _c	=	270
A	=	511.82Km ²
D_c	=	0.53 1/ Km²

- **SINUOSIDAD:**

Este ítem es la correlación entre la distancia del río principal a lo largo de la vertiente y la distancia del cauce medido en línea curva o recta.

$$S = \frac{L}{L_v}$$

Donde:

S = sinuosidad de la cuenca.

L = Distancia del río primordial a lo largo de la vertiente, en Km.

L_v = Distancia de la cuenca determinado en línea recta, en Km.

L_v	=	34.92Km
L	=	37.81 Km
S	=	1.08

Por lo que la sinuosidad del valle de Motupe tiene que ser inferior a 1.25, cuando pasa esto la cuenca tendrá una sinuosidad mínima, es decir las velocidades de sus cauces serán mayores.

2.3.2. PARÁMETROS FÍSICOS – RELIEVE

2.3.2.1. PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA

Este parámetro es muy significativo, es la relación entre la infiltración, la humedad del suelo, la escorrentía superficial y el aporte del agua subterránea a la escorrentía. Concurren varios metodos para calcular la pendiente media, en éste caso apliqué el criterio de Alvord:

$$S = \frac{D}{A} \times L$$

Donde:

S_c = Pendiente de la cuenca

D = Desnivel invariable entre curvas de nivel, en Km

L = Distancia total de las curvas de nivel adentro de la cuenca, en Km

A = Área de la cuenca, en Km²

A	=	511.81 Km ²
L	=	4,918.41 Km
D	=	0.16 Km
S	=	1.54 m/m

2.3.2.2. PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL

Este Parámetro se calcula vinculando la altura total del cauce principal (diferencia entre cota máxima y cota mínima) y la distancia del mismo.

$$P = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} \times 100$$

H _{max}	=	200
H _{min}	=	50
L	=	6,028.73
P	=	2.49

EH, Tabla N° 4.2: Tipo de terreno según la pendiente

PENDIENTE EN %	TIPO DE TERRENO
2	Llano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado
25	Fuertemente accidentado
50	Escarpado
>50	Muy escarpado

Fuente: Hidrología – Ing. Máximo Villón

2.3.2.3. ALTURA PROMEDIO DE LA CUENCA

Esta característica física es el promedio de las elevaciones de la cuenca, se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$H = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$$

H _{max}	=	3,150 M
H _{min}	=	125 M
H	=	1,512.5 M

2.4. PRECIPITACIÓN MEDIA MÁXIMA EN 24 HORAS

RÍO CHINIAMA

En el caso del Río Chiniama, se utilizó información brindada por el ALA MOTUPE – OLMOS – LA LECHE, proveniente de la estación hidrométrica Marripón.

AÑO	QMAX
1962	1.65
1963	0.59
1964	1.89
1965	2.45
1966	1.72
1967	14.34
1968	0.73
1969	1.48
1970	1.48
1971	3.97
1972	33.73
1973	3.29
1974	2.1
1975	7.43
1976	4.52
1977	2.4
1978	2.69
1979	3.22
1980	1.77
1981	2.9
1982	1.24
1983	101.47
1984	3.6
1985	2.68
1986	2.37
1987	2.8

1988	1.68
1989	4.21
1990	1.35
1991	0.53
1992	2.29
1993	3.52
1994	6.7
1995	1.77
1996	1.63
1997	1.29
1998	14.52
1999	5.2
2000	5.46
2001	4.76
2002	5.21
2003	1.69
2004	0.89
2005	2.59
2006	4.42
2007	2.12
2008	12.53
2009	6.81
2010	2.72
2011	2
2012	4.45
Media	6.05588235
Desv. St.	14.59

RÍO CHOCHOPE

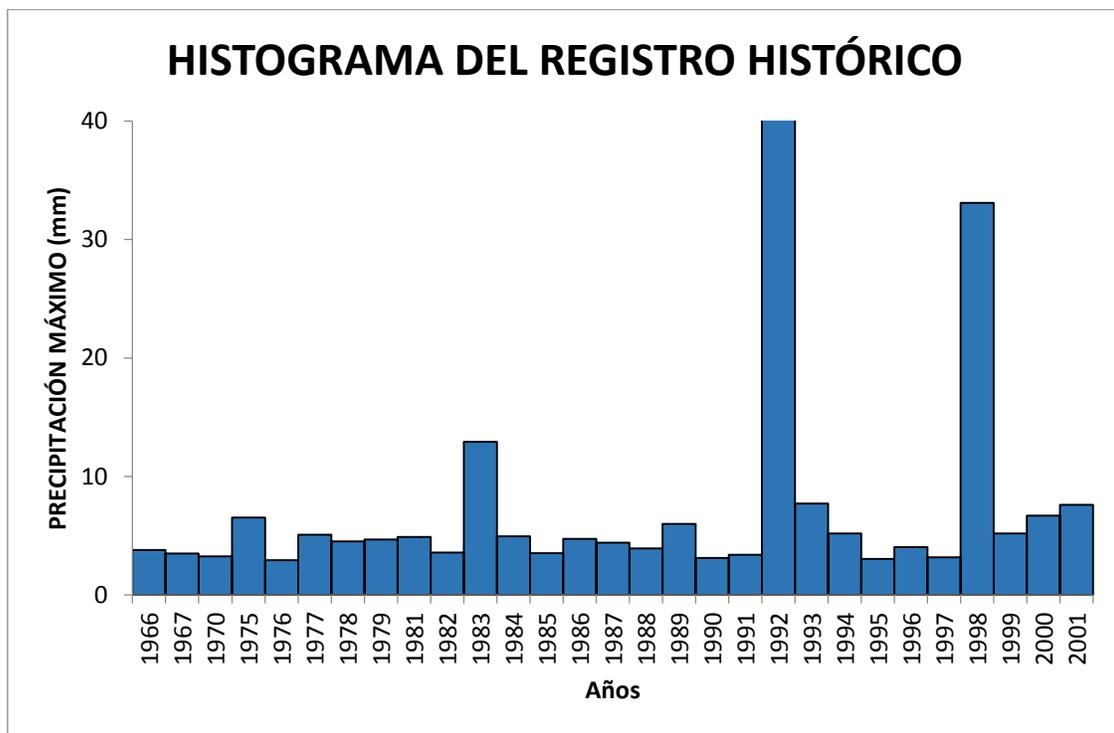
En el caso del Río Chocope es un río que no cuenta con información (ya que no cuenta con estación hidrométrica) por lo que se tuvo que generar la información con las estaciones más cercanas, empleando el método de Thiessen y el método de las isoyetas.

2.4.1. REGISTROS HISTÓRICOS DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS

PRECIPITACION MAXIMA 24 HORAS		
N°	Año	Ppmax (mm)
1	1966	3.79
2	1967	3.49
3	1970	3.25
4	1975	6.52
5	1976	2.93
6	1977	5.08
7	1978	4.52
8	1979	4.69
9	1981	4.89
10	1982	3.58
11	1983	12.93
12	1984	4.95
13	1985	3.53
14	1986	4.72
15	1987	4.4
16	1988	3.93
17	1989	6
18	1990	3.11
19	1991	3.4
20	1992	62
21	1993	7.71
22	1994	5.2
23	1995	3.03
24	1996	4.04
25	1997	3.17
26	1998	33.09

27	1999	5.19
28	2000	6.68
29	2001	7.61
30	2003	3.12
31	2004	32
32	2007	4.23
33	2009	5.9
34	2010	4.48
35	2012	5.99

Histograma de Precipitaciones Máximas en 24 horas Anuales – Estación Generada Chiniama



Año	Ener.	Febr.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	PP MAX
1966	0.56	1.16	3.79	2.33	1.13	0.2	0	0	0.29	0.41	0.28	0.07	3.79
1967	0.95	2.52	3.49	2.42	0.95	0.34	0.78	0.22	0.05	0.13	0.14	0.32	3.49
1970	0.6	1.43	3.25	2.42	1.88	0.42	0.02	0	0.22	0.5	0.39	0.4	3.25
1975	0.41	2.59	6.52	3.51	1.04	0.95	0.08	0.3	0.03	0.8	0.32	0.11	6.52
1976	1.36	2.12	2.93	2.72	1.08	0.58	0.17	0.04	0.04	0.14	0.11	0.09	2.93
1977	0.52	1.82	5.08	2.72	0.75	0.62	0.05	0	0	0.17	0.11	0.15	5.08
1978	0.32	1.17	4.52	2.18	1.31	0.34	0.43	0.05	0	0.15	0.07	0.35	4.52
1979	0.59	1.26	4.69	2.48	1.05	0.19	0	0.05	0.3	0.23	0.14	0.37	4.69
1981	0.37	2.05	4.89	2.4	0.62	0.48	0.39	0.01	0	0.26	0.24	0.67	4.89
1982	0.42	1.77	3.08	3.58	0.92	0.19	0.27	0.01	0	0.31	0.17	0.82	3.58
1983	1.91	1.99	9.97	12.93	6.1	1.21	0.07	0.14	0.03	0.41	0.15	0.76	12.93
1984	0.16	4.03	4.95	2.48	0.98	0.82	0.14	0	0.07	0.49	0.11	0.72	4.95
1985	0.36	1.7	3.53	3.46	1.16	0.81	0.39	0.18	0.1	0.34	0.09	0.45	3.53
1986	0.39	1.66	3.71	4.72	0.81	0.65	0.25	0.13	0.02	0.22	0.21	0.56	4.72
1987	0.81	1.57	4.4	3.63	1.36	0.69	0.21	0.2	0.04	0.24	0.25	0.47	4.4
1988	0.74	2.28	3.14	3.93	1.24	0.89	0	0.21	0.12	0.36	0.44	0.49	3.93
1989	0.73	2.38	6	2.66	0.99	1.04	0.32	0.06	0.23	0.36	0.48	0.43	6
1990	1.2	1.56	3.11	2.47	1.02	1	0.59	0	0	0.51	0.42	0.25	3.11
1991	0.93	1.79	3.02	3.4	0.64	0.74	0	0.08	0.24	0.41	0.38	0.52	3.4
1992	0.64	2.19	4	4.55	0.89	62	0.31	0	0.19	0.44	0.35	0.6	62
1993	0.81	2.83	7.71	3.7	1.87	0.71	0.43	0.07	0.29	0.6	0.27	0.66	7.71
1994	0.93	2.11	5.2	3.3	0.85	0.44	0.31	0.09	0.27	0.45	0.26	0.76	5.2
1995	0.61	2.05	3.03	2.56	0.92	0.63	0.44	0	0.19	0.22	0.22	0.81	3.03
1996	0.74	2.29	4.04	2.74	1.59	0.68	0	0.23	0	0.33	0.28	0.67	4.04
1997	0.97	1.82	2.96	3.17	2.15	0.44	0.29	0.25	0	0.4	0.28	0.69	3.17
1998	2.89	7.69	13.44	7.78	33.09	0.34	0	0.11	0.19	0.49	0.24	0.55	33.09
1999	0.65	5.19	3.02	4.75	2.25	0.67	0.4	0.2	0.09	0.35	0.27	0.56	5.19
2000	0.68	2.41	6.68	4.24	1.91	0.94	0.14	0.2	0.35	0.38	0.3	0.47	6.68
2001	0.89	2.35	7.61	5.09	1.09	0.12	0.44	0	0.29	0.52	0.43	0.42	7.61
2003	0.9	2.16	3.12	2.09	1.17	0.75	0.45	0	0.25	0.24	0.25	0.6	3.12
2004	0.58	1.18	3.48	2.32	1.21	0.3	0.67	0	32	0.44	0.34	0.54	32
2007	0.95	1.31	4.23	2.95	1.15	0.16	0.29	0.23	0.15	0.68	0.48	0.36	4.23
2009	1.55	2.57	5.9	2.19	0.94	0.48	0.14	0.23	0.04	0.51	0.32	0.36	5.9
2010	0.53	2.78	4.23	4.48	1.08	0.36	0.1	0	0.31	0.25	0.22	0.46	4.48
2012	1	3.6	5.99	4.06	1	0.38	0.07	0	0.07	0.68	0.47	0.39	5.99
PROM	0.82	2.33	4.82	3.61	2.23	2.33	0.25	0.09	1.04	0.38	0.27	0.48	8.09
DESV. ESTA.	0.507	1.244	2.224	1.987	5.447	10.386	0.207	0.098	5.388	0.161	0.117	0.200	11.573
MAXIMO	2.89	7.69	13.44	12.93	33.09	62.00	0.78	0.30	32.00	0.80	0.48	0.82	62.00
MINIMO	0.16	1.16	2.93	2.09	0.62	0.12	0.00	0.00	0.00	0.13	0.07	0.07	2.93
Nº DATOS	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00

2.4.2. ANÁLISIS DE FRECUENCIA

2.4.2.1. AJUSTE DE UNA SERIE DE DATOS A LA DISTRIBUCIÓN NORMAL

DISTRIBUCION NORMAL				
m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
1	2.93	0.0278	0.3021	0.2743
2	3.03	0.0556	0.3072	0.2517
3	3.11	0.0833	0.3114	0.228
4	3.12	0.1111	0.3119	0.2008
5	3.17	0.1389	0.3145	0.1756
6	3.25	0.1667	0.3187	0.152
7	3.4	0.1944	0.3266	0.1322
8	3.49	0.2222	0.3314	0.1092
9	3.53	0.25	0.3336	0.0836
10	3.58	0.2778	0.3363	0.0585
11	3.79	0.3056	0.3476	0.0421
12	3.93	0.3333	0.3553	0.0219
13	4.04	0.3611	0.3613	0.0002
14	4.23	0.3889	0.3719	0.017
15	4.4	0.4167	0.3814	0.0353
16	4.48	0.4444	0.3859	0.0586
17	4.52	0.4722	0.3881	0.0841
18	4.55	0.5	0.3898	0.1102
19	4.69	0.5278	0.3978	0.13
20	4.72	0.5556	0.3995	0.1561
21	4.89	0.5833	0.4092	0.1742
22	4.95	0.6111	0.4126	0.1985
23	5.08	0.6389	0.4201	0.2188
24	5.19	0.6667	0.4264	0.2402
25	5.2	0.6944	0.427	0.2674
26	5.9	0.7222	0.4678	0.2544
27	5.99	0.75	0.4731	0.2769
28	6	0.7778	0.4736	0.3041
29	6.52	0.8056	0.5042	0.3014
30	6.68	0.8333	0.5136	0.3197
31	7.61	0.8611	0.5679	0.2932
32	7.71	0.8889	0.5737	0.3152
33	12.93	0.9167	0.8302	0.0864
34	32	0.9444	0.9999	0.0555
35	33.09	0.9722	1	0.0277

Δteorico	0.3197	Los datos NO se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%
Δtabular	0.2299	

2.4.2.2. AJUSTE DE UNA SERIE DE DATOS A LA DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL 2 PARÁMETROS

DISTRIBUCION LOGNORMAL 2 PARÁMETROS				
m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
1	2.93	0.0278	0.158	0.1303
2	3.03	0.0556	0.1729	0.1174
3	3.11	0.0833	0.1851	0.1018
4	3.12	0.1111	0.1866	0.0755
5	3.17	0.1389	0.1943	0.0555
6	3.25	0.1667	0.2068	0.0402
7	3.4	0.1944	0.2306	0.0361
8	3.49	0.2222	0.245	0.0228
9	3.53	0.25	0.2515	0.0015
10	3.58	0.2778	0.2595	0.0182
11	3.79	0.3056	0.2936	0.012
12	3.93	0.3333	0.3162	0.0171
13	4.04	0.3611	0.334	0.0271
14	4.23	0.3889	0.3644	0.0245
15	4.4	0.4167	0.3911	0.0256
16	4.48	0.4444	0.4035	0.0409
17	4.52	0.4722	0.4097	0.0626
18	4.55	0.5	0.4143	0.0857
19	4.69	0.5278	0.4355	0.0923
20	4.72	0.5556	0.4399	0.1156
21	4.89	0.5833	0.465	0.1184
22	4.95	0.6111	0.4736	0.1375
23	5.08	0.6389	0.4921	0.1468
24	5.19	0.6667	0.5073	0.1593
25	5.2	0.6944	0.5087	0.1857
26	5.9	0.7222	0.5977	0.1245
27	5.99	0.75	0.6081	0.1419
28	6	0.7778	0.6093	0.1685
29	6.52	0.8056	0.6649	0.1407
30	6.68	0.8333	0.6805	0.1528
31	7.61	0.8611	0.7586	0.1025
32	7.71	0.8889	0.7658	0.1231
33	12.93	0.9167	0.9504	0.0337
34	32	0.9444	0.9995	0.055
35	33.09	0.9722	0.9996	0.0273

Δteorico	0.1857	Los datos se ajustan a la distribución Log Normal de dos parámetros, con un nivel de significación del 5%
Δtabular	0.2299	

2.4.2.3. AJUSTE DE UNA SERIE DE DATOS A LA DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL 3 PARÁMETROS

DISTRIBUCION LOGNORMAL 3 PARÁMETROS					
m	X	P(X)	Z	F(Z)	Delta
1	2.93	0.0278	-2.2777	0.0114	0.0164
2	3.03	0.0556	-1.7009	0.0445	0.0111
3	3.11	0.0833	-1.423	0.0774	0.006
4	3.12	0.1111	-1.3941	0.0816	0.0295
5	3.17	0.1389	-1.2631	0.1033	0.0356
6	3.25	0.1667	-1.0892	0.138	0.0286
7	3.4	0.1944	-0.8384	0.2009	0.0065
8	3.49	0.2222	-0.7181	0.2363	0.0141
9	3.53	0.25	-0.6699	0.2515	0.0015
10	3.58	0.2778	-0.6133	0.2698	0.0079
11	3.79	0.3056	-0.411	0.3405	0.035
12	3.93	0.3333	-0.2995	0.3823	0.0489
13	4.04	0.3611	-0.2215	0.4124	0.0513
14	4.23	0.3889	-0.1021	0.4594	0.0705
15	4.4	0.4167	-0.0083	0.4967	0.08
16	4.48	0.4444	0.0324	0.5129	0.0685
17	4.52	0.4722	0.052	0.5207	0.0485
18	4.55	0.5	0.0664	0.5265	0.0265
19	4.69	0.5278	0.1304	0.5519	0.0241
20	4.72	0.5556	0.1435	0.5571	0.0015
21	4.89	0.5833	0.214	0.5847	0.0014
22	4.95	0.6111	0.2375	0.5939	0.0172
23	5.08	0.6389	0.2862	0.6126	0.0263
24	5.19	0.6667	0.3252	0.6275	0.0392
25	5.2	0.6944	0.3287	0.6288	0.0656
26	5.9	0.7222	0.5403	0.7055	0.0167
27	5.99	0.75	0.564	0.7136	0.0364
28	6	0.7778	0.5665	0.7145	0.0633
29	6.52	0.8056	0.6907	0.7551	0.0504
30	6.68	0.8333	0.7255	0.7659	0.0674
31	7.61	0.8611	0.9023	0.8166	0.0445
32	7.71	0.8889	0.9193	0.821	0.0679
33	12.93	0.9167	1.5138	0.935	0.0183
34	32	0.9444	2.3806	0.9914	0.0469
35	33.09	0.9722	2.4106	0.992	0.0198

Δteorico	0.0800	Los datos se ajustan a la distribución Log Normal de tres parámetros, con un nivel de significación del 5%
Δtabular	0.2299	

**2.4.2.4. AJUSTE DE UNA SERIE DE DATOS A LA DISTRIBUCIÓN
GAMMA 2 PARÁMETROS**

DISTRIBUCION GAMMA 2 PARÁMETROS				
m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	Delta
1	2.93	0.0278	0.2007	0.1729
2	3.03	0.0556	0.2121	0.1566
3	3.11	0.0833	0.2213	0.138
4	3.12	0.1111	0.2225	0.1114
5	3.17	0.1389	0.2283	0.0894
6	3.25	0.1667	0.2376	0.0709
7	3.4	0.1944	0.2551	0.0607
8	3.49	0.2222	0.2657	0.0435
9	3.53	0.25	0.2704	0.0204
10	3.58	0.2778	0.2763	0.0015
11	3.79	0.3056	0.301	0.0046
12	3.93	0.3333	0.3175	0.0159
13	4.04	0.3611	0.3304	0.0307
14	4.23	0.3889	0.3525	0.0363
15	4.4	0.4167	0.3722	0.0444
16	4.48	0.4444	0.3814	0.063
17	4.52	0.4722	0.386	0.0862
18	4.55	0.5	0.3895	0.1105
19	4.69	0.5278	0.4054	0.1224
20	4.72	0.5556	0.4088	0.1468
21	4.89	0.5833	0.4278	0.1555
22	4.95	0.6111	0.4345	0.1766
23	5.08	0.6389	0.4488	0.1901
24	5.19	0.6667	0.4607	0.206
25	5.2	0.6944	0.4618	0.2327
26	5.9	0.7222	0.5344	0.1878
27	5.99	0.75	0.5433	0.2067
28	6	0.7778	0.5442	0.2335
29	6.52	0.8056	0.5932	0.2123
30	6.68	0.8333	0.6075	0.2258
31	7.61	0.8611	0.6834	0.1777
32	7.71	0.8889	0.6909	0.198
33	12.93	0.9167	0.921	0.0043
34	32	0.9444	0.9998	0.0553
35	33.09	0.9722	0.9998	0.0276
Δteorico	0.2335	Los datos NO se ajustan a la distribución Gamma 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%		
Δtabular	0.2299			

2.4.2.5. AJUSTE DE UNA SERIE DE DATOS A LA DISTRIBUCIÓN GAMMA 3 PARÁMETROS

DISTRIBUCION GAMMA 3 PARÁMETROS				
m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	Delta
1	2.93	0.0278	0.3482	0.3205
2	3.03	0.0556	0.3792	0.3236
3	3.11	0.0833	0.4003	0.317
4	3.12	0.1111	0.4028	0.2916
5	3.17	0.1389	0.4146	0.2757
6	3.25	0.1667	0.432	0.2653
7	3.4	0.1944	0.4608	0.2663
8	3.49	0.2222	0.4761	0.2539
9	3.53	0.25	0.4825	0.2325
10	3.58	0.2778	0.4903	0.2125
11	3.79	0.3056	0.5199	0.2143
12	3.93	0.3333	0.5374	0.2041
13	4.04	0.3611	0.5502	0.189
14	4.23	0.3889	0.5705	0.1816
15	4.4	0.4167	0.587	0.1704
16	4.48	0.4444	0.5944	0.15
17	4.52	0.4722	0.598	0.1258
18	4.55	0.5	0.6006	0.1006
19	4.69	0.5278	0.6125	0.0847
20	4.72	0.5556	0.615	0.0594
21	4.89	0.5833	0.6284	0.0451
22	4.95	0.6111	0.6329	0.0218
23	5.08	0.6389	0.6424	0.0035
24	5.19	0.6667	0.65	0.0166
25	5.2	0.6944	0.6507	0.0437
26	5.9	0.7222	0.6934	0.0288
27	5.99	0.75	0.6982	0.0518
28	6	0.7778	0.6988	0.079
29	6.52	0.8056	0.7245	0.0811
30	6.68	0.8333	0.7317	0.1016
31	7.61	0.8611	0.7686	0.0925
32	7.71	0.8889	0.7722	0.1167
33	12.93	0.9167	0.8881	0.0285
34	32	0.9444	0.9862	0.0418
35	33.09	0.9722	0.9876	0.0154

Los parámetros: X_0 , gamma y β calculada por momentos ordinarios, son incorrectos, por lo que los datos no se ajustan a la distribución gamma de 3 parámetros

2.4.2.6. AJUSTE DE UNA SERIE DE DATOS A LA DISTRIBUCIÓN LOGPEARSON TIPO III

DISTRIBUCION LOGPEARSON TIPO III				
m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	Delta
1	2.93	0.0278	0.0000	0.0278
2	3.03	0.0556	0	0.0556
3	3.11	0.0833	0	0.0833
4	3.12	0.1111	0	0.1111
5	3.17	0.1389	0	0.1389
6	3.25	0.1667	0	0.1667
7	3.4	0.1944	0	0.1944
8	3.49	0.2222	0	0.2222
9	3.53	0.25	0	0.25
10	3.58	0.2778	0	0.2778
11	3.79	0.3056	0	0.3056
12	3.93	0.3333	0	0.3333
13	4.04	0.3611	0	0.3611
14	4.23	0.3889	0	0.3889
15	4.4	0.4167	0	0.4167
16	4.48	0.4444	0	0.4444
17	4.52	0.4722	0	0.4722
18	4.55	0.5	0	0.5
19	4.69	0.5278	0	0.5278
20	4.72	0.5556	0	0.5556
21	4.89	0.5833	0	0.5833
22	4.95	0.6111	0	0.6111
23	5.08	0.6389	0	0.6389
24	5.19	0.6667	0	0.6667
25	5.2	0.6944	0	0.6944
26	5.9	0.7222	0	0.7222
27	5.99	0.75	0	0.75
28	6	0.7778	0	0.7778
29	6.52	0.8056	0	0.8056
30	6.68	0.8333	0	0.8333
31	7.61	0.8611	0	0.8611
32	7.71	0.8889	0	0.8889
33	12.93	0.9167	0	0.9167
34	32	0.9444	0	0.9444
35	33.09	0.9722	0	0.9722
Δteorico	0.9722	Los datos NO se ajustan a la distribución LogPearson Tipo III, con un nivel de significación del 5%		
Δtabular	0.2299			

2.4.2.7. AJUSTE DE UNA SERIE DE DATOS A LA DISTRIBUCIÓN GUMBEL

DISTRIBUCION GUMBEL				
m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	Delta
1	2.93	0.0278	0.3356	0.3078
2	3.03	0.0556	0.3426	0.287
3	3.11	0.0833	0.3481	0.2648
4	3.12	0.1111	0.3488	0.2377
5	3.17	0.1389	0.3523	0.2134
6	3.25	0.1667	0.3578	0.1912
7	3.4	0.1944	0.3683	0.1738
8	3.49	0.2222	0.3745	0.1523
9	3.53	0.25	0.3773	0.1273
10	3.58	0.2778	0.3808	0.103
11	3.79	0.3056	0.3954	0.0898
12	3.93	0.3333	0.4051	0.0717
13	4.04	0.3611	0.4127	0.0515
14	4.23	0.3889	0.4257	0.0369
15	4.4	0.4167	0.4374	0.0207
16	4.48	0.4444	0.4429	0.0016
17	4.52	0.4722	0.4456	0.0266
18	4.55	0.5	0.4476	0.0524
19	4.69	0.5278	0.4571	0.0707
20	4.72	0.5556	0.4591	0.0964
21	4.89	0.5833	0.4706	0.1128
22	4.95	0.6111	0.4746	0.1365
23	5.08	0.6389	0.4833	0.1556
24	5.19	0.6667	0.4905	0.1761
25	5.2	0.6944	0.4912	0.2032
26	5.9	0.7222	0.5364	0.1858
27	5.99	0.75	0.5421	0.2079
28	6	0.7778	0.5427	0.235
29	6.52	0.8056	0.5747	0.2309
30	6.68	0.8333	0.5842	0.2491
31	7.61	0.8611	0.6371	0.224
32	7.71	0.8889	0.6425	0.2464
33	12.93	0.9167	0.8479	0.0687
34	32	0.9444	0.9955	0.0511
35	33.09	0.9722	0.9964	0.0241
Δteorico	0.3078	Los datos NO se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%		
Δtabular	0.2299			

**2.1.1.1.AJUSTE DE UNA SERIE DE DATOS A LA DISTRIBUCIÓN
LOGGUMBEL**

DISTRIBUCION LOGGUMBEL				
m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	Delta
1	2.93	0.0278	0.1312	0.1034
2	3.03	0.0556	0.1524	0.0969
3	3.11	0.0833	0.17	0.0867
4	3.12	0.1111	0.1722	0.0611
5	3.17	0.1389	0.1834	0.0445
6	3.25	0.1667	0.2015	0.0348
7	3.4	0.1944	0.2358	0.0414
8	3.49	0.2222	0.2565	0.0342
9	3.53	0.25	0.2656	0.0156
10	3.58	0.2778	0.277	0.0008
11	3.79	0.3056	0.3241	0.0186
12	3.93	0.3333	0.3546	0.0213
13	4.04	0.3611	0.3779	0.0167
14	4.23	0.3889	0.4164	0.0275
15	4.4	0.4167	0.4491	0.0325
16	4.48	0.4444	0.4639	0.0195
17	4.52	0.4722	0.4711	0.0011
18	4.55	0.5	0.4765	0.0235
19	4.69	0.5278	0.5008	0.027
20	4.72	0.5556	0.5058	0.0497
21	4.89	0.5833	0.5334	0.0499
22	4.95	0.6111	0.5427	0.0684
23	5.08	0.6389	0.5622	0.0767
24	5.19	0.6667	0.5779	0.0888
25	5.2	0.6944	0.5793	0.1152
26	5.9	0.7222	0.6644	0.0578
27	5.99	0.75	0.6738	0.0762
28	6	0.7778	0.6748	0.103
29	6.52	0.8056	0.7224	0.0832
30	6.68	0.8333	0.7352	0.0981
31	7.61	0.8611	0.7959	0.0652
32	7.71	0.8889	0.8013	0.0876
33	12.93	0.9167	0.9345	0.0178
34	32	0.9444	0.9915	0.0471
35	33.09	0.9722	0.9922	0.0199
Δteorico	0.1152	Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%		
Δtabular	0.2299			

Se concluye que los datos de precipitaciones se ajustan mejor a la distribución probabilística LOGNORMAL 3 PARÁMETROS

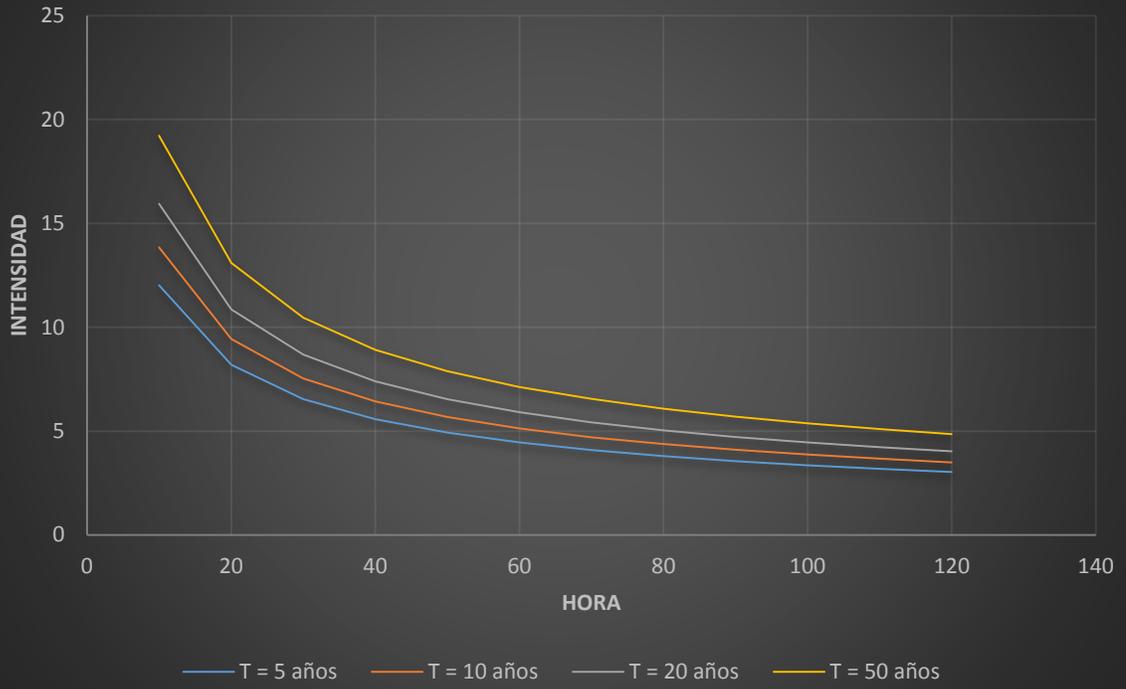
Precipitación máxima para diferentes periodos de retorno			
T (años)	P	Distribución LOGNORMAL 3 PARÁMETROS	Distribución LOGNORMAL 3 PARÁMETROS CORREGIDA
2	0.500	4.42	4.9946
5	0.200	7.27	8.2151
10	0.100	10.43	11.7859
20	0.050	14.69	16.5997
30	0.033	17.78	20.0914
50	0.020	22.39	25.3007
80	0.013	27.45	31.0185
100	0.010	30.14	34.0582
140	0.007	34.6	39.098
200	0.005	39.89	45.0757
500	0.002	56.48	63.8224
Δ	0.2299	0.08	0.08

2.1.2. INTENSIDAD DE LLUVIA

Con las precipitaciones máximas corregidas para diferentes periodos de retorno, se construyó las curvas IDF de acuerdo al modelo Bell.

T	Duración (Minutos)					
	5	10	20	30	60	120
100	2.44	3.65	5.09	6.05	7.94	10.2
50	2.2	3.29	4.59	5.46	7.17	9.2
25	1.96	2.93	4.09	4.87	6.39	8.2
10	1.64	2.46	3.43	4.08	5.36	6.88
5	1.41	2.1	2.93	3.49	4.58	5.88
3	1.23	1.84	2.57	3.05	4.01	5.15
2	1.09	1.63	2.28	2.71	3.56	4.56

Curvas I-D-F



2.2.CAUDAL ECOLÓGICO

En nuestra Naturaliza existen diversos ecosistemas, un río de agua dulce es un sistema lotico donde el agua se desliza rápidamente a causa de la gravedad y el relieve del paisaje, en el río existe fauna y flora que hay que preservar, por lo que es necesario reservar un caudal de agua que se le llama ecológico, para resguardar productos ecológicos; los entornos nativos, los cuales abrigan a gran vegetación y animales, las competencias ambientales como depuración de aguas, amortiguamiento de los valores climatológicos e hidrológicos, los bosques naturales y la variedad del Paisaje natural.

Por lo consiguiente en el sector industrial y agrario hay que conservar un volumen de agua para el ambiente, el cual se emplea para preservar los diversos ecosistemas y las ocupaciones ambientales. Método de Rafael Heras (España).- Considera que el caudal ecológico puede alcanzar valores de hasta 20% del volumen medio de agua mensual en 03 meses contiguos considerados de menor régimen. Asimismo, Heras piensa que en franjas semi-áridas el volumen de agua de estiaje logra alcanzar los productos del 2-3% del Caudal mediano anualizado.

Para el presente estudio se utiliza el método hidrológico del 20% del caudal medio de la época de estiaje, tomando como base la serie histórica de volúmenes de agua medianos periódicos registrada en la estación Marripón. A continuación, se presentan los valores del caudal ecológico en m³/s y en MMC.

Cuadro N° 08 Caudal Ecológico

Caudal Ecologico	Ene.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Caudal Ecologico (m ³ /s)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Caudal Ecologico (MMC)	0.21	0.19	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21

2.5. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO

2.5.1. RÍO CHINIAMA

Río con información, por o que se empleó los siguientes métodos:

2.5.1.1. Método Normal Numérico:

AÑO	QMAX
1962	1.65
1963	0.59
1964	1.89
1965	2.45
1966	1.72
1967	14.34
1968	0.73
1969	1.48
1970	1.48
1971	3.97
1972	33.73
1973	3.29
1974	2.1
1975	7.43
1976	4.52
1977	2.4
1978	2.69
1979	3.22
1980	1.77
1981	2.9
1982	1.24
1983	101.47
1984	3.6
1985	2.68
1986	2.37
1987	2.8

1988	1.68
1989	4.21
1990	1.35
1991	0.53
1992	2.29
1993	3.52
1994	6.7
1995	1.77
1996	1.63
1997	1.29
1998	14.52
1999	5.2
2000	5.46
2001	4.76
2002	5.21
2003	1.69
2004	0.89
2005	2.59
2006	4.42
2007	2.12
2008	12.53
2009	6.81
2010	2.72
2011	2
2012	4.45
Media	6.05588235
Desv. St.	14.59

$$w = \left[\ln \left(\frac{1}{p^2} \right) \right]^{1/2}$$

$$K_T = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3}$$

Tr (años)	Qmax(m³/s)
10	24.80
20	30.10
50	36.00
100	40.00
200	43.60
500	48.05

Para un tiempo de retorno de 50 años:

T =	50	años
p = 1/T	0.020	
w =	2.7971	
numerador =	4.842	
denominador =	6.517	
K =	2.054	
Qmax(T) =	36.0	m³/s

2.5.1.2. Método Log Normal 2P:

AÑO	QMAX	Log Qi
1962	1.65	0.2175
1963	0.59	-0.2291
1964	1.89	0.2765
1965	2.45	0.3892
1966	1.72	0.2355
1967	14.34	1.1565
1968	0.73	-0.1367
1969	1.48	0.1703
1970	1.48	0.1703
1971	3.97	0.5988
1972	33.73	1.5280
1973	3.29	0.5172
1974	2.1	0.3222
1975	7.43	0.8710
1976	4.52	0.6551
1977	2.4	0.3802
1978	2.69	0.4298
1979	3.22	0.5079
1980	1.77	0.2480
1981	2.9	0.4624
1982	1.24	0.0934
1983	101.47	2.0063
1984	3.6	0.5563
1985	2.68	0.4281
1986	2.37	0.3747

1987	2.8	0.4472
1988	1.68	0.2253
1989	4.21	0.6243
1990	1.35	0.1303
1991	0.53	-0.2757
1992	2.29	0.3598
1993	3.52	0.5465
1994	6.7	0.8261
1995	1.77	0.2480
1996	1.63	0.2122
1997	1.29	0.1106
1998	14.52	1.1620
1999	5.2	0.7160
2000	5.46	0.7372
2001	4.76	0.6776
2002	5.21	0.7168
2003	1.69	0.2279
2004	0.89	-0.0506
2005	2.59	0.4133
2006	4.42	0.6454
2007	2.12	0.3263
2008	12.53	1.0980
2009	6.81	0.8331
2010	2.72	0.4346
2011	2	0.3010
2012	4.45	0.6484

Tr (años)	Qmax(m ³ /s)
10	10.19
20	14.37
50	21.15
100	27.37
200	34.65
500	46.12

Para un tiempo de retorno de 50 años:

Promedio	6.06	0.4818
Desv Est	14.59	0.4107
T (años)		50
p		0.020
w		2.797
Numer		4.842
Denom		6.517
z o KT		2.054
x		1.325
Qmax(T)		21.15

2.5.1.3. Método Gamma de 3 parámetros

AÑO	xi	D=(xi-xm)	D^3
1962	1.65	-4.40588235	-86
1963	0.59	-5.46588235	-163
1964	1.89	-4.16588235	-72
1965	2.45	-3.60588235	-47
1966	1.72	-4.33588235	-82
1967	14.34	8.28411765	569
1968	0.73	-5.32588235	-151
1969	1.48	-4.57588235	-96
1970	1.48	-4.57588235	-96
1971	3.97	-2.08588235	-9
1972	33.73	27.6741176	21194
1973	3.29	-2.76588235	-21
1974	2.1	-3.95588235	-62
1975	7.43	1.37411765	3
1976	4.52	-1.53588235	-4
1977	2.4	-3.65588235	-49
1978	2.69	-3.36588235	-38
1979	3.22	-2.83588235	-23
1980	1.77	-4.28588235	-79
1981	2.9	-3.15588235	-31
1982	1.24	-4.81588235	-112
1983	101.47	95.4141176	868636
1984	3.6	-2.45588235	-15
1985	2.68	-3.37588235	-38
1986	2.37	-3.68588235	-50
1987	2.8	-3.25588235	-35
1988	1.68	-4.37588235	-84
1989	4.21	-1.84588235	-6
1990	1.35	-4.70588235	-104
1991	0.53	-5.52588235	-169
1992	2.29	-3.76588235	-53
1993	3.52	-2.53588235	-16
1994	6.7	0.64411765	0
1995	1.77	-4.28588235	-79
1996	1.63	-4.42588235	-87
1997	1.29	-4.76588235	-108
1998	14.52	8.46411765	606
1999	5.2	-0.85588235	-1
2000	5.46	-0.59588235	0
2001	4.76	-1.29588235	-2
2002	5.21	-0.84588235	-1
2003	1.69	-4.36588235	-83
2004	0.89	-5.16588235	-138
2005	2.59	-3.46588235	-42
2006	4.42	-1.63588235	-4
2007	2.12	-3.93588235	-61
2008	12.53	6.47411765	271
2009	6.81	0.75411765	0
2010	2.72	-3.33588235	-37
2011	2	-4.05588235	-67
2012	4.45	-1.60588235	-4
Media	6.05588235	0.000	888777
Desv. St.	14.59		

$$K_T = z + (z^2 - 1) \frac{C_s}{6} + \frac{1}{3} (z^3 - 6z) \cdot \left(\frac{C_s}{6}\right)^2 - (z^2 - 1) \cdot \left(\frac{C_s}{6}\right)^3 + z \cdot \left(\frac{C_s}{6}\right)^4 + \frac{1}{3} \left(\frac{C_s}{6}\right)^5$$

$$z = w - \frac{2.51557 + 0.802853 w + 0.010328 w^2}{1 + 1.432788 w + 0.189269 w^2 + 0.001308 w^3}$$

$$w = \left[\ln \left(\frac{1}{p^T} \right) \right]^{1/2}$$

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})}{(n-1)(n-2)S^3}$$

Tr (años)	Qmax(m ³ /s)
10	21.00
20	32.50
50	53.00
100	72.10
200	93.90
500	126.60

T =	200	años
n =	51	
Cs =	5.9554	
p = 1/T	0.00500	
w =	3.2552	
numerador =	5.238	
denominador =	7.715	
z =	2.576	
K1 =	2.5762	
K2 =	5.5950	
K3 =	0.5389	
K4 =	-5.5121	
K5 =	2.5004	
K6 =	0.3211	
K =	6.0196	
Qmax(T) =	93.9	m ³ /s

2.5.1.4. Método Log Pearson Tipo III:

AÑO	QMAX	Log Qi	xi - x(barra)	(I)^3
1962	1.65	0.2175	-0.2643	-0.01846
1963	0.59	-0.2291	-0.7109	-0.35932
1964	1.89	0.2765	-0.2053	-0.00866
1965	2.45	0.3892	-0.0926	-0.00079
1966	1.72	0.2355	-0.2463	-0.01493
1967	14.34	1.1565	0.6748	0.30723
1968	0.73	-0.1367	-0.6185	-0.23656
1969	1.48	0.1703	-0.3115	-0.03023
1970	1.48	0.1703	-0.3115	-0.03023
1971	3.97	0.5988	0.1170	0.00160
1972	33.73	1.5280	1.0462	1.14521
1973	3.29	0.5172	0.0354	0.00004
1974	2.1	0.3222	-0.1596	-0.00406
1975	7.43	0.8710	0.3892	0.05896
1976	4.52	0.6551	0.1734	0.00521
1977	2.4	0.3802	-0.1016	-0.00105
1978	2.69	0.4298	-0.0520	-0.00014
1979	3.22	0.5079	0.0261	0.00002
1980	1.77	0.2480	-0.2338	-0.01278
1981	2.9	0.4624	-0.0194	-0.00001
1982	1.24	0.0934	-0.3884	-0.05857
1983	101.47	2.0063	1.5246	3.54347
1984	3.6	0.5563	0.0745	0.00041
1985	2.68	0.4281	-0.0536	-0.00015
1986	2.37	0.3747	-0.1070	-0.00123
1987	2.8	0.4472	-0.0346	-0.00004
1988	1.68	0.2253	-0.2565	-0.01687
1989	4.21	0.6243	0.1425	0.00289
1990	1.35	0.1303	-0.3514	-0.04341
1991	0.53	-0.2757	-0.7575	-0.43467
1992	2.29	0.3598	-0.1219	-0.00181
1993	3.52	0.5465	0.0648	0.00027
1994	6.7	0.8261	0.3443	0.04081
1995	1.77	0.2480	-0.2338	-0.01278
1996	1.63	0.2122	-0.2696	-0.01959

1997	1.29	0.1106	-0.3712	-0.05114
1998	14.52	1.1620	0.6802	0.31469
1999	5.2	0.7160	0.2342	0.01285
2000	5.46	0.7372	0.2554	0.01666
2001	4.76	0.6776	0.1958	0.00751
2002	5.21	0.7168	0.2351	0.01299
2003	1.69	0.2279	-0.2539	-0.01637
2004	0.89	-0.0506	-0.5324	-0.15090
2005	2.59	0.4133	-0.0685	-0.00032
2006	4.42	0.6454	0.1636	0.00438
2007	2.12	0.3263	-0.1554	-0.00376
2008	12.53	1.0980	0.6162	0.23394
2009	6.81	0.8331	0.3514	0.04338
2010	2.72	0.4346	-0.0472	-0.00011
2011	2	0.3010	-0.1808	-0.00591
2012	4.45	0.6484	0.1666	0.00462
	Promedio	0.4818	0.0000	4.22228
	Desv. Est.	0.4107	Sesgo G	1.2692

$$G = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \frac{\sum (x_i - \bar{x})^3}{\sigma^3}$$

K (G=1.2)	2.626
K (G=1.3)	2.667
diferencia	0.041
K (G=1.2692)	2.654
x =x(barra)+K*sigma	1.5718
Qmax(T=50)	37.31

Tr (años)	Qmax(m³/s)
10	10.76
20	18.64
50	37.31
100	62.02
200	102.11
500	194.91

2.5.1.5. Método Gumbel

AÑO	QMAX
1962	1.65
1963	0.59
1964	1.89
1965	2.45
1966	1.72
1967	14.34
1968	0.73
1969	1.48
1970	1.48
1971	3.97
1972	33.73
1973	3.29
1974	2.1
1975	7.43
1976	4.52
1977	2.4
1978	2.69
1979	3.22
1980	1.77
1981	2.9
1982	1.24
1983	101.47
1984	3.6
1985	2.68
1986	2.37
1987	2.8

1988	1.68
1989	4.21
1990	1.35
1991	0.53
1992	2.29
1993	3.52
1994	6.7
1995	1.77
1996	1.63
1997	1.29
1998	14.52
1999	5.2
2000	5.46
2001	4.76
2002	5.21
2003	1.69
2004	0.89
2005	2.59
2006	4.42
2007	2.12
2008	12.53
2009	6.81
2010	2.72
2011	2
2012	4.45
Media	6.1
Desv. St.	14.59

Tr (años)	Qmax(m ³ /s)
10	25.09
20	33.28
50	43.88
100	51.82
200	59.74
500	70.18

T = 200 años
 K = 3.679
 Qmax = 59.74 m³/s

2.5.1.6. Método Log Gumbel

AÑO	QMAX	Log Q
1962	1.65	0.2175
1963	0.59	-0.2291
1964	1.89	0.2765
1965	2.45	0.3892
1966	1.72	0.2355
1967	14.34	1.1565
1968	0.73	-0.1367
1969	1.48	0.1703
1970	1.48	0.1703
1971	3.97	0.5988
1972	33.73	1.5280
1973	3.29	0.5172
1974	2.1	0.3222
1975	7.43	0.8710
1976	4.52	0.6551
1977	2.4	0.3802
1978	2.69	0.4298
1979	3.22	0.5079
1980	1.77	0.2480
1981	2.9	0.4624
1982	1.24	0.0934
1983	101.47	2.0063
1984	3.6	0.5563
1985	2.68	0.4281
1986	2.37	0.3747

1987	2.8	0.4472
1988	1.68	0.2253
1989	4.21	0.6243
1990	1.35	0.1303
1991	0.53	-0.2757
1992	2.29	0.3598
1993	3.52	0.5465
1994	6.7	0.8261
1995	1.77	0.2480
1996	1.63	0.2122
1997	1.29	0.1106
1998	14.52	1.1620
1999	5.2	0.7160
2000	5.46	0.7372
2001	4.76	0.6776
2002	5.21	0.7168
2003	1.69	0.2279
2004	0.89	-0.0506
2005	2.59	0.4133
2006	4.42	0.6454
2007	2.12	0.3263
2008	12.53	1.0980
2009	6.81	0.8331
2010	2.72	0.4346
2011	2	0.3010
2012	4.45	0.6484

Media	6.05588235	0.4818
Desv. St.	14.59	0.4107

T =		50	años
K =		2.592	
x =		1.546	
Qmax =		35.2	m ³ /s

Tr (años)	Qmax(m ³ /s)
10	10.40
20	17.70
50	35.20
100	58.87
200	98.31
500	193.41

Resumen de métodos (T = 50 años)

T = 50 años	
Distribución	Qmax
log normal 2p	21.15
normal	36.00
log pearson III	37.31
gumbel	43.88
log gumbel	35.20
gamma 3p	53.00
	38.10

gumbel	43.88
--------	--------------

2.5.2. RÍO CHOCHOPE

2.5.2.1. CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN POR VARIOS MÉTODOS

Bransby-Williams

$$T = \frac{L}{1,5 D} \sqrt[5]{\frac{M^2}{F}}$$

Dónde: -

T= tiempo de concentración (horas)

L= distancia máxima a la salida (km)

D= diámetro del círculo de área equivalente a la superficie de la cuenca (km²)

M= área de la cuenca (km²)

F= pendiente media del cauce principal (%)

Kirpich

$$T = 0,02L^{0,77}S^{-0,385}$$

Dónde:

T= tiempo de concentración (minutos)

L= longitud máxima a la salida (m)

S= pendiente media del lecho (m/m)

Ventura-Heras

$$t_c = a \frac{S^{0,5}}{i} \quad \text{siendo } 0,05 \leq a \leq 0,5$$

Dónde:

tc= tiempo de concentración (horas)

i= pendiente media del cauce principal (%)

S= área de la cuenca (km²)

L= longitud del cauce principal (km)

a= alejamiento medio $a = \frac{L}{\sqrt{S}}$

Passini

$$t_c = a \frac{(SL)^{1/3}}{i^{0,5}} \quad \text{siendo } 0,04 \leq a \leq 0,13$$

Dónde: -

t_c = tiempo de concentración (horas)

i = pendiente media del cauce principal (%)

S = área de la cuenca (km^2)

L = longitud del cauce principal (km)

a = alejamiento medio $a = L/\sqrt{S}$

Giandotti

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}} \quad \text{siempre que } L/3.600 \geq t_c \geq (L/3.600 + 1,5)$$

Dónde: -

t_c = tiempo de concentración (horas)

S = área de la cuenca (km^2)

L = longitud del cauce principal (km)

i = elevación media de la cuenca o diferencia de nivel principal (m)

L =	14.54	km
Cota max =	1650	msnm
Cota min =	250	msnm
Desnivel =	1400	m
Pendiente =	0.0963	
Area =	190	km^2
C =	0.35	
CN =	80	
n =	0.6	

			tc (min)	Tc (hrs)
CALIFORNIA CULVERT PRACTICE			77.004	1.283
BRANSBY-WILLIAMS			200.599	3.343
CLARK			903.380	15.056
FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION			138.685	2.311
ECUACION DE RETARDO DEL SCS			225.498	3.758
GIANDOTTI			154.254	2.571
KERBY-HATHAWAY			172.741	2.879
KIRPICH			76.896	1.282
METODO RACIONAL GENERALIZADO			59.570	0.993
PILGRIM Y MCDERMOTT			334.882	5.581
TEMEZ			214.756	3.579
VALENCIA Y ZULUAGA			234.279	3.905
VEN TE CHOW			192.139	3.202
US CORPS OF ENGINEERS			200.438	3.341

Conservadoramente, se adopta kirpich por dos razones:

1. Es una de las fórmulas mas usadas
2. Representa uno de los valores mas bajos de Tc, por lo tanto conducirá al mayor valor de "I".

Tc =			76.896	1.282
-------------	--	--	---------------	--------------

2.5.2.2. DETERMINACION DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA "i"

➤ POR EL METODO DE DYCK Y PESCHKE

Metodo Dyck y Peschke	
T (años)	Pmax24 (mm)
10	13.32
20	18.76
50	28.59
100	38.49
200	50.94
500	71.12

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

RIO CHOCHOPE		
d = Tc =	76.896	min
	Pd (mm)	i (mm/h)
T = 10 años	6.40	5.00
T = 20 años	9.02	7.04
T = 50 años	13.74	10.72
T = 100 años	18.50	14.44
T = 200 años	24.49	19.11
T = 500 años	34.19	26.68

➤ **POR EL METODO FREDERICH BELL**

Metodo Frederick Bell

T (años)	Pmax24 (mm)
10	13.32
20	18.76
50	28.59
100	38.49
200	50.94
500	71.12

a =	0.4602		0.4602	
b =	0.876		0.876	
t = Tc =			76.896	min
T (años)	0.21lnT+0.52	I = P(10,60)	Pd (mm)	i (mm/h)
10	1.004	4.45	4.90	3.83
20	1.149	6.00	7.58	5.91
50	1.342	8.68	12.80	9.99
100	1.487	11.26	18.41	14.37
200	1.633	14.40	25.84	20.16
500	1.825	19.29	38.69	30.19

$$P_t^T = (0.21 \log_e T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50)P_{60}^{10}$$

$$\rightarrow I = aP_{24}^b$$

a = 0.4602 según Yance Tueros

b = 0.8760 según Yance Tueros

➤ **POR EL METODO DE DANIEL F. CAMPOS**

Metodo Daniel F. Campos

T (años)	Pmax24 (mm)
10	13.32
20	18.76
50	28.59
100	38.49
200	50.94
500	71.12

d = Tc =		76.896	min
		Pd (mm)	i (mm/h)
T = 10 años		4.38	3.42
T = 20 años		6.17	4.82
T = 50 años		9.41	7.34
T = 100 años		12.66	9.88
T = 200 años		16.76	13.08
T = 500 años		23.40	18.26

1	2
Duración (hr)	Factor
0	0
1	0.30
2	0.39
3	0.46
4	0.52
5	0.57
6	0.61
8	0.68
12	0.80
18	0.91
24	1.00

3	4	5
Durac (min)	Factor	Pinterv
0	0	
60	0.30	0.30
120	0.39	0.09
180	0.46	0.07
240	0.52	0.06
300	0.57	0.05
360	0.61	0.04
480	0.68	0.07
720	0.80	0.12
1080	0.91	0.11
1440	1.00	0.09

	6	7
	Lámina	Lám. Acum.
	(mm)	(mm)
1	0.30	0.30
2	0.12	0.42
3	0.11	0.53
4	0.09	0.62
5	0.09	0.71
6	0.07	0.78
7	0.07	0.85
8	0.06	0.91
9	0.05	0.96
10	0.04	1.00

2.5.2.3. DETERMINACION DEL CAUDAL MAXIMO (Qmax)

➤ MÉTODO RACIONAL

T (años)	i (mm/h)	Q max (m3/seg)
10	5.00	92.29
20	7.04	129.98
50	10.72	198.09
100	14.44	266.69
200	20.16	372.41
500	30.19	557.65

$$Q_{\max} = \frac{CiA}{360}$$

Tc (min)	76.90
Area(ha)	19,000
C	0.35

➤ METODO DE LA ENVOLVENTE DE CREAGER

$$Q_{\max} = (C1 + C2) * \log(T) * A^{mA^{-n}}$$

T (años)	mA ⁻ⁿ	Q max (m3/seg)
10	0.8269	105.72
20	0.8269	137.55
50	0.8269	179.62
100	0.8269	211.45
200	0.8269	243.27
500	0.8269	285.34

Tc (min)	76.90
Area(km2)	190.00
C1	0.10
C2	1.28
m	1.02
n	0.04

➤ **METODO DEL SISTEMA DIPEO**

$$Q \max = Pmax(24h) * A * CR * CR/P * \frac{CF}{Tc}$$

T (años)	Pmax.24h	Q max (m3/seg)
10	138.83	247.27
20	162.10	288.72
50	192.97	343.70
100	216.75	386.05
200	241.07	429.37
500	274.22	488.41

Tc (hr) =	1.837
Area(km2) =	190.00
CR =	0.800
C (P/R) =	0.250
C (P/R) (%) =	25.00
CF =	3.100

T (años)	Q max (m3/seg)		
	M. Racional	M. Creager	M. DIPEO
10	92.29	105.72	247.27
20	129.98	137.55	288.72
50	198.09	179.62	343.70
100	266.69	211.45	386.05
200	372.41	243.27	429.37
500	557.65	285.34	488.41

$$Q_{\max} = 179.62 \text{ m}^3/\text{s}$$

Entonces, el caudal del Río Motupe:

$$Q_{R.MOTUPE} = Q_{R.CHINIAMA} + Q_{R.CHOCHOPE}$$

$$Q_{R.MOTUPE} = 43.88 + 198.09$$

$$Q_{R.MOTUPE} = 241.33 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.3.DEMANDA DE AGUA

Es importante conocer cuáles son las necesidades hídricas de la cedula de cultivos, existen dispositivos de evaluación directa como el lisímetro. Sin embargo, la disposición de esta herramienta y de otras similares simboliza precios altos, lo cual los hace inalcanzables de aplicar por parte de los pequeños y medianos cultivadores.

Para calcular las necesidades de los cultivos es necesario hallar uno de los elementos necesarios como es la Eto (Evapotranspiración) y los valores climáticos de la zona de influencia del Proyecto. Entre las metodologías prácticas más usadas se tienen los de Penman, Blaney – Criddle y Hargreaves y cada uno tiene su adecuado grado de confiabilidad, en referencia al número de parámetros climáticos utilizados para el cálculo de la Eto.

Para hallar las demandas hídricas agrícolas se solicita, inicialmente calcular la evapotranspiración y precisar los factores de cultivo.

Cuando se calcula el uso consuntivo de los cultivos, se determina el volumen de agua requerida por las plantas en su transpiración, al agua disipada desde el suelo adyacente a la planta como fragmento del agua indispensable para almacenar en sus tejidos los alimentos en forma de disoluciones y suspensiones.

El factor de cultivo (K_c) es la correlación entre la Eto de un cultivo establecido y la Eto de un cultivo que se toma como base (evapotranspiración potencial).

Cada cultivo tiene diversas particularidades, las cuales se evidencian en sus correspondientes K_c , los cuales cambian mes a mes dependiendo el grado de desarrollo de la cobertura que tiene el cultivo en ese instante.

En cuanto a la Bocatoma Prada, la superficie agrícola está conformada por una extensión bajo riego de 1,022.94Has. La zona a irrigar tiene como fuente de agua los recursos hídricos del río Motupe y de la precipitación. El sector agrícola se explota fundamentalmente los cultivos de maíz híbrido, mango, maracuyá, limón sutil y frijol de palo.

En el escenario del Proyecto, se ha calculado las necesidades hídricas de los cultivos utilizando la cedula de cultivos especificada en el Cuadro “Cédula de cultivo propuesta”

Para lo cual, anteriormente se determinó la evapotranspiración potencial mensual que se ocasiona en la zona de influencia del proyecto, los factores de cultivo (Kc), y la precipitación efectiva existente (mm/mes) en el área del proyecto, esta se halló utilizando el software Cropwat para la determinación de las necesidades hídricas de los cultivos, Es lo que designamos diseño agronómico de riego, es el cálculo primario al cálculo hidráulico del riego. Se basa en calcular las veces, caudales y periodos de riego basándose en las insuficiencias de agua del cultivo que comienza definido por el tipo de suelo, tiempo y cultivo.

CÉDULA DE CULTIVO PROPUESTA

Cultivos	Porcentaje	ha
SECTOR PRADA		
Frijol de palo	20%	200.00
maiz hibrido	25%	256.71
Mango Kent	18%	187.12
Maracuya	24%	245.88
Limon Sutil	13%	133.23
	100%	1022.94

CÉDULA DE CULTIVO ACTUAL

Cultivos	Porcentaje	ha	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
SECTOR PARTE MEDIA														
Papa	18%	13.97												
habas seca	18%	13.97												
trigo	17%	13.19												
cebada	21%	16.29												
Rye grass	26%	20.17												
	100%	77.59												
SECTOR PARTE BAJA														
Maíz	28%	2.19												
Alberja, frejol	52%	4.06												
Alfalfa	20%	1.56												
	100%	7.81												



Área potencial con derecho de uso de agua 122 ha
 Área actual bajo riego 85.4 ha

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (Eto)

País: PERU Altitud: 78 m.s.n.m
 Estación: La Viña - Jayanca Latitud: -6.38 grados Sur Longitud: -79.53 grados oeste

MES	Tem. Max (°C)	Tem. Min (°C)	H. R. (%)	Veloc. Viento (Km/D)	Hor. Sol Horas	Radi. Solar (MJ/m2/d)	Eto (mm/día)	Eto (mm/mes)
Enero	32.40	21.00	71.00	472.00	6.40	19.60	5.86	181.66
Febrero	32.50	21.80	74.00	424.00	5.90	19.00	5.45	152.60
Marzo	33.20	21.80	65.00	414.00	5.80	18.60	6.19	191.89
Abril	32.50	20.60	64.00	424.00	7.00	19.30	6.23	186.90
Mayo	31.20	18.60	67.00	444.00	6.90	17.70	5.59	173.29
Junio	29.40	16.70	74.00	424.00	5.80	15.40	4.43	132.90
Julio	28.70	15.60	77.00	424.00	6.50	16.60	4.24	131.44
Agosto	29.10	15.50	68.00	453.00	4.20	14.60	4.89	151.59
Setiembre	30.10	15.80	68.00	462.00	4.20	15.60	5.32	159.60
Octubre	30.80	16.40	70.00	462.00	6.70	20.10	5.76	178.56
Noviembre	31.10	16.90	70.00	463.00	7.20	20.80	5.83	174.90
Diciembre	31.80	18.70	70.00	472.00	6.70	19.90	5.85	181.35
PROMEDIO	31.10	18.30	69.80	448.20	6.10	18.10	5.47	166.40

Nota: Datos tomados en campo. Para el cálculo de la Eto se ha hecho uso del software CROPTWAT

DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA CON PROYECTO

Frijol de palo		MESES											
Descripción	Uni.	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Eva. Potencial	mm.	181.7	152.6	191.9	186.9	173.3	132.9	131.4	151.6	159.6	178.6	174.9	181.4
Kc ponderado		0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	1.05
Evapot. Real(Uc)	mm.	127.162	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	69.96	190.4175
Precipit.efectiva	mm.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Req. De agua	mm.	127.162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69.96	190.4175
Req. De vol.neto	m3/ha	1,271.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	699.60	1,904.18
Eficiencia de riego		0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498
Req. De vol.neto real		2,553.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,405.10	3,824.41
Nºdías por mes	días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Nº hor.diarias riego	hr.	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Mod.riego(MR)	lt/seg	0.954	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.542	1.428
Area Total	ha	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
Demanda	lt/seg	286.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	162.63	428.36
maiz hibrido		MESES											
Descripción	Uni.	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Eva. Potencial	mm.	181.7	152.6	191.9	186.9	173.3	132.9	131.4	151.6	159.6	178.6	174.9	181.4
Kc ponderado		0.40	0.70	0.95	0.85	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Evapot. Real(Uc)	mm.	72.664	106.82	182.2955	158.865	129.9675	0	0	0	0	0	0	0
Precipit.efectiva	mm.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Req. De agua	mm.	72.664	106.82	182.2955	158.865	129.9675	0	0	0	0	0	0	0
Req. De vol.neto	m3/ha	726.64	1068.2	1822.955	1588.65	1299.675	0	0	0	0	0	0	0
Eficiencia de riego		0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498
Req. De vol.neto real		1459.41	2145.41	3661.29	3190.70	2610.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nºdías por mes	días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Nº hor.diarias riego	hr.	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Mod.riego(MR)	lt/seg	0.645	0.887	1.367	1.231	0.975	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Area Total	ha	356.71	356.71	356.71	356.71	356.71	356.71	356.71	356.71	356.71	356.71	356.71	356.71
Demanda	lt/seg	194.36453	316.33989	487.6112	439.103	347.6422	0	0	0	0	0	0	0

Mango Kent		MESES											
Descripcion	Unj.	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Eva. Potencial	mm.	181.66	152.60	191.89	186.90	173.29	132.90	131.44	151.59	159.60	178.56	174.90	181.35
Kc ponderado		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Evapot. Real(Uc)	mm.	136.25	114.45	143.92	140.18	129.97	99.68	98.58	113.69	119.70	133.92	131.18	136.01
Precipit.efectiva	mm.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Req. De agua	mm.	136.25	114.45	143.92	140.18	129.97	99.68	98.58	113.69	119.70	133.92	131.18	136.01
Req. De vol.neto	m3/ha	1,362.45	1,144.50	1,439.18	1,401.75	1,299.68	996.75	985.80	1,136.93	1,197.00	1,339.20	1,311.75	1,360.13
Eficiencia de riego		0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.50
Req. De vol.neto real		2,736.39	2,298.65	2,890.49	2,815.32	2,610.31	2,001.91	1,979.92	2,283.44	2,404.10	2,689.70	2,634.57	2,731.72
Nº dias por mes	dias	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
Nº hor.diaras riego	hr.	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Mod.riego(MR)	lt/seg	1.022	0.950	1.079	1.086	0.975	0.772	0.739	0.853	0.928	1.004	1.016	1.020
Area Total	ha	187.12	187.12	187.12	187.12	187.12	187.12	187.12	187.12	187.12	187.12	187.12	187.12
Demanda	lt/seg	191.17	177.80	201.94	203.24	182.36	144.52	138.32	159.53	173.56	187.91	190.19	190.85
Maracuya		MESES											
Descripcion	Unj.	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Eva. Potencial	mm.	181.66	152.60	191.89	186.90	173.29	132.90	131.44	151.59	159.60	178.56	174.90	181.35
Kc ponderado		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Evapot. Real(Uc)	mm.	136.25	114.45	143.92	140.18	129.97	99.68	98.58	113.69	119.70	133.92	131.18	136.01
Precipit.efectiva	mm.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Req. De agua	mm.	136.25	114.45	143.92	140.18	129.97	99.68	98.58	113.69	119.70	133.92	131.18	136.01
Req. De vol.neto	m3/ha	1,362.45	1,144.50	1,439.18	1,401.75	1,299.68	996.75	985.80	1,136.93	1,197.00	1,339.20	1,311.75	1,360.13
Eficiencia de riego		0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.50
Req. De vol.neto real		2,736.39	2,298.65	2,890.49	2,815.32	2,610.31	2,001.91	1,979.92	2,283.44	2,404.10	2,689.70	2,634.57	2,731.72
Nº dias por mes	dias	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
Nº hor.diaras riego	hr.	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Mod.riego(MR)	lt/seg	1.022	0.950	1.079	1.086	0.975	0.772	0.739	0.853	0.928	1.004	1.016	1.020
Area Total	ha	245.88	245.88	245.88	245.88	245.88	245.88	245.88	245.88	245.88	245.88	245.88	245.88
Demanda	lt/seg	251.20	233.63	265.35	267.06	239.63	189.90	181.76	209.62	228.06	246.92	249.92	250.78

Limon Sutil	Uni.	MESES											
		Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Eva. Potencial	m3	181.66	152.60	191.89	186.90	173.29	132.90	131.44	151.59	159.60	178.58	174.90	181.35
Kc ponderado		0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Evapot. Real(Uc)	m3	127.16	106.82	134.32	130.83	121.30	93.03	92.01	106.11	111.72	124.99	122.43	126.95
Precipit.efectiva	m3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Req. De agua	m3	127.16	106.82	134.32	130.83	121.30	93.03	92.01	106.11	111.72	124.99	122.43	126.95
Req. De vol.neto	m3/ha	1,271.62	1,068.20	1,343.23	1,308.30	1,213.03	930.30	920.08	1,061.13	1,117.20	1,249.92	1,224.30	1,269.45
Eficiencia de riego		0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.50
Req. De vol.neto real		2,553.97	2,145.41	2,697.79	2,627.64	2,436.29	1,868.45	1,847.92	2,131.21	2,243.82	2,510.38	2,458.93	2,549.61
Nº dias por mes	dias	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
Nº hor.diarias riego	hr.	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Mod.riego(MR)	lt/seg	0.954	0.887	1.007	1.014	0.910	0.721	0.690	0.798	0.866	0.937	0.949	0.952
Área Total	ha	133.23	133.23	133.23	133.23	133.23	133.23	133.23	133.23	133.23	133.23	133.23	133.23
Demanda	lt/seg	127.04	118.15	134.19	135.06	121.19	96.04	91.92	106.01	115.33	124.87	126.39	126.82

Cultivo	Qmax	Meses											
		Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Frijol de palo	m3/seg	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.43
maiz hibrido	m3/seg	0.19	0.32	0.49	0.44	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mango Kent	m3/seg	0.19	0.18	0.20	0.20	0.18	0.14	0.14	0.16	0.17	0.19	0.19	0.19
Maracuya	m3/seg	0.25	0.23	0.27	0.27	0.24	0.19	0.18	0.21	0.23	0.25	0.25	0.25
Limon Sutil	m3/seg	0.13	0.12	0.13	0.14	0.12	0.10	0.09	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13
Total(m3/seg)		1.05	0.85	1.09	1.04	0.89	0.43	0.41	0.48	0.52	0.56	0.73	1.00
masa MMC		2,811.90	2,046.44	2,917.03	2,707.27	2,385.98	1,115.76	1,103.50	1,272.67	1,339.92	1,499.10	1,889.90	2,669.84

Kc de los Cultivos

Cultivos	Porcentaje	ha	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
SECTOR PARTE MEDIA														
Frijol de palo	25%	300.00	0.7										0.4	1.05
maiz hibrido	29%	356.71	0.4	0.7	0.95	0.85	0.75							
Mango Kent	15%	187.12	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Maracuya	20%	245.88	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Limon Sutil	11%	133.23	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
kc ponderado	100%	1222.94	0.66	0.58	0.63	0.61	0.59	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.52	0.65

CUADROS – CALCULO DE ETo por Croptwat

ETo Penman-Monteith Mensual - untitled

País: PERU Estación: LA VIÑA JAYANCA

Altitud: 78 m. Latitud: 6.38 °S Longitud: 79.75

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	21.0	32.4	71	472	6.4	19.6	5.86
Febrero	21.8	32.5	74	424	5.9	19.0	5.45
Marzo	21.8	33.2	65	414	5.8	18.6	6.19
Abril	20.5	32.5	64	424	7.0	19.3	6.23
Mayo	18.6	31.2	67	444	6.9	17.7	5.59
Junio	16.7	29.4	74	424	5.8	15.4	4.43
Julio	15.6	28.7	77	424	6.5	16.6	4.24
Agosto	15.5	29.1	68	453	4.2	14.6	4.89
Septiembre	15.8	30.1	68	482	4.2	15.6	5.32
Octubre	16.4	30.8	70	482	6.7	20.1	5.76
Noviembre	16.9	31.1	70	463	7.2	20.8	5.83
Diciembre	18.7	31.8	70	472	6.7	19.9	5.85
Promedio	18.3	31.1	70	448	6.1	18.1	5.47

Eficiencia Total

Tipos de Eficiencia	Porcentaje
Eficiencia de Conducción	93.00%
Eficiencia de Distribución	83.00%
Eficiencia de Aplicación	64.50%
Eficiencia Total	49.79%

CAUDAL DE DERIVACIÓN:

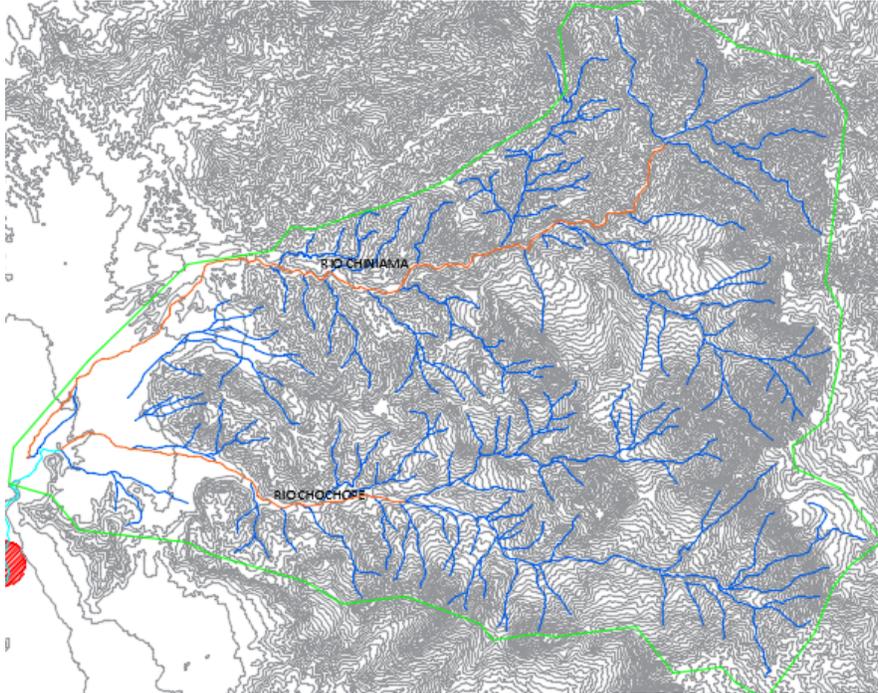
Este caudal depende de las áreas a irrigar el proyecto

PRODUCTO	Ha a irrigar
Frijol de palo	200
Maíz hibrido	256.71
Mango Kent	187.12
Maracuyá	245.88
Limón Sutil	133.23
Total:	1022.94

$$Q \text{ necesario} = 1.5 \times 1022.94 = \mathbf{1.5 \text{ m}^3/\text{s}}$$

II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Se delimitó la cuenca y se realizó el estudio de sus características, donde se determinó el área, perímetro, forma, pendiente, etc de la cuenca en estudio, para lo cual se utilizaron varios criterios de selección.



- Los parámetros físicos de la cuenca:

PARÁMETROS FÍSICOS	
ÁREA DE LA CUENCA	511.82 Km ²
PERIMETRO DE LA CUENCA	102.04 Km
ÍNDICE DE GRAVELIUS (Kc)	1.26
COEFICIENTE DE FORMA Ff	0.42
FACTOR DE ASIMETRÍA	-0.05
FACTOR DE ALARGAMIENTO	1.27
CORRELACIÓN DE CRUCE	2.09
DENSIDAD DE CORRIENTES	0.53 en 1/Km ²
PENDIENTE DE LA CUENCA	5%
SINUOSIDAD	1.08
ALTURA PROMEDIO DE LA CUENCA	1512.5 M

- La demanda hídrica (gasto agrícola) beneficiará a 1022.94 has con cultivos permanentes principalmente, lo cual nos permitió calcular una demanda hídrica de 1.5 m³/s (caudal de derivación).

CAUDAL DE DERIVACIÓN:

Este caudal depende de las áreas a irrigar el proyecto

PRODUCTO	Ha a irrigar
Frijol de palo	200
Maíz híbrido	256.71
Mango Kent	187.12
Maracuyá	245.88
Limón Sutil	133.23
Total:	1022.94

$$Q \text{ necesario} = 1.5 \times 1022.94 = 1.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

- El Río Motupe se conforma de la unión del Río Chiniama con el Río Chochope, por lo que, para determinar el caudal del Río Motupe, determinó el caudal del Río el Río Chiniama:

T = 50 años	
Distribución	Qmax
log normal 2p	21.15
normal	36.00
log pearson III	37.31
gumbel	43.88
log gumbel	35.20
gamma 3p	53.00
	38.10

Donde se escogió Gumbel, por criterio técnico

gumbel	43.88
--------	--------------

Y el caudal del Río Chochope:

T (años)	Q max (m3/seg)		
	M. Racional	M. Creager	M. DIPEO
10	92.29	105.72	247.27
20	129.98	137.55	288.72
50	198.09	179.62	343.70
100	266.69	211.45	386.05
200	372.41	243.27	429.37
500	557.65	285.34	488.41

De donde se escogió el caudal por el método de Creager, por criterio técnico.

El caudal del Río Motupe:

$$Q_{R.MOTUPE} = Q_{R.CHINIAMA} + Q_{R.CHOCHOPE}$$

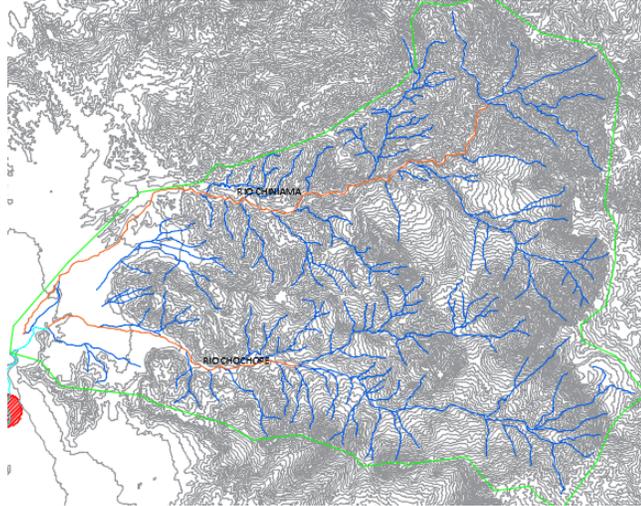
$$Q_{R.MOTUPE} = 43.88 + 198.09$$

$$Q_{R.MOTUPE} = 241.33 \text{ m}^3/\text{s}$$

III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a) CONCLUSIONES

- Se delimitó la cuenca del Río Motupe, la cual se conforma por dos cuencas: La del Río Chiniama y la del Río Chochope.



- Se determinó los parámetros físicos de la cuenca, utilizando el programa Civil 3D, se determinó el Area = 511.82 Km², el tamaño de la cuenca es Intermedia – grande, el Perímetro = 102.04 Km., la cuenca cuenta con una pendiente suave (5%).
- La demanda hídrica (gasto agrícola) beneficiará a 1022.94 has con cultivos permanentes principalmente, lo cual nos permitió calcular una demanda hídrica de 1.5 m³/s (caudal de derivación).
- En la elección de opciones: fue primordial la elección de uno de las opciones empleados para determinar el volumen máximo de agua, utilizando el criterio se escogieron los valores en cada Río, lo que nos genera un caudal máximo para el Río Motupe de 241.33 m³/s, con un tiempo de retorno para la máxima avenida de 50 años el cual se obtuvo a partir de cuadros que indican el periodo de retorno según obra hidráulica.

b) RECOMENDACIONES

- A la hora de delimitar la cuenca debido a que el Río Motupe no cuenta con estación propia, se recomienda usar las estaciones más cercanas (hasta máximo 50 Km).
- Para la determinación de los parámetros físicos de la cuenca se recomienda utilizar el AutoCad Civil 3D (con lo obtenido en el ArcGis donde se utilizó la carta nacional).
- En cuanto a la determinación de la demanda hídrica se recomienda determinar los tipos de cultivos y cantidades que se encuentran en las hectáreas a irrigar.
- Para la determinación del caudal máximo se recomienda utilizar el mayor número de métodos posibles.

REFERENCIAS

- GARCIA RICO, E. (1990). CONCEPTOS HIDRAULICOS. CHICLAYO: LA CUMBRE.
- ROCHA FELICES, A. (s.f.). LA BOCATOMA, ESTRUCTURA CLAVE EN UN PROYECTO DE APROVECHAMIENTO HIDRAULICO.
- SENAMHI. (s.f.). <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>.
- VILLÓN, I. M. (s.f.). HIDROLOGÍA.
- Aquaterra Ingenieros LTDA. 2009. Guías de reconocimiento de obras tipo y de procedimientos. Chile: Dirección general de aguas.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). 2012. E.050. Suelos y Cimentaciones. Perú: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.