OLYMPIC PERU INC.
SUCURSAL DEL PERU

OLYMPIC PERÚ INC; SUCURSAL DEL PERÚ
Real Plaza, Piso 7
Piura

ESTUDIO DE MÁXIMAS AVENIDAS

PLAN DE ABANDONO PARCIAL DEL DUCTO DESDE MANIFOLD MOCHICA HASTA POZO VIRÚ 4X-1, LOTE XIII-B

NOVIEMBRE, 2021

Elaborado por:

Domus
CONSULTORIA AMBIENTAL

DOMUS CONSULTORÍA AMBIENTAL S.A.C.
Jr. Combate de Iquique N° 716, Urb. Cercado de Surco.
Santiago de Surco

ÍNDICE

I. ASPECTOS GENERALES 3

1.1 INTRODUCCIÓN 3
1.2 OBJETIVOS 3
1.2.1 Objetivo principal 3
1.2.2 Objetivos específicos 3

II. INFORMACIÓN USADA EN EL ESTUDIO 3

III. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 4

3.1 UBICACIÓN POLÍTICA 4
3.2 UBICACIÓN ADMINISTRATIVA E HIDROGRÁFICA 4

IV. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA 4

4.1 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA 4
4.2 ESTACIÓN DE REFERENCIA 5
4.3 VARIABLES METEREOLÓGICAS 6
4.3.1 Temperatura 6
4.3.2 Precipitación total mensual 7
4.3.3 Precipitación máxima en 24 horas 9

V. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA 10

5.1 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS 10
5.1.1 PARÁMETROS DE FORMA 10
5.1.2 PARÁMETROS DE RELIEVE 13
5.1.3 RED DE DRENAJE 13
5.1.4 MEDICIONES LINEALES 14
5.2 MORFOMETRÍA DE LAS CUENCAS DE DRENAJE 14

VI. ANÁLISIS DE MÁXIMAS AVENIDAS 15

6.1 PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS 15
6.1.1 Análisis de datos dudosos 15
6.1.2 Corrección de la precipitación máxima en 24 horas 19
6.2 ANÁLISIS DE FRECUENCIAS 20
6.3 PRECIPITACIÓN DE DISEÑO PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO 23
6.4 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 24
6.5 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA 24

VII. CAUDAL DE MÁXIMAS AVENIDAS 25

7.1 MÉTODO RACIONAL MODIFICADO 25
7.2 CAUDAL MÁXIMO DIARIO (MÉTODO RACIONAL MODIFICADO) 27

VIII. ANEXOS 28

ESTUDIO HIDROLÓGICO DE MÁXIMAS AVENIDAS PARA EL PLAN DE ABANDONO PARCIAL DEL DUCTO DESDE MANIFOLD MOCHICA HASTA POZO VIRÚ 4X-1, LOTE XIII-B

I. ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

Se presenta el "Estudio Hidrológico de Máximas Avenidas para el Plan de Abandono Parcial del ducto desde Manifold Mochica hasta Pozo Virú 4x-1, Lote XIII-B". El estudio hidrológico comprende el análisis de la información meteorológica, la caracterización hidrológica, y el análisis de máximas avenidas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo principal

El Estudio Hidrológico tiene como objetivo principal la caracterización hidrológica de las cuencas de drenaje delimitadas con influencia sobre el ducto desde el Manifold Mochica hasta el Pozo Virú 4x-1, Lote XIII-B.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar un análisis de la temperatura
- Realizar un análisis de la precipitación total mensual.
- Realizar un análisis de la precipitación máxima en 24 horas.
- Describir la hidrografía del área de estudio.
- Describir las características morfométricas de las cuencas de drenaje delimitadas del ducto desde el Manifold Mochica hasta el Pozo Virú 4x-1, Lote XIII-B.
- Estimar los caudales de máximas avenidas con influencia sobre ducto desde el Manifold Mochica hasta el Pozo Virú 4x-1, Lote XIII-B

II. INFORMACIÓN USADA EN EL ESTUDIO

- Cartas Nacionales obtenidas del Instituto Geográfico Nacional (IGN), escala: 1/100 000, correspondiente al área de estudio. Véase el siguiente cuadro:

Código	Descripción
11 a	Paita
11 b	Piura

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN).

- Información satelital del SRTM.
- Plano LXIIIB-011916-C-PL-306-Rev. A
- ATLAS DE RECURSOS HIDROLÓGICOS DEL PERÚ, elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).
- GENERACIÓN DEL MAPA TEMÁTICO DE CURVA NÚMERO (CN), elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2015. Formato Digital.
- MAPA HIDROGRÁFICO DEL PERÚ. Escala 1:5250.000. Formato Digital.

III. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Ubicación política

Cuadro 1 Ubicación política

Componente	Departamento	Provincia	Distrito
Ducto desde el Manifold Mochica hasta el Pozo Virú 4x-1, Lote XIII-B	Piura	Paita Piura	Paita La Unión

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C., 2021.

3.2 Ubicación administrativa e hidrográfica

Cuadro 2 Ubicación administrativa e hidrográfica

Componente	Unidad hidrográfica	AAA	ALA
Ducto desde el Manifold Mochica hasta el Pozo Virú 4x-1, Lote XIII-B	Piura	Jequetepeque - Zarumilla	Medio y Bajo Piura

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C., 2021.

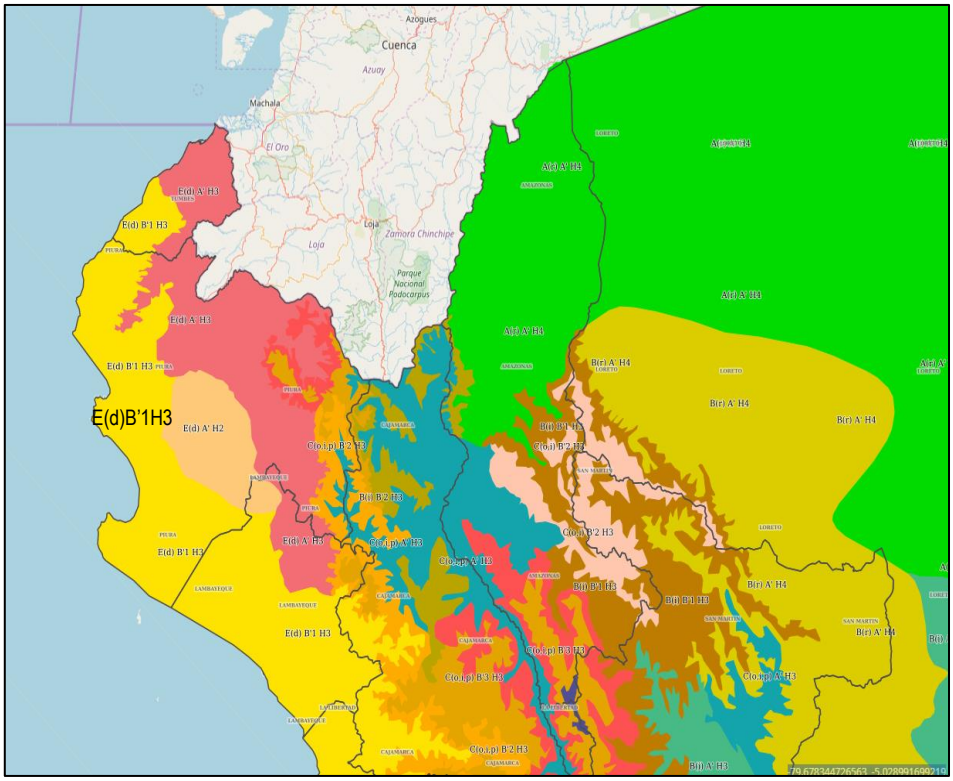
IV. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

4.1 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

Según la caracterización climática del Perú elaborada por SENAMHI (https://idesep.senamhi.gob.pe/geovisoridesep/go?accion=05.01.001.03.001.512.2021.00.00), el área de estudio pertenece la clasificación:

E(d)B'1H3: Zona de clima semi cálido, desértico, con deficiencia de lluvia en todas las estaciones, con humedad relativa calificada como húmedo.

Figura 1 Clasificación climática del área de estudio



Fuente: Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología - SENAMHI, 2021.

4.2 ESTACIÓN DE REFERENCIA

Debido a la cercanía de la estación Chusis al área de estudio (ducto desde el Manifold Mochica hasta el Pozo Virú 4x-1), se ha determinado a esta como estación de referencia para la evaluación de los siguientes parámetros.

Cuadro 3 Estación de referencia

Estación	Geográfica		Variable	Período
	Latitud	Longitud		
Chusis	05° 31'39.23 "S"	80° 48'45.9 "W"	Temperatura media mensual	1999-2018
			Precipitación total mensual	1999-2018
			Precipitación máxima en 24 horas	1999-2018

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C., 2021.

4.3 VARIABLES METEREOLÓGICAS

4.3.1 Temperatura

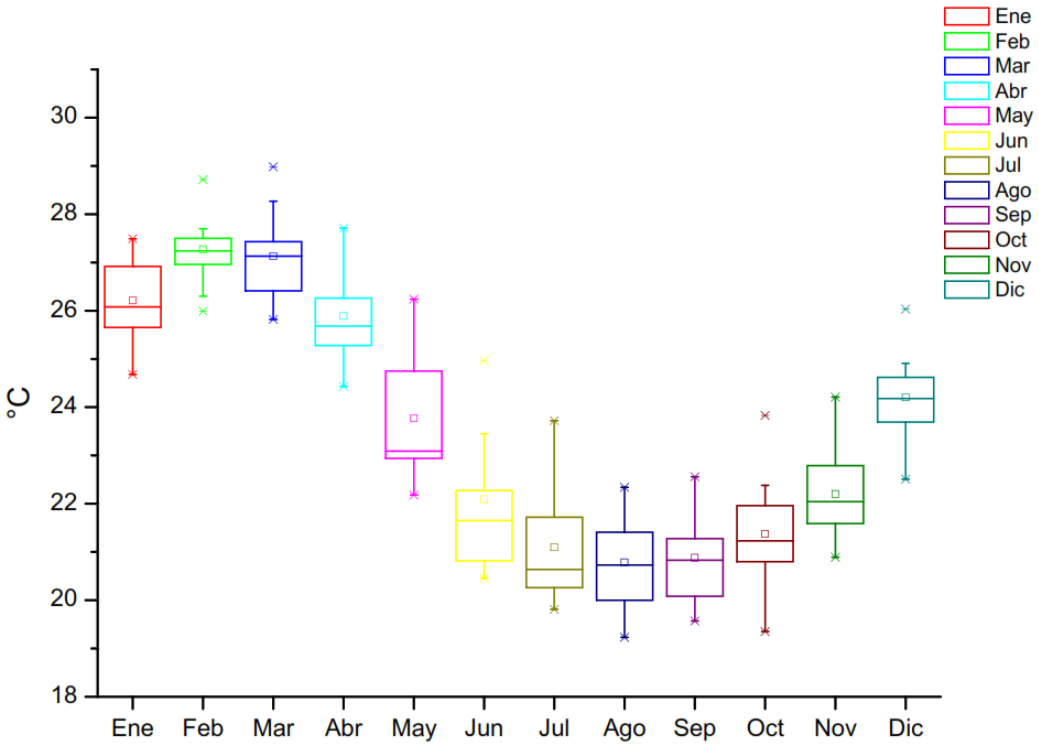
A continuación, se presenta los valores de temperatura media mensual para la estación Chusis en el período de registro (1999-2018).

Cuadro 4 Temperatura media mensual – Estación Chusis

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	24.7	26.3	26.3	24.9	22.5	21.0	19.8	19.8	19.9	20.8	21.6	23.3
2000	24.8	26.0	25.8	25.3	23.0	21.3	20.1	20.8	20.8	20.9	21.6	23.7
2001	25.7	27.0	27.2	25.9	22.2	20.7	20.3	19.8	20.0	20.4	21.8	23.5
2002	25.2	27.2	28.3	26.7	24.8	22.0	20.5	20.4	20.7	22.0	22.8	24.6
2003	26.1	27.5	27.0	25.2	23.3	21.4	20.7	20.3	20.5	21.2	22.0	24.2
2004	25.7	27.5	27.1	25.4	22.7	20.7	20.4	19.9	20.8	21.8	22.4	24.4
2005	26.1	27.0	26.4	25.8	23.0	21.5	20.5	20.3	20.1	20.4	21.1	23.8
2006	26.0	27.5	26.7	24.8	23.1	21.7	21.4	21.4	21.5	22.0	22.9	24.5
2007	27.1	27.4	27.2	25.5	22.7	20.5	19.9	19.2	19.6	19.4	21.5	22.5
2008	26.2	27.1	27.4	25.4	22.9	21.9	21.7	21.6	21.7	21.3	22.0	23.6
2009	S/D	26.8	26.7	25.6	23.6	22.2	21.6	21.1	21.3	21.5	22.6	24.8
2010	26.9	S/D	27.4	26.1	23.7	22.2	20.3	20.0	19.8	20.4	21.1	23.7
2011	25.7	26.8	26.3	25.7	24.5	23.5	21.7	21.0	20.9	21.2	22.9	24.7
2012	26.8	27.6	27.9	27.2	25.7	24.6	22.7	22.0	22.1	22.4	S/D	24.2
2013	27.2	27.7	27.1	24.4	23.0	20.7	20.2	20.4	20.8	21.0	21.8	24.6
2014	27.5	27.2	27.6	26.3	25.7	24.9	22.4	21.7	21.8	22.4	23.1	24.6
2015	26.4	S/D	S/D	27.7	26.2	25.0	23.7	22.3	S/D	23.8	24.2	26.0
2016	27.4	28.7	29.0	27.3	25.1	23.3	22.6	22.3	22.6	22.2	22.8	24.9
2017	27.4	28.7	27.7	26.9	24.8	22.3	20.7	20.7	20.9	21.4	20.9	23.7
2018	25.2	27.0	26.3	25.8	23.1	20.8	20.6	20.8	21.0	21.1	22.8	24.6

S/D: Sin dato.
Fuente: Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología– SENAMHI.

Figura 2 Diagrama de caja temperatura media mensual – Estación Chusis



Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C., a partir de NERM 2021.

El análisis exploratorio de la serie de temperatura media mensual se ha desarrollado por medio de diagrama de cajas a nivel mensual. De la figura presentada, se puede observar que la serie presenta ciclos estacionales, los valores promedios tienden a mantenerse constantes. Los meses de enero a abril son los que tienen los mayores valores de temperatura media mensual siendo agosto y setiembre los meses que presentan los valores más bajos de temperatura media mensual.

4.3.2 Precipitación total mensual

A continuación, se muestra los datos de precipitación total mensual de la estación Chusis, la cual es representativa para el área de estudio.

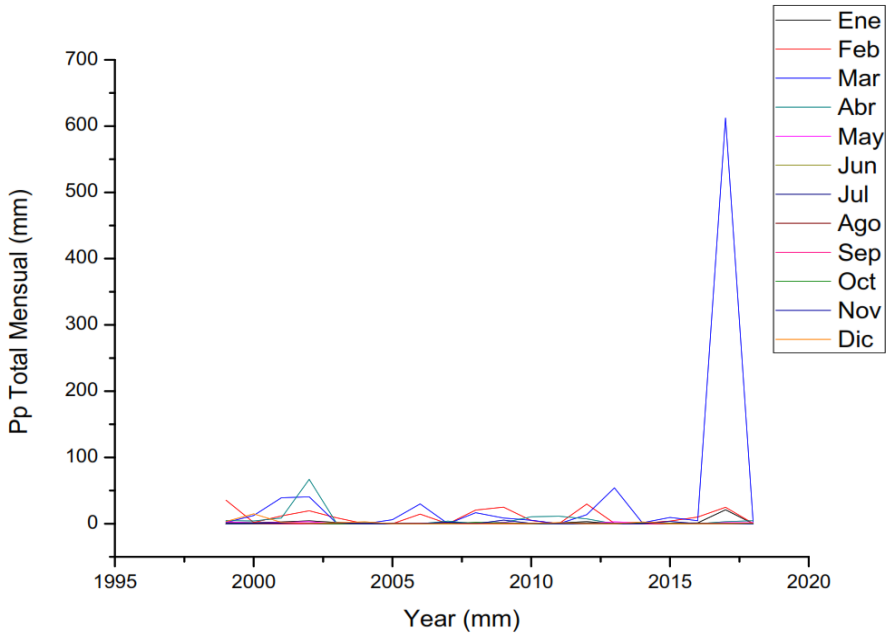
Cuadro 5 Precipitación total mensual - Estación Chusis

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	2.1	35.6	1.8	4.7	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D
2000	S/D	1.9	S/D	4.1	S/D	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	14.9
2001	S/D	S/D	39.1	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	2.0
2002	S/D	S/D	S/D	66.9	S/D	S/D	S/D	0.0	0.0	0.8	0.6	0.4
2003	1.9	8.7	0.3	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.4
2004	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	S/D	0.0	2.8
2005	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2006	0.0	14.4	29.9	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0
2007	2.3	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0
2008	0.5	20.6	16.6	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0
2009	S/D	24.9	8.5	1.5	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	5.4	0.0
2010	0.0	S/D	5.1	10.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.3
2011	1.2	0.0	0.0	11.2	0.7	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
2012	3.0	29.6	13.6	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
2013	0.0	0.5	54.1	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	0.0	0.8	1.4	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	2.7
2015	0.9	S/D	9.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	S/D	S/D	3.5	0.0
2016	1.2	10.1	4.6	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	20.9	24.7	612.6	3.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	0.0	0.4	0.5	4.5	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0

S/D: Sin dato.
Fuente: Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología– SENAMHI.

Figura 3 Histograma de precipitación total mensual – Estación Chusis



Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C., a partir de NERM 2021.

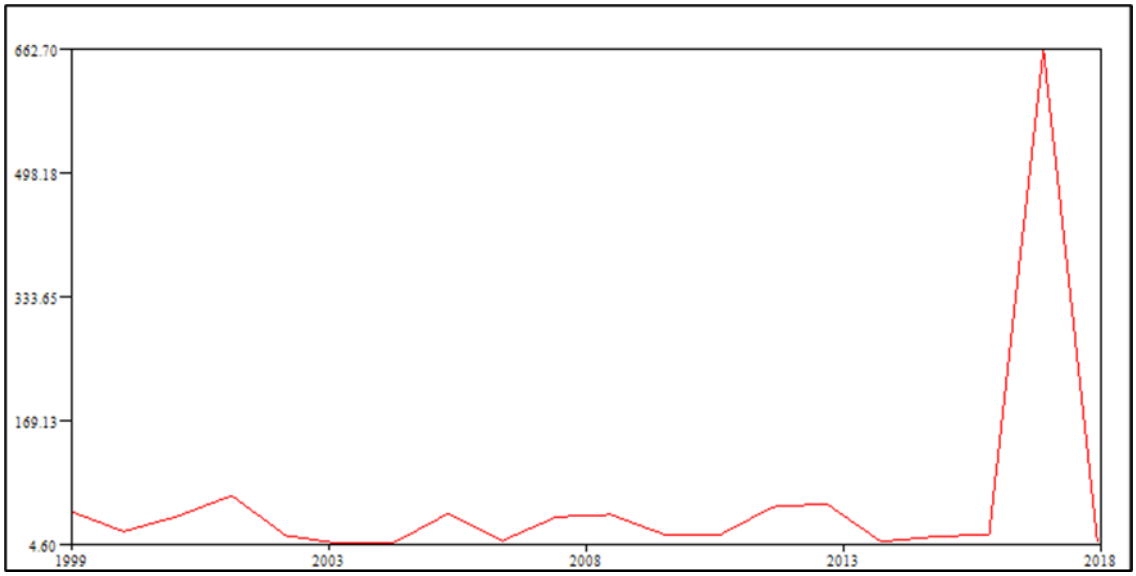
Gran parte de los valores de la serie de tiempo presentan un comportamiento atípico para los meses de enero a abril. El valor de precipitación mínimo observado es de 0 mm entre los meses de enero a diciembre, mientras que el máximo se da en el mes de marzo con un valor de 612.6 mm. De la figura presentada para la serie de tiempo analizada, existe un comportamiento histórico atípico con mayor incidencia para los meses de enero, febrero, marzo y abril. Es importante mencionar que los valores más altos de precipitación total mensual han sido registrados en el año 2017 durante la presencia del fenómeno del Niño Costero.

4.3.3 Análisis de tendencia en la precipitación total anual

El análisis de tendencia de la precipitación total anual (mm) se desarrolló mediante el test de Mann Kendall.

Del análisis de los estadísticos obtenidos del test de Mann Kendall, el resultado sugiere que no existe una tendencia significativa para niveles de confianza del 90 %, 95% y 99% en la serie de precipitación total anual evaluada.

Figura 4 Análisis de tendencia en la precipitación total anual



Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C., a partir de NERM 2021.

Cuadro 6 Estadísticos del análisis de tendencia en la precipitación total anual

Test	Test statistic	Critical values (Statistical table)			Result
		a=0.1	a=0.05	a=0.01	
Mann-Kendall	-0.162	2.447	1.557	1.947	NS

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C., a partir de NERM 2021.

4.3.4 Precipitación máxima en 24 horas

A continuación, se muestra los datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación Chusis, la cual es representativa para el área de estudio.

Cuadro 7 Registro de precipitación máxima en 24 horas – Estación Chusis

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	1.6	13.0	1.0	2.6	2.6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D
2000	S/D	1.2	S/D	3.3	S/D	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	10.7
2001	S/D	S/D	14.9	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	1.6
2002	S/D	S/D	S/D	45.1	S/D	S/D	S/D	0.0	0.0	0.5	0.6	0.4
2003	1.9	7.4	0.3	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.1
2004	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	S/D	0.0	2.4
2005	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2006	0.0	6.2	20.7	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0
2007	2.3	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
2008	0.5	13.5	10.6	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0
2009	S/D	10.8	5.4	1.5	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	4.8	0.0
2010	0.0	S/D	4.6	5.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.3
2011	1.2	0.0	0.0	5.5	0.5	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
2012	2.0	17.0	8.7	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
2013	0.0	0.5	42.8	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	0.0	0.5	1.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	2.1
2015	0.9	S/D	6.9	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	S/D	S/D	3.5	0.0
2016	0.7	6.0	4.3	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	13.7	9.3	140.6	3.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	0.0	0.4	0.5	2.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0

S/D: Sin dato.
Fuente: Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología– SENAMHI.

En el numeral 6.1 se desarrollará un análisis de la precipitación máxima en 24 horas como parte de las entradas para la estimación de los caudales de máximas avenidas.

V. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

5.1 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

A continuación, se describen los principales parámetros morfométricos considerados para la caracterización de las cuencas de drenaje delimitadas al área de estudio. En el Anexo 4 - Parámetros morfométricos, se presentan los cálculos.

5.1.1 Parámetros de forma

5.1.1.1 Tamaño de la cuenca

El tamaño de una cuenca se determina según el área que esta abarca, propiedad más importante, pues permite determinar el potencial de escorrentía que se pueda generar en una superficie expuesta a la precipitación, debido al efecto de flujo superficial que pudiera generar.

Para definirla Campos (1992) propone una clasificación basada en la superficie de la cuenca (Viramontes-Olivas et al., 2007).

Cuadro 8 Clasificación de cuencas por superficie

Tamaño de la cuenca (km²)	Descripción
Menos de 25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia pequeña
500 a 2500	Intermedia grande
2500 a 5000	Grande
5000 a más	Muy grande

Fuente: Campos, 1992. [1]

5.1.1.2 Coeficiente de compacidad o Índice de Gravelius (1914)

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el de una circunferencia; sus resultados están basados en la clasificación de Campos (1992), mostrados en la Tabla 9. Cuánto más cercano esté el índice a la unidad, la cuenca será más circular y por tanto más compacta, y en la media que aumenta, la cuenca adquiere una forma más oval (Viramontes-Olivas et al., 2007).

La fórmula está dada por:

$$C_c = \frac{0.282P}{A^{1/2}}$$

Donde:
Cc = Coeficiente de Compacidad
P = Perímetro de la cuenca (Km)
A = Área de la cuenca (km2)

Cuadro 9 Formas de cuenca de acuerdo con el coeficiente de compacidad

Clase de Forma	Coeficiente de Compacidad	Forma de la Cuenca
Clase I	1.0 - 1.25	Casi redonda a oval-redonda
Clase II	1.26 - 1.50	Oval-redonda a oval-oblonga
Clase III	1.51 a más de 2	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

Fuente: Campos, 1992.[2]

1 *Hidrología Aplicada de Ven Te Chow et al., 1994.*

2 *Viramontes-Olivas et al., 2008.*

5.1.1.3 Razón de elongación

Es la relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la de la cuenca y la longitud máxima de la misma (Viramontes-Olivas et al., 2007).

La fórmula es la propuesta por Shumm (1956):

$$R_e = \frac{1.128 A^{1/2}}{L_c}$$

Re = Relación de elongación.
Lc = Longitud del cauce principal de la cuenca (km).
A = Área de la cuenca (km2).

Valores cercanos a la unidad implicará formas menos alargadas y cuanto menor sea a la unidad, será más alargada (González, 2004).

5.1.1.4 Factor de forma

La forma de la cuenca, factor de forma, fue propuesta por Horton (1945) donde relaciona el área de la cuenca y la longitud de esta. En este sentido, valores cercanos a cero indican cuencas alargadas y aquellos cercanos a uno, indican cuencas redondeadas (Viramontes-Olivas et al., 2007).

Una descripción cuantitativa de la forma es proporcionada por la siguiente fórmula:

$$F_f = \frac{A}{Lc^2}$$

Donde:
Ff = Factor de forma
A = Área de la cuenca (Km2)
Lc = Longitud del cauce principal (Km)

Los valores interpretativos de la relación de forma de Horton, pueden verse a continuación:

Cuadro 10 Valores interpretados de factores de forma[3]

Valores aproximados	Forma de la cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22 – 0.30	Alargada
0.30 – 0.37	Ligeramente alargada
0.37 – 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 -0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 – 0.80	Ensanchada
0.80 – 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Fuente: Delgadillo y Moreno.

[3] *Morfometría de cuencas, Delgadillo, A. y A. Moreno.*

5.1.2 Parámetros de relieve4

Son de gran importancia puesto que el relieve de una cuenca tiene más influencia sobre la respuesta hidrológica que su forma; con carácter general podemos decir que a mayor relieve o pendiente la generación de escorrentía se produce en lapsos de tiempo menores.

5.1.2.1 Pendiente media de la cuenca

Se calcula como media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales de la cuenca en las que la línea de máxima pendiente se mantiene constante; es un índice de la velocidad media de la escorrentía y, por lo tanto, de su poder de arrastre o poder erosivo.

$$J = 100 \frac{\sum L_i E}{A}$$

Donde:

J	=	Pendiente media de la cuenca.
Li	=	Longitud de cada una de las curvas de nivel (km).
E	=	Equidistancia de las curvas de nivel (km).
A	=	Área de la cuenca (km^2).

5.1.2.2 Curva hipsométrica

La curva hipsométrica representa el área drenada variando con la altura de la superficie de la cuenca. Se construye llevando al eje de las abscisas los valores de la superficie drenada proyectada en km2 o en porcentaje, obtenida hasta un determinado nivel, el cual se lleva al eje de las ordenadas, generalmente en metros.

5.1.3 Red de drenaje

Definida para una cuenca como la longitud media de curso por unidad de superficie (Viramontes-Olivas et al., 2007)., calculándose mediante la expresión:

$$D = \frac{\sum L}{A}$$

Donde:

D	=	Densidad de drenaje (km-1).
$\sum L$	=	Suma de las longitudes de los cursos que se integran en la cuenca (km).
A	=	Área de la cuenca (km2).

[4] *Morfología de las cuencas hidrográficas, Ibáñez, S., H. Moreno, J.M. Gisbert.*

Cuadro 11 Valores interpretativos de la densidad de drenaje[5]

Densidad de drenaje (Km/Km^2)	Categoría
<1	Baja
1 – 2	Moderada
2 – 3	Alta
>3	Muy alta

Fuente: Delgadillo y Moreno.

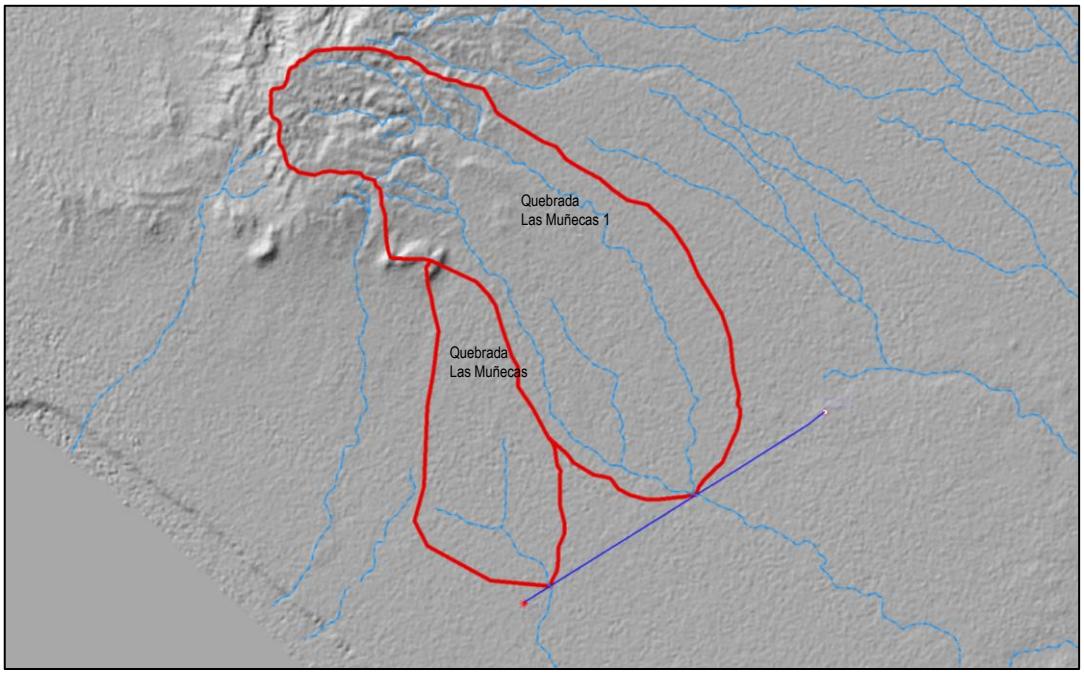
5.1.4 Mediciones lineales

Las mediciones lineales describen las características unidimensionales de la cuenca; al respecto se tiene la longitud de cuenca (L), que es la medida más grande de una cuenca a lo largo de una línea recta entre la salida y la divisoria de aguas. La longitud del cauce principal (Lc), o quebrada, es la mayor distancia efectiva recorrida naturalmente por el flujo de agua en la cuenca.

5.2 MORFOMETRÍA DE LAS CUENCAS DE DRENAJE

A continuación, se presenta la delimitación de las cuencas de drenaje con influencia sobre el ducto desde el Manifold Mochica hasta el Pozo Virú 4x-1, Lote XIII-B.

Figura 5 Delimitación de las cuencas de drenaje con influencia en la línea de conducción



Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C, 2021.

[5] DELGADILLO, A. y A. Moreno. Morfometría de cuencas

Cuadro 12 Parámetros morfométricos de las cuencas de drenaje (Quebrada Las Muñecas y Quebrada Las Muñecas 1)

Características	Unidad	Quebrada Las Muñecas	Quebrada Las Muñecas 1
Área de la Cuenca	km²	17.75	53.70
Perímetro de la Cuenca	km	19.06	34.76
Longitud del cauce principal	km	4.16	16.55
Longitud total del cauce	km	5.81	47.12
Cota máxima	m.s.n.m.	220.00	315.00
Cota mínima	m.s.n.m.	65.00	62.00
Desnivel máximo	m	155.00	253.00
Ancho más largo de la cuenca	km	3.75	4.57
Longitud más larga de la cuenca	km	8.20	13.84
Coeficiente de compacidad	Adimensional	1.28	1.34
Factor de forma	Adimensional	1.03	0.20
Relación de elongación	Adimensional	0.58	0.60
Elevación mediana de la cuenca	m	83.47	200.00
Pendiente media de la cuenca	m/m	0.05	0.07
Densidad de drenaje	km/km²	0.33	0.88

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C, 2021.

Mayor detalle del cálculo de los parámetros morfométricos, ver Anexo 4 – Parámetros morfométricos.

VI. ANÁLISIS DE MÁXIMAS AVENIDAS

Para el análisis de máximas avenidas en el área del proyecto se ha determinado a la estación Chusis como la estación representativa de estudio.

Cuadro 13 Estación Chusis

Estación	Geográfica		Variable	Período
	Latitud	Longitud		
Chusis	05° 31'39.23 "S"	80° 48'45.9 "W"	Precipitación máxima en 24 horas	1999-2018

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C., 2021.

6.1 PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS

6.1.1 Análisis de datos dudosos

Para describir la lluvia máxima diaria de las cuencas de drenaje del área de estudio, pertenecientes a la quebrada La Gloria, se usó la estación de referencia El Zapallal. El método del Water Resources Council (1981) recomienda la realización de ajustes de estos datos dudosos. Los datos dudosos son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante. La inclusión o eliminación de estos datos puede afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos calculados para la información, especialmente en muestras pequeñas. Los

procedimientos para tratar los datos dudosos requieren un criterio que involucra consideraciones matemáticas e hidrológicas. De acuerdo con el Water Resources Council (1981) si la asimetría de la estación es mayor que +0,4 se considera primero las pruebas para detectar datos dudosos altos; si la asimetría de la estación es menor que -0,4 primero se consideran pruebas para detectar datos dudosos bajos. Cuando la asimetría de la estación se encuentre entre ± 0,4 deben aplicarse pruebas para detectar dados dudosos altos y bajos antes de eliminar cualquier dato dudoso del conjunto de datos. La siguiente ecuación puede utilizarse para detectar datos dudosos altos y bajos:

$$y_H = \bar{y} + K_n S_y \qquad \text{Datos dudosos altos}$$

$$y_L = \bar{y} - K_n S_y \qquad \text{Datos dudoso-bajos}$$

Donde:

yH: Banda superior de los logaritmos de los valores de caudales o precipitaciones.
yL: Banda inferior de los logaritmos de los valores caudales o precipitaciones.
y: Media aritmética de los logaritmos de los valores caudales o precipitaciones.
Kn: Coeficiente que depende del tamaño de la muestra caudales o precipitaciones.
Sy: Desviación estándar de los logaritmos de los valores caudales o precipitaciones.

Si los logaritmos de los valores en una muestra son mayores que yH, entonces se consideran como datos dudosos altos. Si existe información disponible que indica que un dato dudoso alto es el máximo sobre un periodo extendido, el dato dudoso es excluido del análisis. Si no hay disponibilidad de información histórica útil para comparar con los datos dudosos altos, entonces estos deben ser retenidos como parte del registro sistemático. Los valores de Kn dados en Cuadro 22 se usan en pruebas para detectar datos dudosos en el nivel 10% de significancia en información normalmente distribuida.

Cuadro 14 Valores de Kn para la prueba de datos dudosos

TABLA 12.5.3
Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de K_n de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

Fuente: Ven Te Chow, 1994

6.1.1.1 Determinación de datos dudosos de precipitación máxima en 24 horas

A continuación, se muestra la longitud de registros de máximas en 24 horas de la Estación Chusis.

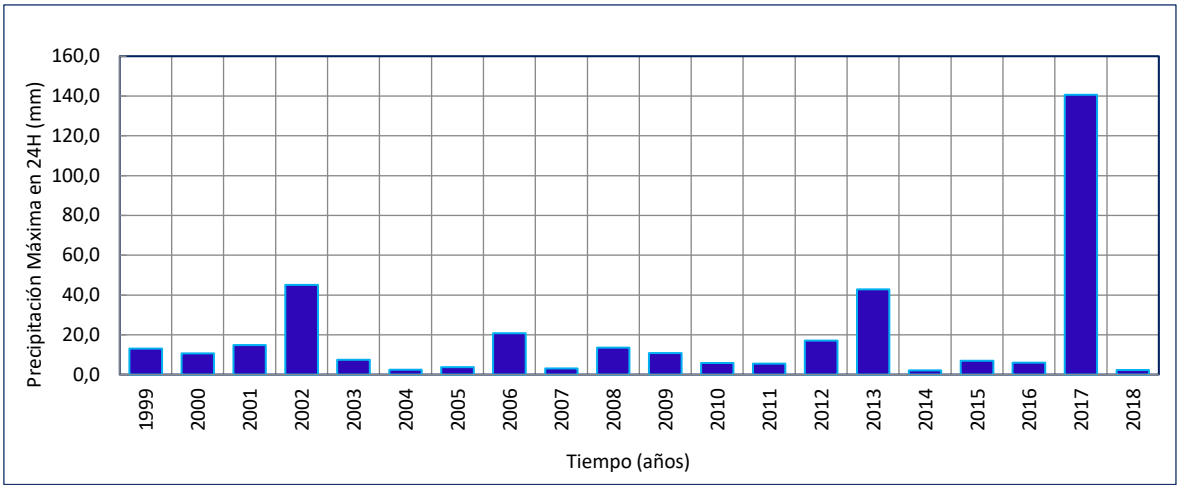
Cuadro 15 Registro histórico de precipitación máxima en 24 horas (mm) – Estación Chusis

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999	1.6	13.0	1.0	2.6	2.6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D
2000	S/D	1.2	S/D	3.3	S/D	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	10.7
2001	S/D	S/D	14.9	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	1.6
2002	S/D	S/D	S/D	45.1	S/D	S/D	S/D	0.0	0.0	0.5	0.6	0.4
2003	1.9	7.4	0.3	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.1
2004	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	S/D	0.0	2.4
2005	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2006	0.0	6.2	20.7	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0
2007	2.3	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
2008	0.5	13.5	10.6	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0
2009	S/D	10.8	5.4	1.5	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	4.8	0.0
2010	0.0	S/D	4.6	5.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.3
2011	1.2	0.0	0.0	5.5	0.5	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
2012	2.0	17.0	8.7	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
2013	0.0	0.5	42.8	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	0.0	0.5	1.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	2.1
2015	0.9	S/D	6.9	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	S/D	S/D	3.5	0.0

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2016	0.7	6.0	4.3	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	13.7	9.3	140.6	3.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	0.0	0.4	0.5	2.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0

Fuente: Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología -SENAMHI.

Figura 6 Histograma de registro histórico de precipitación máxima en 24 horas (mm)



Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C., 2021.

Cuadro 16 Análisis de umbrales máximos y mínimos

Nº	AÑO	ORDEN	P24	Log(P24)
1	1999	8	13.0	1.1139
2	2000	10	10.7	1.0294
3	2001	6	14.9	1.1732
4	2002	2	45.1	1.6542
5	2003	11	7.4	0.8692
6	2004	18	2.4	0.3802
7	2005	16	3.8	0.5798
8	2006	4	20.7	1.3160
9	2007	17	3.0	0.4771
10	2008	7	13.5	1.1303
11	2009	9	10.8	1.0334
12	2010	14	5.8	0.7634
13	2011	15	5.5	0.7404
14	2012	5	17.0	1.2304
15	2013	3	42.8	1.6314
16	2014	20	2.1	0.3222
17	2015	12	6.9	0.8388
18	2016	13	6.0	0.7782
19	2017	1	140.6	2.1480
20	2018	19	2.3	0.3617

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C., 2021.

Cuadro 17 Estadísticos

Numero de datos n	20	20
Suma ∑	374.3	19.5714
Máximo	140.6	2.1480
Mínimo	2.1	0.3222
Promedio $\bar{x}$	18.7	0.9786
Desviación estándar s	31.1129	0.4739
Coeficiente asimetría Cs	3.5174	0.7128
Cs/6 k	0.5862	0.1188

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C., 2021.

PRUEBA DE DATOS DUDOSOS (Método Water Resources Council)

n = 20

Kn = 2.385 *

Kn: valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

→ Umbral de datos dudosos **altos (xH: unid. logaritmicas)**

$$x_H = \bar{x} + Kn \cdot s$$

xH = 2.11

Precipitación máxima aceptada

$$PH = 10^{xH}$$

PH = 128.5 mm

→ Umbral de datos dudosos **bajos (xL: unid. logaritmicas)**

$$x_L = \bar{x} - Kn \cdot s$$

xL = -0.15

Precipitación mínima aceptada

$$PH = 10^{xL}$$

PL = 0.71 mm

Nota: Se observa que todos los valores ' P24 ' están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 0.71 mm y 140.6 mm. No existen datos dudosos.

6.1.2 Corrección de la precipitación máxima en 24 horas

La corrección de la precipitación por la recomendación del método de Weiss. Los valores de precipitación máxima en 24 horas se multiplican por el factor 1.13 (factor recomendado por OMM).

Cuadro 18 Corrección del registro de precipitación máximo en 24 horas

AÑO	Precipitación máxima 24 horas	Factor OMM	Precipitación corregida
1999	13.0	1.13	14.7
2000	10.7	1.13	12.1
2001	14.9	1.13	16.8
2002	45.1	1.13	51.0
2003	7.4	1.13	8.4
2004	2.4	1.13	2.7
2005	3.8	1.13	4.3
2006	20.7	1.13	23.4
2007	3.0	1.13	3.4
2008	13.5	1.13	15.3
2009	10.8	1.13	12.2
2010	5.8	1.13	6.6
2011	5.5	1.13	6.2
2012	17.0	1.13	19.2
2013	42.8	1.13	48.4
2014	2.1	1.13	2.4
2015	6.9	1.13	7.8
2016	6.0	1.13	6.8
2017	140.6	1.13	158.9
2018	2.3	1.13	2.6

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C., 2021.

6.2 ANÁLISIS DE FRECUENCIAS

Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el análisis de frecuencia tiene por objeto estudiar los registros históricos de variables hidrológicas con el fin de estimar las probabilidades de que vuelvan a ocurrir. Los datos utilizados para el análisis deben ser evaluados en términos de los objetivos, de la duración de los registros disponibles y de que éstos estén completos.

Cuadro 19 Distribuciones de ajuste teórico

N°	Distribución
1	Log Pearson III
2	LogNormal
3	GEV-Max (L-Moments)
4	Pareto (L-Moments)
5	EV2-Max (L-Momments)
6	GEV-Min (L-Moments)
7	GEV-Max (kappa specified, L-Moments)
8	EV3-Min (Weibull, L-Moments)
9	Exponential (L-Moments)
10	EV3-Min (Weibull)
11	EV1-Max (Gumbel, L-Moments)
12	GEV-Max
13	Pearson III
14	Galton
15	GEV-Max (kappa specified)
16	EV1-Max (Gumbel)
17	Normal
18	GEV-Min
19	Pareto
20	Normal (L-Moments)
21	Gamma
22	GEV-Min (kappa specified)
23	Exponential
24	GEV-Min (kappa specified, L-Moments)
25	EV1-Min (Gumbel)
26	EV1-Min (Gumbel, L-Moments)
27	EV2-Max

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C., 2021.

El cálculo de la precipitación diseño, para los diferentes periodos de retorno han sido efectuados el programa computacional HIDROGNOMON, utilizando las distribuciones mencionadas y tipos de ajuste seleccionados antes indicados

De la información procesada se obtienen las distribuciones aceptadas según la prueba de bondad de ajuste Kolgomorov - Smirnov:

Figura 7 Distribuciones de ajuste teórico aceptadas

Statistics

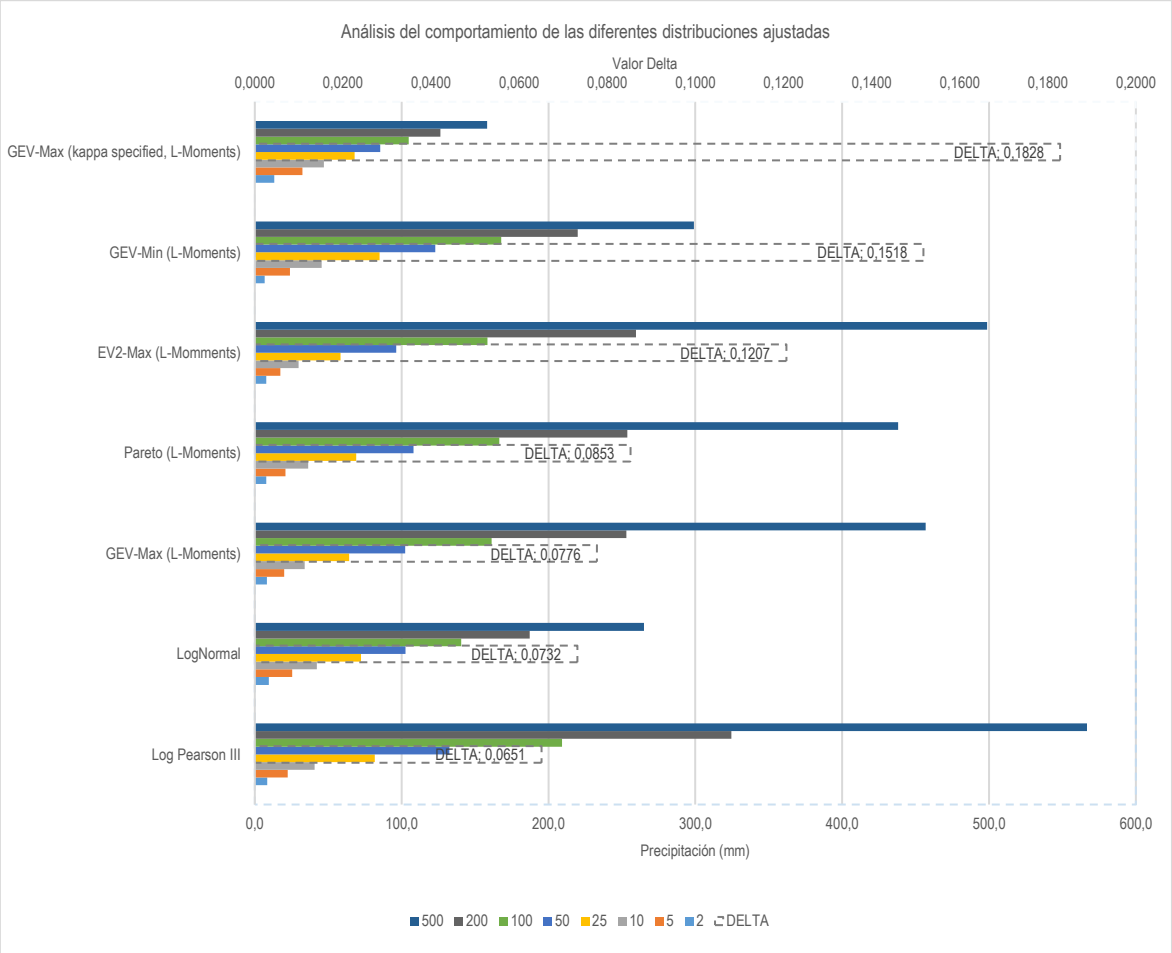
File Edit View Options Forecasts P&C Intervals Parameters MLE Tests

Distribution functions plots | Histogram - Density functions plots | Parameter values - Forecasts

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	5.80039%	0.28409
Normal (L-Moments)	ACCEPT	REJECT	REJECT	4.53476%	0.29426
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.8258%	0.07321
Galton	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	7.78789%	0.27144
Exponential	ACCEPT	REJECT	REJECT	2.05670%	0.32486
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	25.3333%	0.21375
Gamma	ACCEPT	REJECT	REJECT	3.82470%	0.30110
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	9.03511%	0.26484
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.9680%	0.06507
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	6.26815%	0.28081
EV2-Max	REJECT	REJECT	REJECT	0.16859%	0.40726
EV1-Min (Gumbel)	REJECT	REJECT	REJECT	0.88901%	0.35455
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	21.2832%	0.22318
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	9.48598%	0.26264
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	5.55315%	0.28591
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	5.04615%	0.28989
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.6381%	0.07764
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	64.6258%	0.15176
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	20.8969%	0.22415
EV2-Max (L-Momments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.4800%	0.12066
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	REJECT	REJECT	REJECT	0.68089%	0.36350
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	39.9673%	0.18671
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.9859%	0.08532
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	7.37045%	0.27385
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	REJECT	REJECT	2.54880%	0.31684
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	42.4619%	0.18279
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	REJECT	REJECT	1.99814%	0.32592

Fuente: Estadísticos del HIDROGNOMON.

Figura 8 Análisis del comportamiento de los sietes (07) mejores distribuciones de ajuste teórico



Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C., 2021.

6.3 PRECIPITACIÓN DE DISEÑO PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

Cuadro 20 Estimación de la precipitación de diseño para diferentes periodos de retorno

DISTRIBUCIÓN	2	5	10	25	50	100	200	500
Log Normal	9.6	25.4	42.2	72.4	102.6	140.5	187.2	265.1

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C., 2021.

Para mayor detalle de la estimación de la precipitación de diseño, ver el Anexo 3 – Análisis de la precipitación máxima en 24 horas.

6.4 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca. Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida. Como existe una relación inversa entre la duración de una tormenta y su intensidad (a mayor duración disminuye la intensidad), entonces se asume que la duración crítica es igual al tiempo de concentración tc. El tiempo de concentración real depende de muchos factores, entre otros de la geometría en planta de la cuenca (una cuenca alargada tendrá un mayor tiempo de concentración), de su pendiente pues una mayor pendiente produce flujos más veloces y en menor tiempo de concentración, el área, las características del suelo, cobertura vegetal, etc. Las fórmulas más comunes solo incluyen la pendiente, la longitud del cauce mayor desde la divisoria y el área.

El tiempo de concentración, se determinó con la fórmula de Kirpich, la cual se muestra a continuación:

Figura 9 Tiempo de concentración

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

Donde:

t_c = tiempo de concentración, en min.

L = máxima longitud del recorrido, en m.

H= diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce, en m.

A continuación, se presentan los valores calculados del tiempo de concentración para cada una de las cuencas de drenaje que circunscriben el área del proyecto.

Cuadro 21 : Tiempo de concentración

N°	Cuenca	Tiempo de concentración (min)	Tiempo de concentración (h)
1	Quebrada Las Muñecas	51.59	0.86
2	Quebrada Las Muñecas 1	172.77	2.88

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C., 2021.

6.5 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA

La determinación del número de curva ha sido estimada con el uso del Mapa temático de Curva Número (CN) para el Perú, elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Cuadro 22 Determinación de curva número para la modelación

Condición antecedente de humedad	CN		
	Mínimo	Máximo	Promedio
Normal	39.0	55.0	47.0
Seco	21.0	33.0	27.0
Húmedo	43.0	**73.0**	58.0

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2015.

El valor de curva número escogido para el área de estudio fue de CN= 73, en condiciones de antecedente de humedad Tipo III.

VII. CAUDAL DE MÁXIMAS AVENIDAS

7.1 MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

La estimación de los caudales de diseños para diferentes periodos de retorno se ha calculado utilizando el método racional modificado, según la formulación propuesta por Témez (1987, 1991), que permite hacer la estimación de caudales de cuencas con áreas de drenaje menores a 770 km2 y con tiempos de concentración entre 0.25 y 24 horas, considerando la siguiente fórmula (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008):

$$Q = 0.278\, C \times I \times A \times K$$

Donde:

Q : Descarga máxima de diseño (m3/s)
C : Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce I.
I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)
A : Área de la cuenca (Km2)
K : Coeficiente de Uniformidad

Los cuales se calculan considerando las siguientes fórmulas:

Tiempo de concentración Tc:

Fórmula de Kirpich (véase numeral 6.4)

Coeficiente de uniformidad K

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$$

Donde:

Tc : Tiempo de concentración (horas)

Coeficiente de simultaneidad o factor reductor (k_A)

$$K_A = 1 - (\log_{10} A/15)$$

Donde:

A : Área de la cuenca (Km2)

Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (P)

$$P = K_A \times P_d$$

Donde:

K_A : Factor reductor

P_d : Precipitación máxima diaria (mm)

Intensidad de Precipitación (I)

$$I = (\frac{P}{24}) \times (11)^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Donde:

P : Precipitación máxima corregida (mm)

Tc : Tiempo de concentración (horas)

Coeficiente de Escorrentía (C)

$$C = \frac{(P_d - P_o) \times (P_d - 23 \times P_o)}{(P_d + 11 \times P_o)^2}$$

Donde:

Pd : Precipitación máxima diaria (mm)

Po : Umbral de escorrentía = $\left(\frac{5000}{CN}\right) - 50$

CN : Número de curva

Es importante mencionar que la precipitación de diseño escogida es la correspondiente a la precipitación con distribución de probabilidad teórico Log Normal de la estación Chusis.

7.2 Caudales de máximas avenidas para diferentes periodos de retorno

En el siguiente cuadro se presentan los valores estimados de caudales de máximas avenidas para diferentes periodos de retorno. Mayor detalle de la estimación de los caudales se puede ver en el Anexo 5 – Estimación de caudales de máximas avenidas.

Cuadro 23 Caudal de máximas avenidas para diferentes periodos de retorno (m^3/s)

Periodo de Retorno (años)	P diseño	Quebrada Las Muñecas (m^3/s)	Quebrada Las Muñecas 1 (m^3/s)
2	9.6	2.04	2.99
5	25.4	3.20	7.87
10	42.2	16.37	23.97
25	72.4	53.97	79.01
50	102.6	102.88	150.60
100	140.5	173.27	253.64
200	187.2	268.00	392.30
500	265.1	434.75	636.40

Elaboración: Domus Consultoría Ambiental S.A.C., 2021.

VIII. CONCLUSIONES

- La precipitación total mensual registrada en la estación Chusis, presenta valores atípicos en los meses de enero a abril para el periodo de evaluación 1999-2018, siendo marzo el mes con mayor precipitación acumulada durante el año de ocurrencia (2017) del fenómeno del niño costero.
- El test de Mann Kendall, estima que no existe tendencia significativa para los intervalos de confianza del 90%, 95% y 99% del registro de precipitación total anual (199-2018) en la estación Chusis.
- El análisis morfométrico en las cuencas de drenaje (quebrada Las Muñecas y quebrada Las Muñecas 1) que presentan influencia sobre la línea de conducción, determina que estás presentan relieves ligeramente suaves con ondulaciones en las cabeceras.
- En el numeral 7.2 del presente estudio, se muestran los caudales de máximas avenidas para diferentes periodos de retorno, los cuales fueron estimados con referencia a la precipitación de diseño (con mejor ajuste a la distribución teórica Log Normal).

IX. ANEXOS

Anexo 1: Mapas

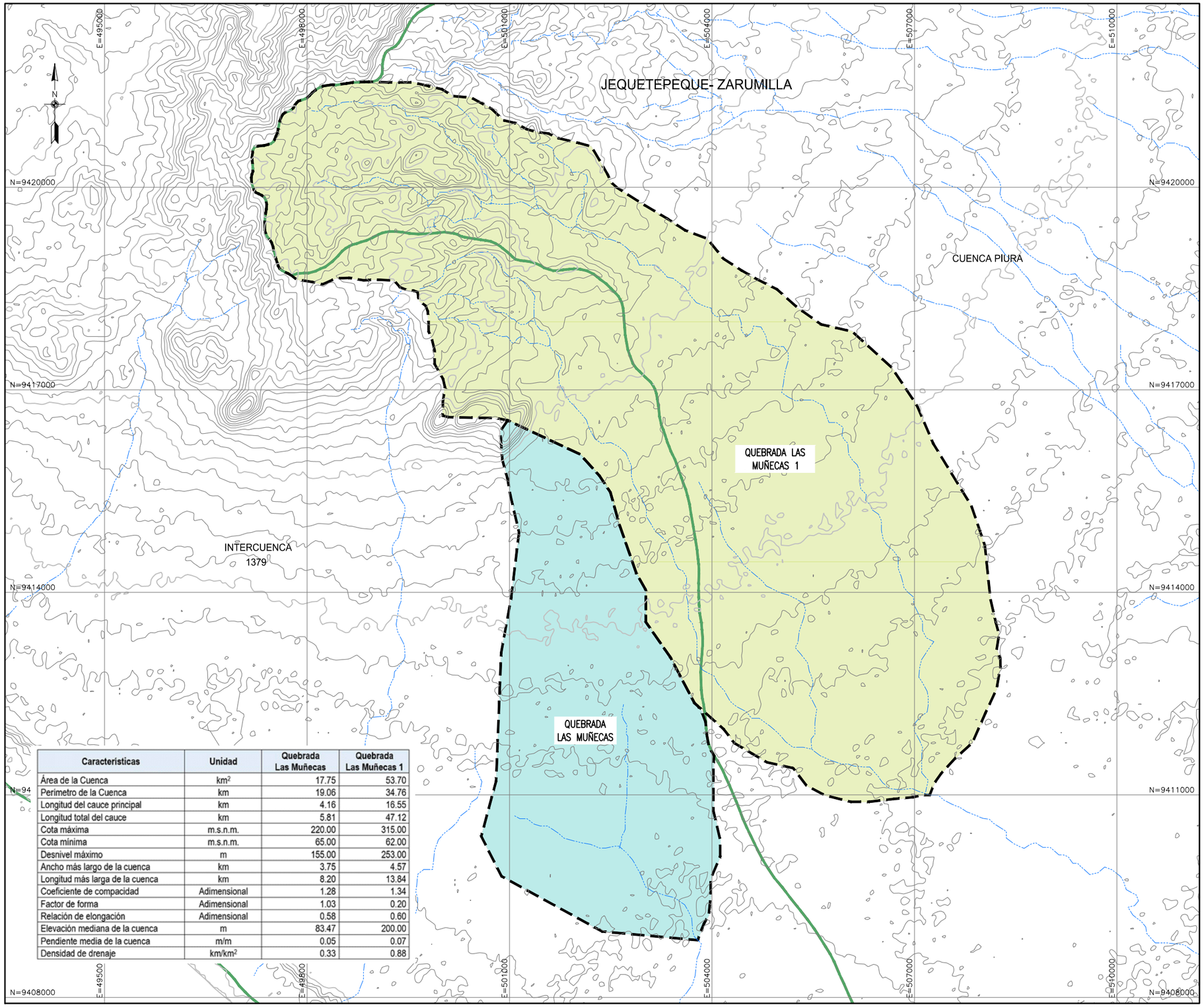
Anexo 2: Información metereológica

Anexo 3: Análisis de la precipitación máxima en 24 horas

Anexo 4: Parámetros morfométricos

Anexo 5: Estimación de los caudales de máximas avenidas

ANEXO 1 – MAPAS



Características	Unidad	Quebrada Las Muñecas	Quebrada Las Muñecas 1
Área de la Cuenca	km²	17.75	53.70
Perímetro de la Cuenca	km	19.06	34.76
Longitud del cauce principal	km	4.16	16.55
Longitud total del cauce	km	5.81	47.12
Cota máxima	m.s.n.m.	220.00	315.00
Cota mínima	m.s.n.m.	65.00	62.00
Desnivel máximo	m	155.00	253.00
Ancho más largo de la cuenca	km	3.75	4.57
Longitud más larga de la cuenca	km	8.20	13.84
Coeficiente de compacidad	Adimensional	1.28	1.34
Factor de forma	Adimensional	1.03	0.20
Relación de elongación	Adimensional	0.58	0.60
Elevación mediana de la cuenca	m	83.47	200.00
Pendiente media de la cuenca	m/m	0.05	0.07
Densidad de drenaje	km/km²	0.33	0.88

PLANTA
1:200 000

UBICACIÓN ADMINISTRATIVA NACIONAL DE LA CUENCA
SIN ESCALA

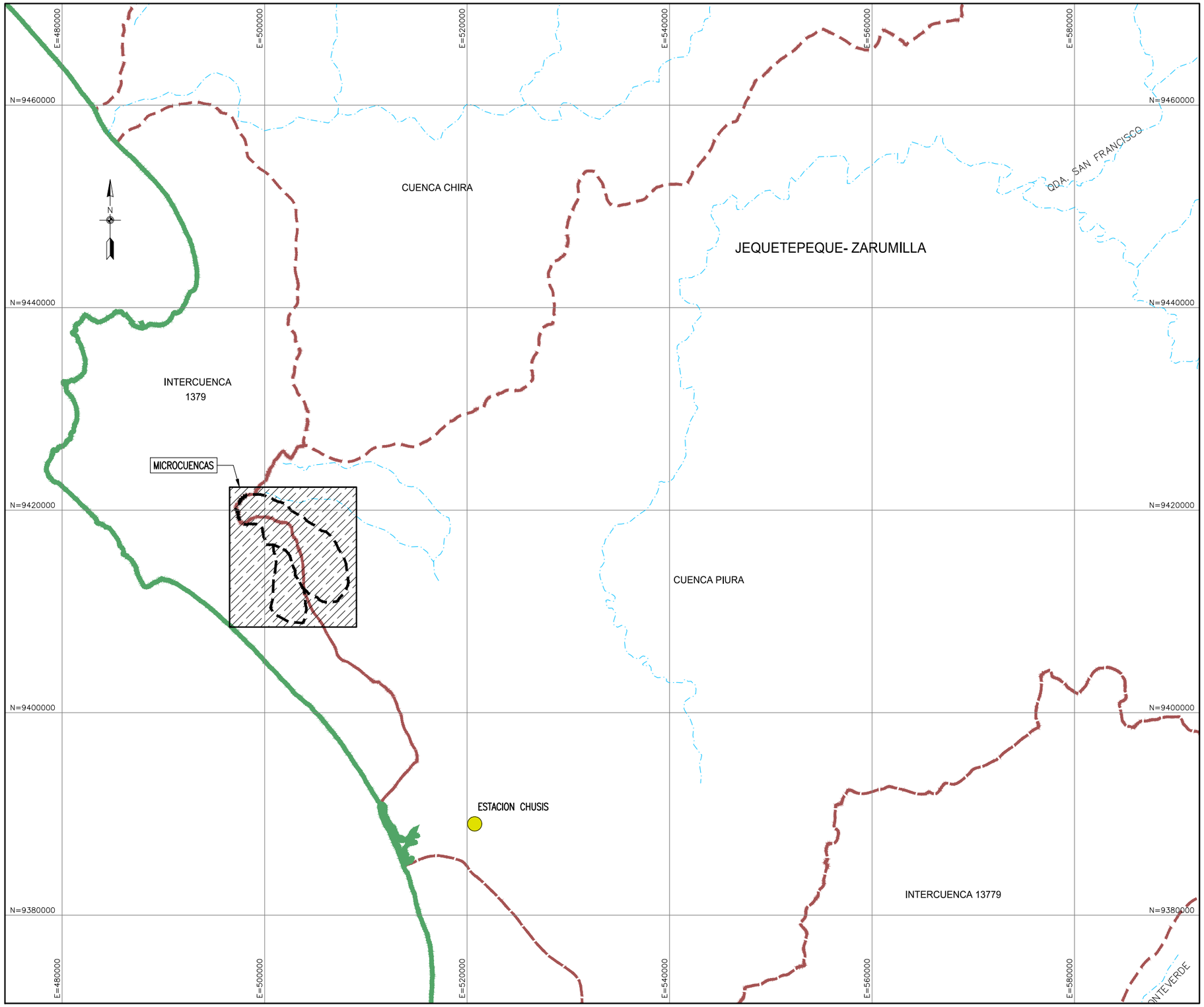
UBICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS
SIN ESCALA

LEYENDA
- LIMITE DEPARTAMENTAL
- LIMITE PROVINCIAL
- RIOS Y QUEBRADAS
- SENTIDO DE FLUJO
- MICROCUENCAS

NOTAS
1. SISTEMA UTM WGS84, ZONA 17 SUR.

NILTON EDGARDO RIVAS MONTES
INGENIERO AGRICOLA
Reg. CIP N° 158974

OLYMPIC PERU INC. SUCURSAL DEL PERU	PLAN DE ABANDONO DE LA LÍNEA MANIFOLD MOCHICA A MANIFOLD LA CASITA, LOTE XIII-B
PLANO:	CUENCAS DE DRENAJE
ESPECIALIDAD: –	ESPECIALISTA : ING. NILTON RIVAS
FECHA: NOVIEMBRE 2021 / ESCALA: INDICADA	DIBUJO: G.B / PLANO N°: PL-03



PLANTA
1:200 000

UBICACIÓN ADMINISTRATIVA NACIONAL DE LA CUENCA
SIN ESCALA

UBICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS
SIN ESCALA

LEYENDA

- LIMITE DEPARTAMENTAL
- LIMITE PROVINCIAL
- RIOS Y QUEBRADAS
- SENTIDO DE FLUJO
- MICROCUENCAS

Estación	Geográfica		Variable	Periodo
	Latitud	Longitud		
Chusis	05° 31'39.23 "S"	80° 48'45.9 "W"	Temperatura media mensual	1999-2018
			Precipitación total mensual	1999-2018
			Precipitación máxima en 24 horas	1999-2018

NOTAS
1. SISTEMA UTM WGS84, ZONA 17 SUR.

NILTON EDGARDO
RIVAS MONTES
INGENIERO AGRICOLA
Reg. CIP N° 158974

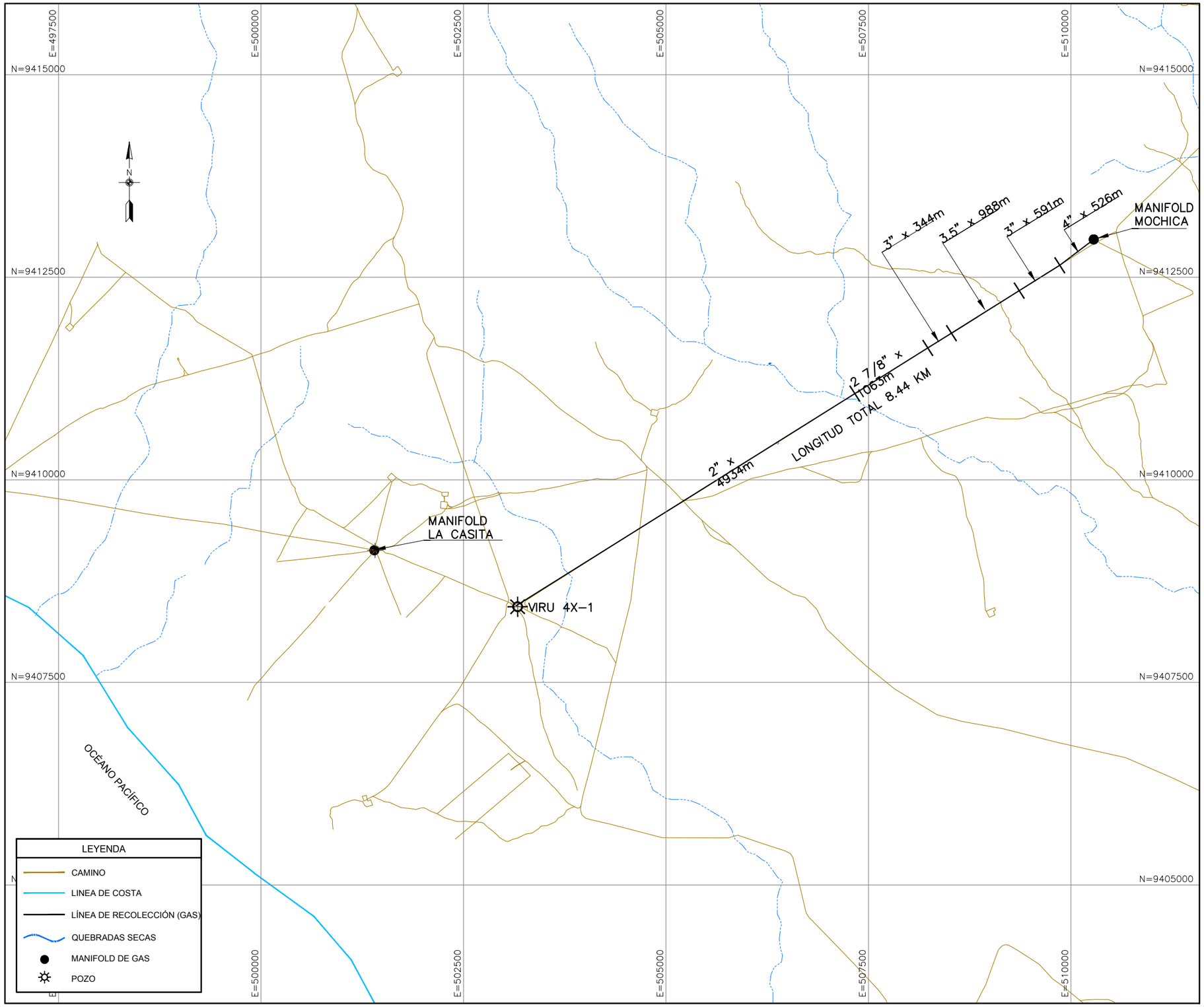
OLYMPIC PERU INC.
SUCURSAL DEL PERU

PLAN DE ABANDONO DE LA LÍNEA
MANIFOLD MOCHICA A MANIFOLD LA CASITA, LOTE XIII-B

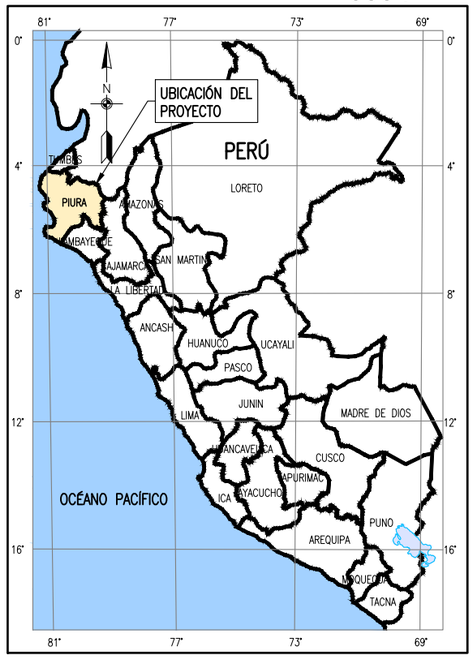
PLANO: **UBICACIÓN ADMINISTRATIVA E HIDROGRAFICA**

ESPECIALIDAD:		ESPECIALISTA :
–		ING. NILTON RIVAS

FECHA:	ESCALA:	DIBUJO:	PLANO N°:
NOVIEMBRE 2021	INDICADA	G.B	PL-02



PLANTA
1:25 000



UBICACIÓN DEPARTAMENTAL
SIN ESCALA

COORDENADAS DE PUNTO DE CONEXIÓN (INICIAL/FINAL)				
DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM WGS 84 (PUNTO INICIAL / PUNTO FINAL)			
	MANIFOLD MOCHICA		MANIFOLD LA CASITA	
	X (ESTE)	Y (NORTE)	X (ESTE)	Y (NORTE)
LÍNEA DE RECOLECCIÓN (DIÁMETROS VARIOS)	510285.00	9412965.00	501390.00	9409128.00

CONDICIONES DE DISEÑO	
LONGITUD, KM	8.446
TRAMOS (DIÁMETRO x METROS)	4" x 526 3" x 591 3.5" x 988 3" x 344 2 7/8" x 1063 2" x 4934
MATERIAL	ACERO AL CARBONO
PRESIÓN DE DISEÑO, psig	1240
TEMPERATURA DE DISEÑO, °F	150

NOTAS
1. SISTEMA UTM WGS84, ZONA 17 SUR.

NILTON EDGARDO
RIVAS MONTES
INGENIERO AGRICOLA
Reg. CIP N° 158974

OLYMPIC PERU INC.
SUCURSAL DEL PERU

PLAN DE ABANDONO DE LA LÍNEA
MANIFOLD MOCHICA A MANIFOLD LA CASITA, LOTE XIII-B

PLANO: **UBICACIÓN**

ESPECIALIDAD:	ESPECIALISTA :
–	ING. NILTON RIVAS

FECHA:	ESCALA:	DIBUJO:	PLANO N°:
NOVIEMBRE 2021	INDICADA	G.B	PL-01

ANEXO 22 – INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

ESTACIÓN: CHUSIS / 000231 / DZ-01

LATITUD: 05° 31'39.23 "S"
LONGITUD: 80° 48'45.9 "W"
ALTITUD: 8 msnm

DEPARTAMENTO: PIURA
PROVINCIA: SECHURA
DISTRITO: SECHURA

PARÁMETRO: PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1999	2.1	35.6	1.8	4.7	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	48.2
2000	S/D	1.9	S/D	4.1	S/D	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	14.9	20.9
2001	S/D	S/D	39.1	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	2.0	41.1
2002	S/D	S/D	S/D	66.9	S/D	S/D	S/D	0.0	0.0	0.8	0.6	0.4	68.7
2003	1.9	8.7	0.3	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.4	15.3
2004	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	S/D	0.0	2.8	4.6
2005	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1
2006	0.0	14.4	29.9	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0	44.7
2007	2.3	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	8.5
2008	0.5	20.6	16.6	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	40.3
2009	S/D	24.9	8.5	1.5	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	5.4	0.0	43.3
2010	0.0	S/D	5.1	10.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.3	16.6
2011	1.2	0.0	0.0	11.2	0.7	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	15.4
2012	3.0	29.6	13.6	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	53.6
2013	0.0	0.5	54.1	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.4
2014	0.0	0.8	1.4	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	2.7	7.3
2015	0.9	S/D	9.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	S/D	S/D	3.5	0.0	14.0
2016	1.2	10.1	4.6	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.7
2017	20.9	24.7	612.6	3.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	662.7
2018	0.0	0.4	0.5	4.5	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	8.0
Promedio	**2.1**	**10.8**	**44.6**	**6.3**	**0.8**	**0.2**	**0.1**	**0.0**	**0.1**	**0.3**	**0.7**	**1.4**	**59.7**
Máximo	**20.9**	**35.6**	**612.6**	**66.9**	**3.0**	**1.0**	**0.8**	**0.0**	**1.0**	**2.0**	**5.4**	**14.9**	**662.7**
Mínimo	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**4.6**

S/D = SIN DATOS

PARÁMETRO: PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP MAX
1999	1.6	13.0	1.0	2.6	2.6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	13.0
2000	S/D	1.2	S/D	3.3	S/D	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	10.7	10.7
2001	S/D	S/D	14.9	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	1.6	14.9
2002	S/D	S/D	S/D	45.1	S/D	S/D	S/D	0.0	0.0	0.5	0.6	0.4	45.1
2003	1.9	7.4	0.3	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.1	7.4
2004	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	S/D	0.0	2.4	2.4
2005	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
2006	0.0	6.2	20.7	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0	20.7
2007	2.3	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	3.0
2008	0.5	13.5	10.6	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	13.5
2009	S/D	10.8	5.4	1.5	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	4.8	0.0	10.8
2010	0.0	S/D	4.6	5.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.3	5.8
2011	1.2	0.0	0.0	5.5	0.5	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	5.5
2012	2.0	17.0	8.7	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	17.0
2013	0.0	0.5	42.8	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.8
2014	0.0	0.5	1.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	2.1	2.1
2015	0.9	S/D	6.9	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	S/D	S/D	3.5	0.0	6.9
2016	0.7	6.0	4.3	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0
2017	13.7	9.3	140.6	3.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	140.6
2018	0.0	0.4	0.5	2.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.3
Promedio	**1.6**	**5.4**	**14.8**	**4.3**	**0.6**	**0.2**	**0.1**	**0.0**	**0.1**	**0.3**	**0.6**	**1.1**	**18.7**
Máximo	**13.7**	**17.0**	**140.6**	**45.1**	**2.6**	**1.0**	**0.8**	**0.0**	**1.0**	**2.0**	**4.8**	**10.7**	**140.6**
Mínimo	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**2.1**

S/D = SIN DATOS

PARÁMETRO: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
1999	24.7	26.3	26.3	24.9	22.5	21.0	19.8	19.8	19.9	20.8	21.6	23.3	22.6
2000	24.8	26.0	25.8	25.3	23.0	21.3	20.1	20.8	20.8	20.9	21.6	23.7	22.8
2001	25.7	27.0	27.2	25.9	22.2	20.7	20.3	19.8	20.0	20.4	21.8	23.5	22.9
2002	25.2	27.2	28.3	26.7	24.8	22.0	20.5	20.4	20.7	22.0	22.8	24.6	23.8
2003	26.1	27.5	27.0	25.2	23.3	21.4	20.7	20.3	20.5	21.2	22.0	24.2	23.3
2004	25.7	27.5	27.1	25.4	22.7	20.7	20.4	19.9	20.8	21.8	22.4	24.4	23.2
2005	26.1	27.0	26.4	25.8	23.0	21.5	20.5	20.3	20.1	20.4	21.1	23.8	23.0
2006	26.0	27.5	26.7	24.8	23.1	21.7	21.4	21.4	21.5	22.0	22.9	24.5	23.6
2007	27.1	27.4	27.2	25.5	22.7	20.5	19.9	19.2	19.6	19.4	21.5	22.5	22.7
2008	26.2	27.1	27.4	25.4	22.9	21.9	21.7	21.6	21.7	21.3	22.0	23.6	23.6
2009	S/D	26.8	26.7	25.6	23.6	22.2	21.6	21.1	21.3	21.5	22.6	24.8	23.4
2010	26.9	S/D	27.4	26.1	23.7	22.2	20.3	20.0	19.8	20.4	21.1	23.7	22.9
2011	25.7	26.8	26.3	25.7	24.5	23.5	21.7	21.0	20.9	21.2	22.9	24.7	23.7
2012	26.8	27.6	27.9	27.2	25.7	24.6	22.7	22.0	22.1	22.4	S/D	24.2	24.8
2013	27.2	27.7	27.1	24.4	23.0	20.7	20.2	20.4	20.8	21.0	21.8	24.6	23.2
2014	27.5	27.2	27.6	26.3	25.7	24.9	22.4	21.7	21.8	22.4	23.1	24.6	24.6
2015	26.4	S/D	S/D	27.7	26.2	25.0	23.7	22.3	S/D	23.8	24.2	26.0	25.0
2016	27.4	28.7	29.0	27.3	25.1	23.3	22.6	22.3	22.6	22.2	22.8	24.9	24.8
2017	27.4	28.7	27.7	26.9	24.8	22.3	20.7	20.7	20.9	21.4	20.9	23.7	23.8
2018	25.2	27.0	26.3	25.8	23.1	20.8	20.6	20.8	21.0	21.1	22.8	24.6	23.3
Promedio	**26.2**	**27.3**	**27.1**	**25.9**	**23.8**	**22.1**	**21.1**	**20.8**	**20.9**	**21.4**	**22.2**	**24.2**	**23.6**
Máximo	**27.5**	**28.7**	**29.0**	**27.7**	**26.2**	**25.0**	**23.7**	**22.3**	**22.6**	**23.8**	**24.2**	**26.0**	**25.0**
Mínimo	**24.7**	**26.0**	**25.8**	**24.4**	**22.2**	**20.5**	**19.8**	**19.2**	**19.6**	**19.4**	**20.9**	**22.5**	**22.6**

S/D = SIN DATOS

ANEXO 3 – ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS

REGISTRO HISTÓRICO PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS
ESTACIÓN CHUSIS

ESTACION: CHUSIS / 000231 / DZ-01

LATITUD: 05° 31'39.23 "S"
LONGITUD: 80° 48'45.9 "W"
ALTITUD: 8 msnm

DEPARTAM PIURA
PROVINCIA SECHURA
DISTRITO: SECHURA

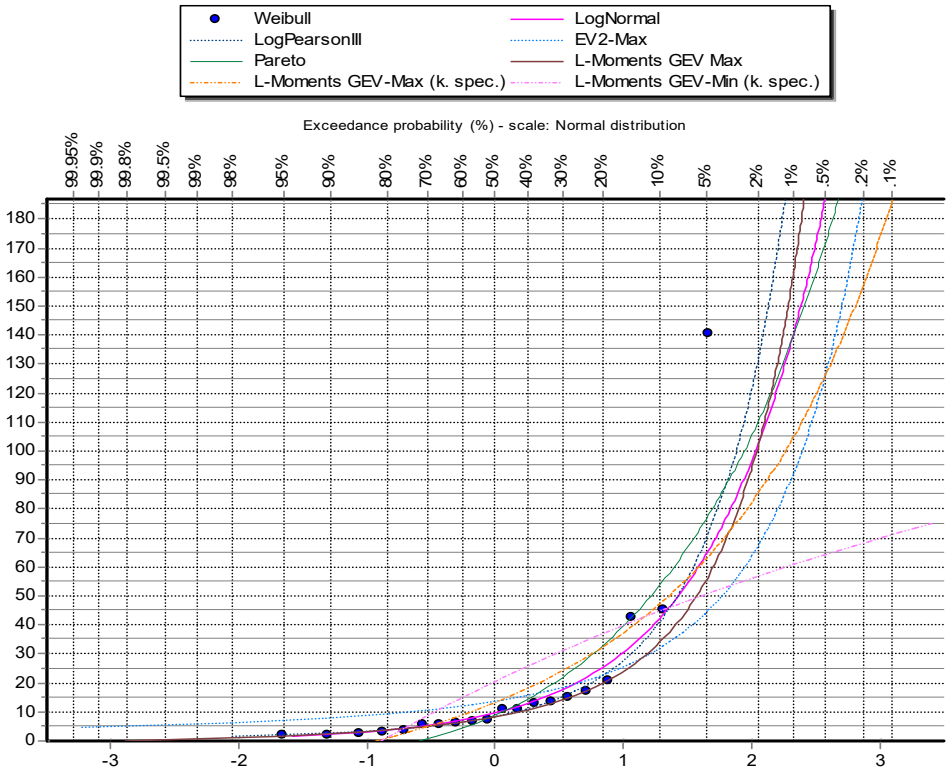
PARÀMETRO: PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)

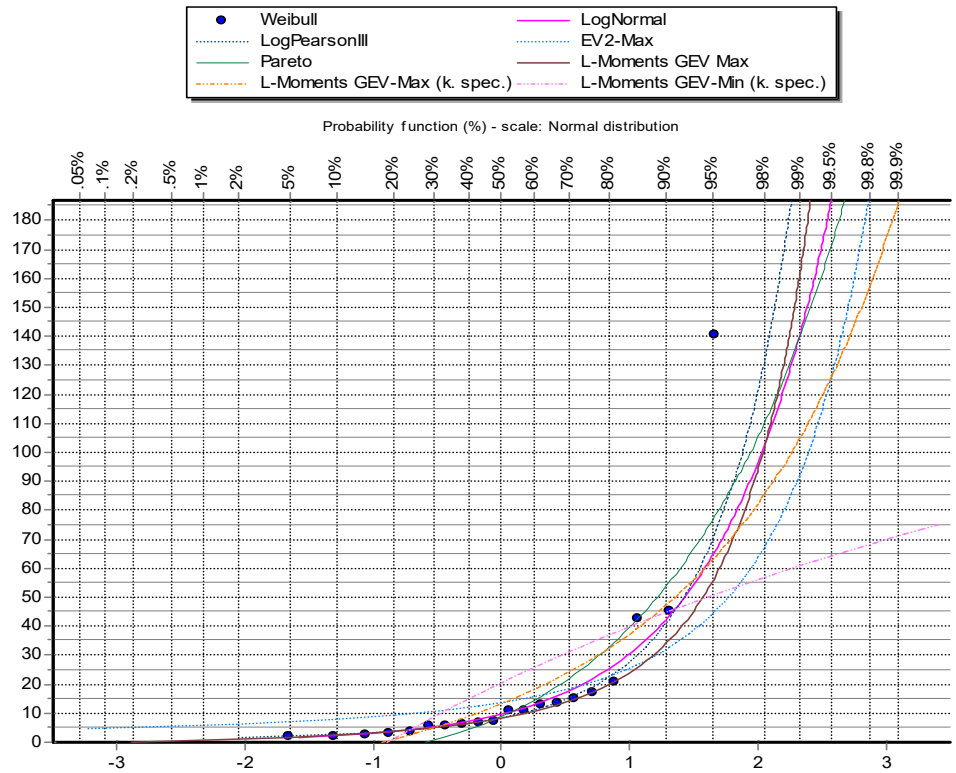
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MÁXIMA	Pp MAX24H CORREGIDA
1999	1.6	13.0	1.0	2.6	2.6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	13.0	14.7
2000	S/D	1.2	S/D	3.3	S/D	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	10.7	10.7	12.1
2001	S/D	S/D	14.9	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	1.6	14.9	16.8
2002	S/D	S/D	S/D	45.1	S/D	S/D	S/D	0.0	0.0	0.5	0.6	0.4	45.1	51.0
2003	1.9	7.4	0.3	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.1	7.4	8.4
2004	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	S/D	0.0	2.4	2.4	2.7
2005	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	4.3
2006	0.0	6.2	20.7	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0	20.7	23.4
2007	2.3	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	3.0	3.4
2008	0.5	13.5	10.6	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	13.5	15.3
2009	S/D	10.8	5.4	1.5	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	4.8	0.0	10.8	12.2
2010	0.0	S/D	4.6	5.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.3	5.8	6.6
2011	1.2	0.0	0.0	5.5	0.5	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	5.5	6.2
2012	2.0	17.0	8.7	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	17.0	19.2
2013	0.0	0.5	42.8	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.8	48.4
2014	0.0	0.5	1.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	2.1	2.1	2.4
2015	0.9	S/D	6.9	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	S/D	S/D	3.5	0.0	6.9	7.8
2016	0.7	6.0	4.3	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	6.8
2017	13.7	9.3	140.6	3.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	140.6	158.9
2018	0.0	0.4	0.5	2.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.3	2.6
MAX	13.7	17.0	140.6	45.1	2.6	1.0	0.8	0.0	1.0	2.0	4.8	10.7	140.6	158.9
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	2.4

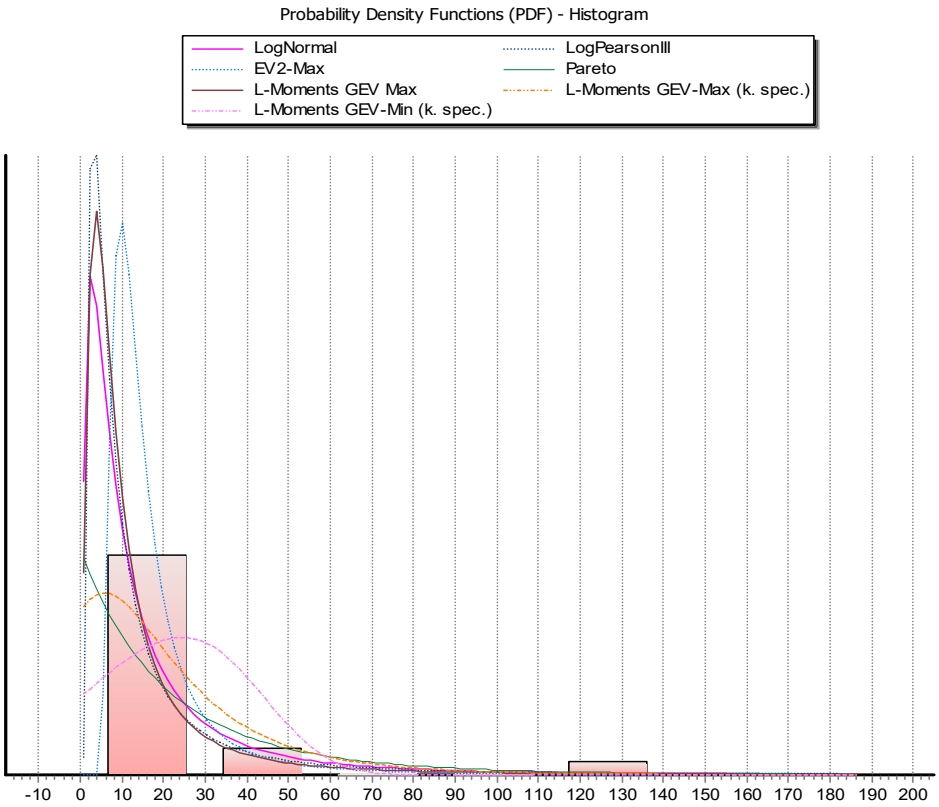
AÑO	PP diseño
1999	14.7
2000	12.1
2001	16.8
2002	51.0
2003	8.4
2004	2.7
2005	4.3
2006	23.4
2007	3.4
2008	15.3
2009	12.2
2010	6.6
2011	6.2
2012	19.2
2013	48.4
2014	2.4
2015	7.8
2016	6.8
2017	158.9
2018	2.6

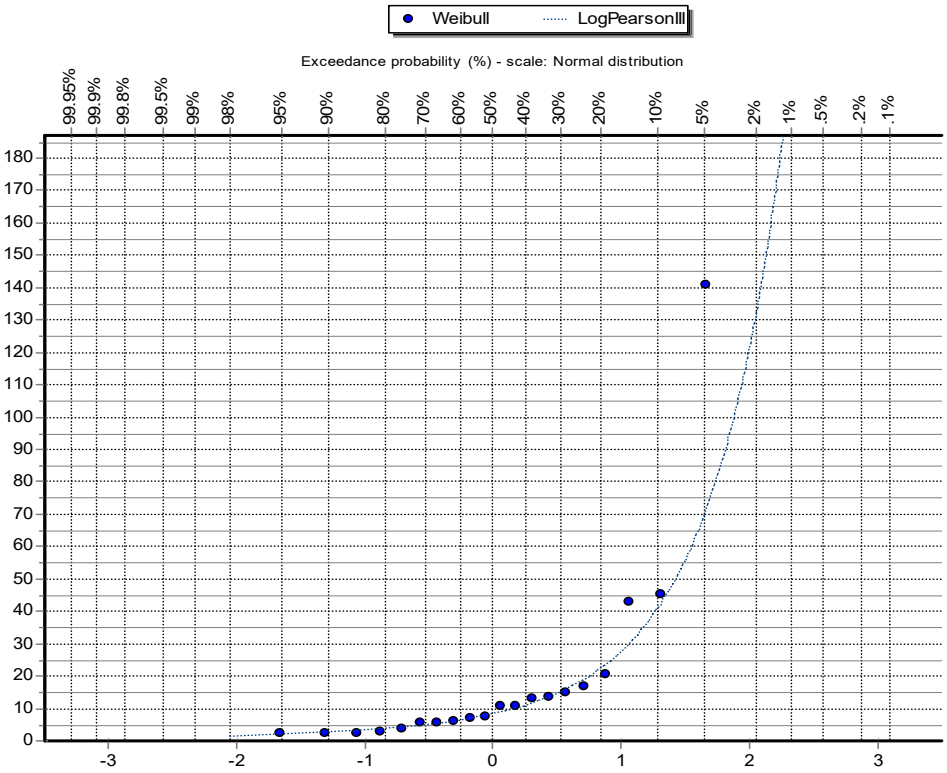
Weibull(Fx)	(X)	LogPearsonIII(Fx)	(X)
0.047619048	2.099999905	0.019775648	1.558316734
0.095238095	2.299999952	0.144522079	3.116633469
0.142857143	2.400000095	0.278048099	4.674950203
0.19047619	3	0.387095655	6.233266937
0.238095238	3.799999952	0.472958845	7.791583672
0.285714286	5.5	0.540934323	9.349900406
0.333333333	5.800000191	0.595532312	10.90821714
0.380952381	6	0.640075462	12.46653387
0.428571429	6.900000095	0.67695139	14.02485061
0.476190476	7.400000095	0.707884372	15.58316734
0.523809524	10.69999981	0.734137056	17.14148408
0.571428571	10.80000019	0.756649179	18.69980081
0.619047619	13	0.776131573	20.25811755
0.666666667	13.5	0.793130229	21.81643428
0.714285714	14.89999962	0.80807051	23.37475101
0.761904762	17	0.821288138	24.93306775
0.80952381	20.70000076	0.833051241	26.49138448
0.857142857	42.79999924	0.843576296	28.04970122
0.904761905	45.09999847	0.853039816	29.60801795
0.952380952	140.6000061	0.861587034	31.16633469
		0.869338445	32.72465142
		0.876394786	34.28296815
		0.882840875	35.84128489
		0.888748588	37.39960162
		0.894179209	38.95791836
		0.899185284	40.51623509
		0.903812102	42.07455183
		0.90809889	43.63286856
		0.912079781	45.1911853
		0.915784601	46.74950203
		0.919239523	48.30781876
		0.922467594	49.8661355
		0.92548919	51.42445223
		0.928322379	52.98276897
		0.930983238	54.5410857
		0.933486117	56.09940244
		0.935843855	57.65771917
		0.93806798	59.2160359
		0.940168861	60.77435264
		0.942155852	62.33266937
		0.944037412	63.89098611
		0.945821206	65.44930284
		0.947514195	67.00761958
		0.949122712	68.56593631
		0.950652536	70.12425304
		0.952108941	71.68256978
		0.953496759	73.24088651
		0.954820417	74.79920325
		0.956083981	76.35751998
		0.957291191	77.91583672
		0.958445494	79.47415345
		0.959550068	81.03247018
		0.960607851	82.59078692
		0.96162156	84.14910365
		0.962593714	85.70742039
		0.963526648	87.26573712
		0.964422532	88.82405386
		0.965283383	90.38237059
		0.96611108	91.94068732
		0.966907374	93.49900406
		0.967673899	95.05732079
		0.96841218	96.61563753
		0.969123645	98.17395426
		0.969809629	99.732271
		0.970471383	101.2905877
		0.971110082	102.8489045
		0.971726826	104.4072212
		0.97232265	105.9655379
		0.972898527	107.5238547

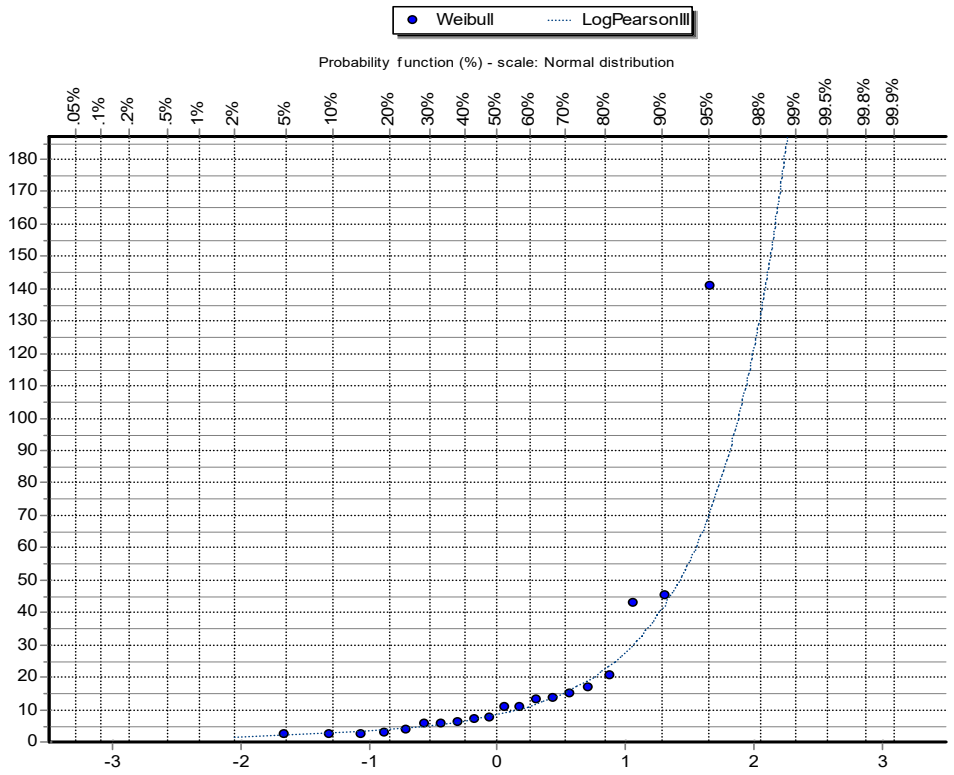
0.973455372	109.0821714
0.973994049	110.6404881
0.97451537	112.1988049
0.975020101	113.7571216
0.975508966	115.3154383
0.975982649	116.8737551
0.976441796	118.4320718
0.976887019	119.9903885
0.977318897	121.5487053
0.977737978	123.107022
0.978144781	124.6653387
0.9785398	126.2236555
0.978923503	127.7819722
0.979296334	129.3402889
0.979658715	130.8986057
0.980011047	132.4569224
0.980353713	134.0152392
0.980687076	135.5735559
0.981011482	137.1318726
0.98132726	138.6901894
0.981634726	140.2485061
0.981934179	141.8068228
0.982225905	143.3651396
0.982510178	144.9234563
0.982787257	146.481773
0.983057393	148.0400898
0.983320825	149.5984065
0.983577779	151.1567232
0.983828474	152.71504
0.984073119	154.2733567
0.984311915	155.8316734
0.984545051	157.3899902
0.984772714	158.9483069
0.984995077	160.5066236
0.98521231	162.0649404
0.985424576	163.6232571
0.98563203	165.1815738
0.985834821	166.7398906
0.986033092	168.2982073
0.986226983	169.856524
0.986416624	171.4148408
0.986602145	172.9731575
0.986783666	174.5314742
0.986961307	176.089791
0.987135181	177.6481077
0.987305397	179.2064244
0.987472061	180.7647412
0.987635274	182.3230579
0.987795134	183.8813746
0.987951735	185.4396914
0.988105168	186.9980081

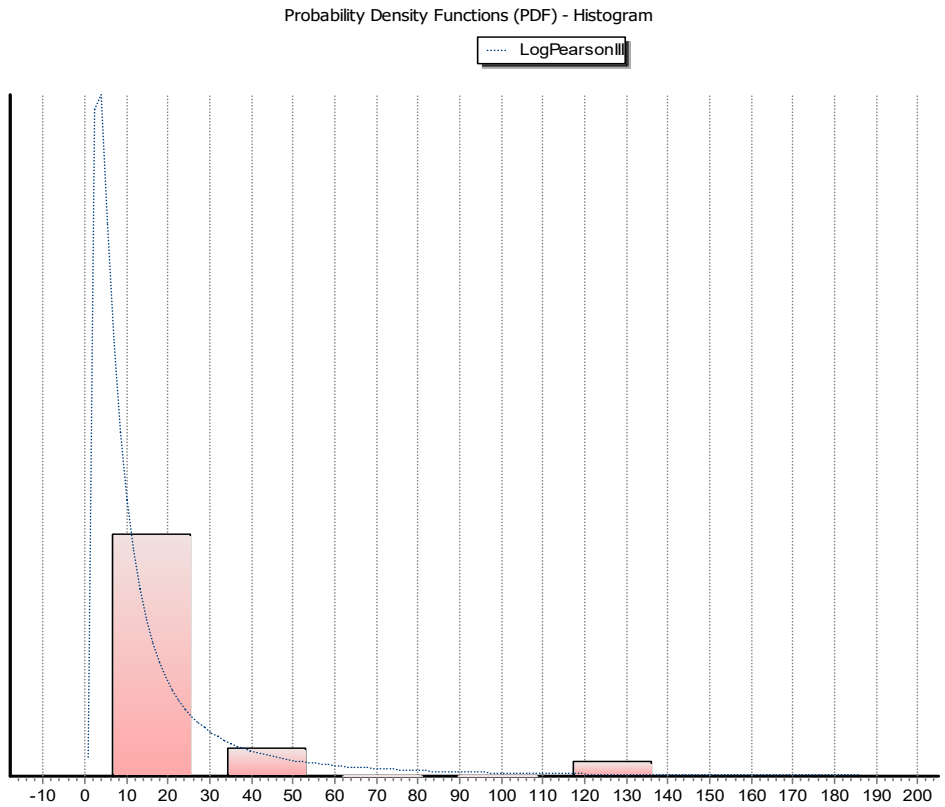

Weibull
LogNormal
LogPearsonIII
EV2-Max
Pareto
L-Moments GEV Max
L-Moments GEV-Max (k. spec.)
L-Moments GEV-Min (k. spec.)
Exceedance probability (%) - scale: Normal distribution
99.95% 99.9% 99.8% 99.5% 99% 98% 95% 90% 80% 70% 60% 50% 40% 30% 20% 10% 5% 2% 1% .5% .2% .1%
180 170 160 150 140 130 120 110 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0
-3 -2 -1 0 1 2 3


Weibull
LogNormal
LogPearsonIII
EV2-Max
Pareto
L-Moments GEV Max
L-Moments GEV-Max (k. spec.)
L-Moments GEV-Min (k. spec.)
Probability function (%) - scale: Normal distribution
.05% .1% .2% .5% 1% 2% 5% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 95% 98% 99% 99.5% 99.8% 99.9%
180 170 160 150 140 130 120 110 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0
-3 -2 -1 0 1 2 3


Probability Density Functions (PDF) - Histogram
LogNormal
LogPearsonIII
EV2-Max
Pareto
L-Moments GEV Max
L-Moments GEV-Max (k. spec.)
L-Moments GEV-Min (k. spec.)
-10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200

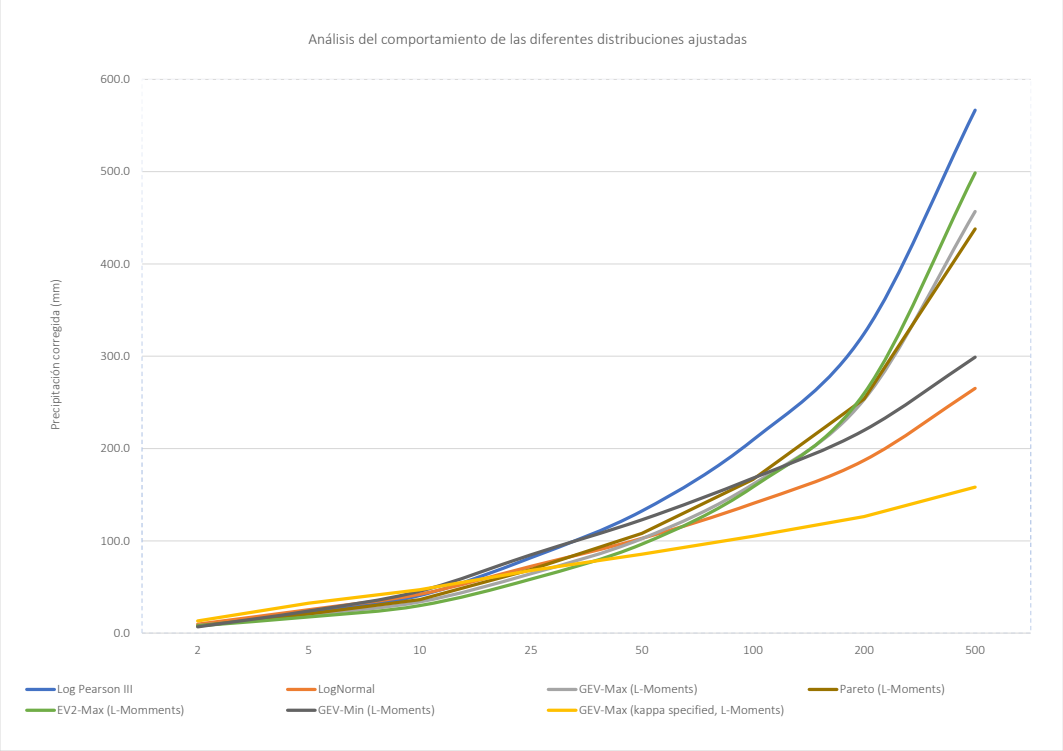

Weibull
LogPearsonIII
Exceedance probability (%) - scale: Normal distribution
99.95% 99.9% 99.8% 99.5% 99% 98% 95% 90% 80% 70% 60% 50% 40% 30% 20% 10% 5% 2% 1% .5% .2% .1%
180 170 160 150 140 130 120 110 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0
-3 -2 -1 0 1 2 3


Weibull
LogPearsonIII
Probability function (%) - scale: Normal distribution
.05%
.1%
.2%
.5%
1%
2%
5%
10%
20%
30%
40%
50%
60%
70%
80%
90%
95%
98%
99%
99.5%
99.8%
99.9%
180
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-3
-2
-1
0
1
2
3

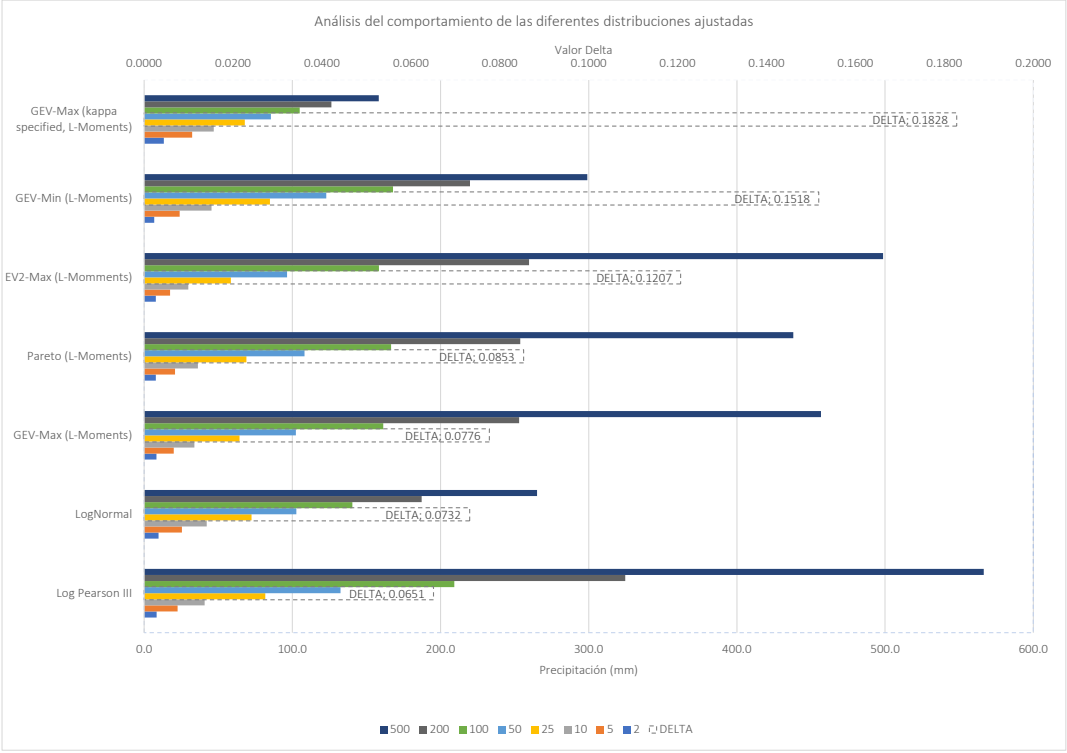

Probability Density Functions (PDF) - Histogram
LogPearsonIII
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	5.80%	0.28409
Normal (L-Moments)	ACCEPT	REJECT	REJECT	4.53%	0.29426
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.83%	0.07321
Galton	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	7.79%	0.27144
Exponential	ACCEPT	REJECT	REJECT	2.06%	0.32486
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	25.33%	0.21375
Gamma	ACCEPT	REJECT	REJECT	3.82%	0.3011
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	9.04%	0.26484
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.97%	0.06507
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	6.27%	0.28081
EV2-Max	REJECT	REJECT	REJECT	0.17%	0.40726
EV1-Min (Gumbel)	REJECT	REJECT	REJECT	0.89%	0.35455
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	21.28%	0.22318
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	9.49%	0.26264
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	5.55%	0.28591
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	5.05%	0.28989
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.64%	0.07764
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	64.63%	0.15176
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	20.90%	0.22415
EV2-Max (L-Momments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.48%	0.12066
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	REJECT	REJECT	REJECT	0.68%	0.3635
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	39.97%	0.18671
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.99%	0.08532
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	7.37%	0.27385
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	REJECT	REJECT	2.55%	0.31684
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	42.46%	0.18279
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	REJECT	REJECT	2.00%	0.32592

DISTRIBUCIÓN	PERIODO DE RETORNO								DELTA
	2	5	10	25	50	100	200	500	
Normal	18.7	44.9	58.6	73.2	82.6	91.1	98.9	108.3	0.2841
Normal (L-Moments)	18.7	36.5	45.8	55.7	62.1	67.9	73.1	79.5	0.2943
LogNormal	9.6	25.4	42.2	72.4	102.6	140.5	187.2	265.1	0.0732
Galton	9.8	33.1	52.9	83.0	109.2	138.7	171.8	221.6	0.2714
Exponential	9.2	37.7	59.2	87.8	109.3	130.9	152.4	181.0	0.3249
Exponential (L-Moments)	11.4	33.2	49.8	71.6	88.1	104.6	121.2	143.0	0.2138
Gamma	6.0	29.8	53.8	89.5	118.4	148.4	179.2	220.8	0.3011
Pearson III	5.9	28.6	52.7	89.3	119.2	150.3	182.4	226.0	0.2648
Log Pearson III	8.4	22.5	40.8	81.7	132.4	209.3	324.6	566.6	0.0651
EV1-Max (Gumbel)	13.6	41.1	59.3	82.3	99.4	116.3	133.2	155.5	0.2808
EV2-Max	13.6	22.7	31.9	49.0	67.3	92.3	126.4	191.3	0.4073
EV1-Min (Gumbel)	23.8	44.3	53.0	61.1	65.8	69.8	73.2	77.1	0.3546
EV3-Min (Weibull)	7.3	28.1	49.7	84.7	115.6	149.8	187.3	241.5	0.2232
GEV-Max	11.2	34.5	53.1	81.0	105.3	133.1	164.9	214.2	0.2626
GEV-Min	7.4	30.5	52.7	86.7	115.4	146.5	179.6	226.4	0.2859
Pareto	8.8	32.9	53.5	84.2	110.4	139.5	171.9	220.2	0.2899
GEV-Max (L-Moments)	8.3	20.0	33.9	64.3	102.3	161.3	253.0	456.8	0.0776
GEV-Min (L-Moments)	6.8	23.9	45.4	84.9	122.9	167.9	219.8	299.0	0.1518
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	15.1	34.6	47.5	63.8	75.9	87.9	99.8	115.6	0.2242
EV2-Max (L-Momments)	7.8	17.5	29.8	58.5	96.4	158.4	259.7	498.6	0.1207
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	22.3	36.8	43.0	48.7	52.1	54.9	57.3	60.1	0.3635
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	8.5	29.0	48.9	79.8	106.1	134.7	165.3	208.7	0.1867
Pareto (L-Moments)	7.9	20.8	36.3	69.0	108.1	166.6	253.7	438.0	0.0853
GEV-Max (kappa specified)	11.6	36.4	55.3	82.4	105.2	130.2	158.0	199.3	0.2739
GEV-Min (kappa specified)	21.3	45.5	56.7	67.8	74.5	80.2	85.3	91.2	0.3168
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	13.2	32.4	47.0	67.9	85.5	104.9	126.3	158.3	0.1828
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	20.5	36.9	44.6	52.2	56.7	60.7	64.1	68.2	0.3259



DISTRIBUCIÓN	PERIODO DE RETORNO								DELTA
	2	5	10	25	50	100	200	500	
Log Pearson III	8.4	22.5	40.8	81.7	132.4	209.3	324.6	566.6	0.0651
LogNormal	9.6	25.4	42.2	72.4	102.6	140.5	187.2	265.1	0.0732
GEV-Max (L-Moments)	8.3	20.0	33.9	64.3	102.3	161.3	253.0	456.8	0.0776
Pareto (L-Moments)	7.9	20.8	36.3	69.0	108.1	166.6	253.7	438.0	0.0853
EV2-Max (L-Momments)	7.8	17.5	29.8	58.5	96.4	158.4	259.7	498.6	0.1207
GEV-Min (L-Moments)	6.8	23.9	45.4	84.9	122.9	167.9	219.8	299.0	0.1518
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	13.2	32.4	47.0	67.9	85.5	104.9	126.3	158.3	0.1828



ANEXO 4 – PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

QUEBRADA LAS MUÑECAS

1. PARÁMETROS DE FORMA

$$Cc = \frac{P}{Pc} = 0.282\frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$Re = \frac{D}{Lc} = 1.1284\frac{\sqrt{A}}{Lc}$$

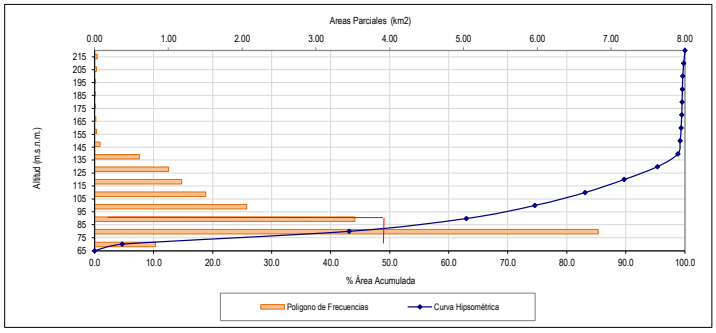
$$FF = \frac{B}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Microcuenca PTO-1	Valor	
Perímetro (P)	19056.55	m
Área (A)	17754309.08	m^2
	17.75	km^2
Longitud de la cuenca (Lc)	8197.07	m
Longitud del cauce principal (L)	4117.46	m

Coeficiente de compacidad (Cc)	1.28
Relación de elongación (Re)	0.58
Factor de forma (FF)	1.05

2. CURVA HIPSOMÉTRICA

Intervalo entre curvas de nivel		Altura (m.s.n.m.)	Áreas Parciales (m^2)	Áreas Parciales (km^2)	Área Acumulada (m^2)	Área Acumulada (km^2)	% Área parciales	% Área Acumulada
		65		0				0
65.00	70.00	70.00	825283.55	0.83	825283.55	0.83	4.65	4.65
71.00	80.00	80.00	6828464.25	6.83	7653747.81	7.65	38.45	43.10
81.00	90.00	90.00	3530169.32	3.53	11183917.13	11.18	19.88	62.98
91.00	100.00	100.00	2060369.60	2.06	13244286.73	13.24	11.60	74.58
101.00	110.00	110.00	1504817.49	1.50	14749104.22	14.75	8.47	83.06
111.00	120.00	120.00	1180193.34	1.18	15929297.55	15.93	6.65	89.70
121.00	130.00	130.00	1003211.66	1.00	16932509.21	16.93	5.65	95.35
131.00	140.00	140.00	610444.83	0.61	17542954.04	17.54	3.44	98.79
141.00	150.00	150.00	72874.81	0.07	17615828.85	17.62	0.41	99.20
151.00	160.00	160.00	25553.50	0.03	17641382.36	17.64	0.14	99.34
161.00	170.00	170.00	17035.67	0.02	17658418.02	17.66	0.10	99.44
171.00	180.00	180.00	14196.39	0.01	17672614.42	17.67	0.08	99.52
181.00	190.00	190.00	8517.83	0.01	17681132.25	17.68	0.05	99.57
191.00	200.00	200.00	13249.97	0.01	17694382.22	17.69	0.07	99.64
201.00	210.00	210.00	28392.78	0.03	17722775.00	17.72	0.16	99.80
211.00	220.00	220.00	35017.77	0.04	17757792.76	17.76	0.20	100.00
Área Total (km^2)			17.8					
Altura media de la cuenca (m.s.n.m.)								83.47



3. PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA

Altura (m.s.n.m.)	Longitud (m)
70	17490.2
75	41517.6
80	20813.8
85	19499.64784
90	11594.5
95	8866.1
100	8095.4
105	8104.5
110	6152.0
115	5766.3
120	5628.7
125	6370.6
130	3712.3
135	3885.6
140	1282.5
145	697.5
150	626.0
155	577.5
160	546.4
165	527.5
170	513.1
175	499.9
180	487.4
185	474.5
190	467.9
195	460.7
200	520.3
205	617.0
210	592.6
215	281.4
Sumatoria	**176669.4**

Según el criterio de Alvord:

$$\text{Pendiente} = \frac{\text{Sumatoria de las longitudes x Desnivel constante}}{\text{Área total de la cuenca}}$$

Desnivel Constante	5.0 m
Área total de la Cuenca	17754309.1 m^2
Pendiente	0.05 m/m

4. RESUMEN DE PARÁMETROS

Características	Unidad	Cantidad
Área de la Cuenca	km^2	17.75
Perímetro de la Cuenca	km	19.06
Longitud del cauce principal	km	4.12
Longitud total del cauce	km	5.81
Cota máxima	m.s.n.m.	220.00
Cota mínima	m.s.n.m.	65.00
Desnivel máximo	m	155.00
Ancho más largo de la cuenca	km	3.75
Longitud más larga de la cuenca	km	8.20
Parámetro	**Unidad**	**Cantidad**
Coeficiente de compacidad	Adimensional	1.28
Factor de forma	Adimensional	1.05
Relación de elongación	Adimensional	0.58
Elevación mediana de la cuenca	m	83.47
Pendiente media de la cuenca	m/m	0.05
Densidad de drenaje	km/km^2	0.33

QUEBRADA LAS MUNECAS 1

1. PARÁMETROS DE FORMA

$$Cc = \frac{P}{Pc} = 0.282\frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$Re = \frac{D}{Lc} = 1.1284\frac{\sqrt{A}}{Lc}$$

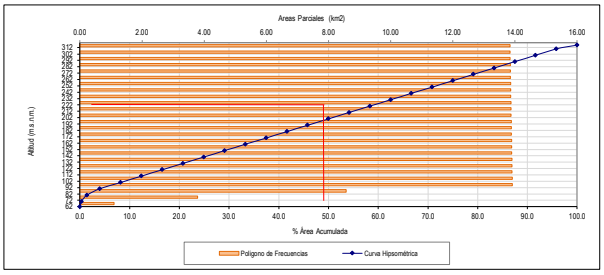
$$FF = \frac{B}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Microcuenca PTO-2	Valor	
Perímetro (P)	34757.37	m
Área (A)	53699042.47	m^2
	53.70	km^2
Longitud de la cuenca (Lc)	13842.90	m
Longitud del cauce principal (L)	16547.83	m

Coeficiente de compacidad (Cc)	1.34
Relación de elongación (Re)	0.60
Factor de forma (FF)	0.20

2. CURVA HIPSOMÉTRICA

Intervalo entre curvas de nivel		Altura (m.s.n.m.)	Áreas Parciales (m^2)	Áreas Parciales (km^2)	Área Acumulada (m^2)	Área Acumulada (km^2)	% Área parciales	% Área Acumulada
		62		0				0
62.00	70.00	70.00	1099843.75	1.10	1099843.75	1.10	0.33	0.33
71.00	80.00	80.00	3786875.00	3.79	4886718.75	4.89	1.14	1.47
81.00	90.00	90.00	8567968.75	8.57	13454687.50	13.45	2.58	4.05
91.00	100.00	100.00	13912031.25	13.91	27366718.75	27.37	4.18	8.23
101.00	110.00	110.00	13908750.00	13.91	41275468.75	41.28	4.18	12.41
111.00	120.00	120.00	13905468.75	13.91	55180937.50	55.18	4.18	16.59
121.00	130.00	130.00	13902187.50	13.90	69083125.00	69.08	4.18	20.77
131.00	140.00	140.00	13898906.25	13.90	82982031.25	82.98	4.18	24.95
141.00	150.00	150.00	13895625.00	13.90	96877656.25	96.88	4.18	29.13
151.00	160.00	160.00	13892343.75	13.89	110770000.00	110.77	4.18	33.30
161.00	170.00	170.00	13889062.50	13.89	124659062.50	124.66	4.18	37.48
171.00	180.00	180.00	13885781.25	13.89	138544843.75	138.54	4.17	41.65
181.00	190.00	190.00	13882500.00	13.88	152427343.75	152.43	4.17	45.83
191.00	200.00	200.00	13879218.75	13.88	166306562.50	166.31	4.17	50.00
201.00	210.00	210.00	13875937.50	13.88	180182500.00	180.18	4.17	54.17
211.00	220.00	220.00	13872656.25	13.87	194055156.25	194.06	4.17	58.34
221.00	230.00	230.00	13869375.00	13.87	207924531.25	207.92	4.17	62.51
231.00	240.00	240.00	13866093.75	13.87	221790625.00	221.79	4.17	66.68
241.00	250.00	250.00	13862812.50	13.86	235653437.50	235.65	4.17	70.85
251.00	260.00	260.00	13859531.25	13.86	249512968.75	249.51	4.17	75.02
261.00	270.00	270.00	13856250.00	13.86	263369218.75	263.37	4.17	79.18
271.00	280.00	280.00	13852968.75	13.85	277222187.50	277.22	4.17	83.35
281.00	290.00	290.00	13849687.50	13.85	291071875.00	291.07	4.16	87.51
291.00	300.00	300.00	13846406.25	13.85	304918281.25	304.92	4.16	91.68
301.00	310.00	310.00	13843125.00	13.84	318761406.25	318.76	4.16	95.84
311.00	316.00	316.00	13839843.75	13.84	332601250.00	332.60	4.16	100.00
Área Total (km^2)			332.6					
Altura media de la cuenca (m.s.n.m.)								200.00



3. PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA

Altura (m.s.n.m.)	Longitud (m)
65	1032.1
70	24399.0
75	25297.0
80	22721.48962
85	21666.2
90	17404.4
95	19740.6
100	22969.5
105	18444.8
110	19346.4
115	13487.2
120	16707.5
125	10880.5
130	10252.6
135	12802.6
140	13454.9
145	12573.0
150	10951.0
155	9810.2
160	10322.9
165	13463.1
170	10879.2
175	12227.9
180	13383.1
185	16215.4
190	16582.4
195	16367.4
200	17162.0
205	14435.0
210	15303.3
215	16466.4
220	17389.0
225	19199.1
230	20815.5
235	23061.5
240	22689.9
245	22501.7
250	20683.3
255	17943.9
260	16320.8
265	15788.6
270	15031.4
275	13740.5
280	11120.2
285	8356.9
290	6772.1
295	5658.7
300	5018.3
305	2816.2
310	1025.2
315	132.2
Sumatoria	**742814.5**

Según el criterio de Alvord:

Pendiente =	Sumatoria de las longitudes x Desnivel constante / Área total de la cuenca
Desnivel Constante	5.0 m
Área total de la Cuenca	53699042.5 m^2
Pendiente	0.07 m/m

4. RESUMEN DE PARÁMETROS

Características	Unidad	Cantidad
Área de la Cuenca	km^2	53.70
Perímetro de la Cuenca	km	34.76
Longitud del cauce principal	km	16.55
Longitud total del cauce	km	47.12
Cota máxima	m.s.n.m.	315.00
Cota mínima	m.s.n.m.	62.00
Desnivel máximo	m	253.00
Ancho más largo de la cuenca	km	4.57
Longitud más larga de la cuenca	km	13.84
Parámetro	**Unidad**	**Cantidad**
Coeficiente de compacidad	Adimensional	1.34
Factor de forma	Adimensional	0.20
Relación de elongación	Adimensional	0.60
Elevación mediana de la cuenca	m	200.00
Pendiente media de la cuenca	m/m	0.07
Densidad de drenaje	km/km^2	0.88

ANEXO 5 – CAUDALES DE MÁXIMAS AVENIDAS

METODO RACIONAL MODIFICADO - LAS MUÑECAS

DATOS:

Longitud del cauce:	4.12	Km
Pendiente:	0.050	m/m
Área:	17.75	Km^2
Tc:	0.86	horas
K (coeficiente de uniformidad)	1.06	
K_A (Factor reductor)	0.81	
CN	73.00	
Po (Umbral de escorrentía)	18.49	

CAUDALES PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO:

Periodo de Retorno (años)	Pdiseño (mm)	Pdiseño corregida (mm)	I (mm/hora)	C	Q (m3/seg)
2	9.6	7.8	3.9	0.1	2.04
5	25.4	20.5	10.3	0.1	3.20
10	42.2	34.1	17.1	0.2	16.37
25	72.4	58.5	29.4	0.4	53.97
50	102.6	82.9	41.6	0.5	102.88
100	140.5	113.5	57.0	0.6	173.27
200	187.2	151.3	75.9	0.7	268.00
500	265.1	214.3	107.6	0.8	434.75

METODO RACIONAL MODIFICADO - LAS MUÑECAS 1

DATOS:

Longitud del cauce:	16.55	Km
Pendiente:	0.069	m/m
Área:	53.70	Km^2
Tc:	2.88	horas
K (coeficiente de uniformidad)	1.21	
K_A (Factor reductor)	0.73	
CN	73.00	
Po (Umbral de escorrentía)	18.49	

CAUDALES PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO:

Periodo de Retorno (años)	Pdiseño (mm)	Pdiseño corregida (mm)	I (mm/hora)	C	Q (m3/seg)
2	9.6	7.1	1.7	0.1	2.99
5	25.4	18.7	4.4	0.1	7.87
10	42.2	31.0	7.2	0.2	23.97
25	72.4	53.2	12.4	0.4	79.01
50	102.6	75.4	17.6	0.5	150.60
100	140.5	103.2	24.0	0.6	253.64
200	187.2	137.5	32.0	0.7	392.30
500	265.1	194.7	45.4	0.8	636.40