

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**“ANÁLISIS HIDROLÓGICO Y PROPUESTA DE SISTEMA DE DRENAJE
PLUVIAL MEDIANTE OBRAS DE ARTE EN LA CUENCA ALTA Y BAJA
DEL CENTRO POBLADO DE SAMNE, LA LIBERTAD 2021”**

Área de Investigación:
Ingeniería Hidráulica

Autor(es):
BR. JARA CARRANZA ITALO PARIS
BR. VELA CHAPPA MANUELA ROSARIO

Jurado Evaluador:

Presidente: Dr. Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan

Secretario: Ing. García Rivera, Juan Pablo

Vocal: Ing. Galicia Guarniz, William

Asesor:
Dr. Narváez Aranda, Ricardo Andrés

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0505-3163>

**TRUJILLO – PERÚ
2021**

Fecha de sustentación: 2021/06/21

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**“ANÁLISIS HIDROLÓGICO Y PROPUESTA DE SISTEMA DE DRENAJE
PLUVIAL MEDIANTE OBRAS DE ARTE EN LA CUENCA ALTA Y BAJA
DEL CENTRO POBLADO DE SAMNE, LA LIBERTAD 2021”**

Área de Investigación:
Ingeniería Hidráulica

Autor(es):
BR. JARA CARRANZA ITALO PARIS
BR. VELA CHAPPA MANUELA ROSARIO

Jurado Evaluador:

Presidente: Doc. Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan

Secretario: Ing. García Rivera, Juan Pablo

Vocal: Ing. Galicia Guarniz, William

Asesor:
Doc. Narváez Aranda, Ricardo Andrés

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0505-3163>

**TRUJILLO – PERÚ
2021**

Fecha de sustentación: 2021/06/21

DEDICATORIA

Primero a Dios por llegar a mi vida y a la vida de mi familia, por ser Jehová, y además la fuente de mi sabiduría y quien me ha guiado y seguirá guiando por este largo camino profesional, cumpliendo en todas mis mentas y anhelados de mi corazón.

A mis amados padres Carmen Carranza y Pedro Jara por su amor, paciencia, apoyo incondicional y su sacrificio por verme hecho un profesional, a mi abuela Delfina, a mis amados hermanos Anghelo, Antonella y en especial a Robert quien me motivo a seguir estudiando ante los problemas y confió en mi capacidad.

A toda mi familia y en especial mi tío Freddy por sus consejos y por todo su ayuda. También a un amigo en especial de la familia señor Carlos Argomedo quien deposito su confianza en mí y su ayuda incondicional.

Los amo familia.

Br. JARA CARRANZA, ITALO PARIS

DEDICATORIA

Dedico la presente a mis seres queridos (familiares y amigos). Principalmente a mis padres José Vela López, María Chappa Valqui y a mi hermana Yoselin. Así como a mis abuelitos en especial a mi querido papá Jota; a mis tíos en especial a Rosa (Mimi), Manuel, Peterson, Godofredo, Fernando, María y Pablo. A todos por ser quienes me dieron lo mejor de ellos. Valorando siempre cada enseñanza, tiempo y amor que me brindan.

Br. VELA CHAPPA, MANUELA ROSARIO

Agradecimiento

Agradezco desde lo más profundo de mi ser a Dios, por estar conmigo en todo momento de mi vida, por ser fortaleza mía, en él confié; iluminando de sabiduría hasta el día de hoy.

A mis padres por ser los que amaron a seguir adelante y por inculcarme valores que a lo largo de mi vida me ha servido para poder ser mejor persona, les debo mucho. Y a toda mi familia, gracias les debo mucho y por ustedes seguiré siendo mejor persona.

A mis maestros del colegio y de la universidad privada Antenor Orrego que me brindaron mucho conocimientos y experiencias para formarme a nivel de mi vida estudiantil y de parte profesional.

Finalmente, un agradecimiento especial a mi asesor de tesis ingeniero Ricardo Narváez Aranda por guiarme y ser parte de este proyecto que parte una etapa importante para mí.

Br. JARA CARRANZA, ITALO PARIS

Agradecimiento

Quisiera empezar estas líneas agradeciendo a Dios por su infinito amor y misericordia, así como por permitirme cumplir una meta más y por conocer en esta etapa a seres extraordinarios.

Consecutivamente quisiera agradecer a mis padres José Vela López, María Chappa Valqui y a mi hermana Yoselin; quienes con su amor y ejemplo son mi mayor motivación para seguir adelante con perseverancia y humildad siempre. También quiero agradecer a mi abuelito Abundio Vela Yépez (Papá Jota), quien confió en mi persona y en este sueño ahora una meta más cumplida.

También quisiera agradecer a los ingenieros de la carrera por sus conocimientos brindados en especial a nuestro asesor Ing. Narvaez, también agradecer al ingeniero Pablo Calderón por sus consejos, así como a mi amigo y compañero de tesis.

Si bien es cierto me faltaría líneas para terminar de agradecer y expresar este sin fin de sentimientos hacia mis seres queridos y amigos, ¡en resumen y de todo corazón gracias!

Br. VELA CHAPPA, MANUELA ROSARIO

RESUMEN

En el año 2017 el Perú se vio afectado por el fenómeno de niño costero, trayendo consigo muchos desastres y caos, en diferentes regiones de nuestro país, uno de ellos es la región la libertad y para nuestro estudio tomamos al centro poblado Samne ubicado en provincia de Otuzco. Esto afecto tanto en la zona alta y baja del C. P, perdiendo sus bienes materiales, sufriendo de carencias de primera necesidad y por último dejando incomunicada a la población del resto de los pueblos cercanos. Para llevar a cabo esta investigación se realizó un estudio hidrológico de la sub cuenca del centro poblado SAMNE, obteniéndose 13 microcuencas, y se obtuvieron los valores para los caudales más relevantes de las microcuencas MC-01 y MC-2, son: ILLA – $Q= 1.10 \text{ m}^3/\text{s}$ y $Q= 1.80 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente; SCS – $Q= 0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ y $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$, Bloq. Altr. $Q=0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ y $Q= 0.4 \text{ m}^3/\text{s}$. Posterior a esto se construyó un modelo hidráulico computacional mediante el Software IBER. 2.4.3, empleando un mallado con intervalo de 1.00m a 4.00m, los resultados obtenidos son: Velocidad máxima en el modelo 13.86 m/s y un tirante máximo de 3.56m, una vez realizado el estudio hidrológico se planteó el diseño del sistema de drenaje basado en canales de derivación para concentrar los caudales y drenarlos a las quebradas adyacentes, las características geométricas generales de los canales son: Ancho de solera: 0.40m para todos los tramos, talud: 0.25, rugosidad: 0.013 (correspondiente al concreto), pendiente y caudal variables, de acuerdo a la ubicación de cada tramo, siendo el canal principal con un caudal de 3.6 m³/s, y el canal de derivación con un caudal de 2.9 m³/s, este último evacúa el caudal perteneciente a las microcuencas MC-01 y MC-02. Finalmente se diseñaron las obras de arte complementarias del sistema de drenaje pluvial, que consisten en 07 rápidas y 03 caídas inclinadas, todas ellas de acuerdo a las características topográficas de cada tramo de canal, con la finalidad de reducir la gradiente de energía; para el diseño de las estructuras se utilizó el software Rápidas V1.0.

Palabras claves: Estudio hidrológico, canales de derivación, obras de arte.

ABSTRACT

In 2017 Peru was affected by the phenomenon of the coastal child, bringing with it many disasters and chaos, in different regions of our country, one of them is the La Libertad region and for our study we took the Samne town center located in the province from Otuzco. This affected both the upper and lower areas of C. P, losing their material goods, suffering from basic necessities and finally leaving the population of the rest of the nearby towns isolated. To carry out this research, a hydrological study of the sub-basin of the SAMNE town center was carried out, obtaining 13 micro-basins, and the values for the most relevant flows of the micro-basins MC-01 and MC-2 were obtained, they are: IILA - $Q = 1.10 \text{ m}^3 / \text{s}$ and $Q = 1.80 \text{ m}^3 / \text{s}$ respectively; SCS - $Q = 0.2 \text{ m}^3 / \text{s}$ and $0.3 \text{ m}^3 / \text{s}$, Block. Altr. $Q = 0.3 \text{ m}^3 / \text{s}$ and $Q = 0.4 \text{ m}^3 / \text{s}$. After this, a computational hydraulic model was built using the IBER Software. 2.4.3, using a mesh with an interval of 1.00m to 4.00m, the results obtained are: Maximum speed in the model 13.86 m / s and a maximum tie of 3.56m, once the hydrological study was carried out, the design of the drainage system was proposed Based on diversion channels to concentrate the flows and drain them to the adjacent streams, the general geometric characteristics of the channels are: Slab width: 0.40m for all sections, slope: 0.25, roughness: 0.013 (corresponding to concrete), slope and variable flow, according to the location of each section, being the main channel with a flow of $3.6 \text{ m}^3 / \text{s}$, and the diversion channel with a flow of $2.9 \text{ m}^3 / \text{s}$, the latter evacuates the flow belonging to the MC micro-basins -01 and MC-02. Finally, the complementary works of art for the storm drainage system were designed, consisting of 07 rapid and 03 inclined falls, all of them according to the topographic characteristics of each stretch of channel, in order to reduce the energy gradient; For the design of the structures, the Rapidas V1.0 software was used.

Keywords: Hydrological study, diversion channels, works of art.

Presentación

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento y conformidad a los requisitos establecidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil, ponemos a vuestra disposición el presente Trabajo de Suficiencia Profesional titulado:

“ANÁLISIS HIDROLÓGICO Y PROPUESTA DE SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL MEDIANTE OBRAS DE ARTE EN LA CUENCA ALTA Y BAJA DEL CENTRO POBLADO DE SAMNE, LA LIBERTAD 2021”

El mismo que dejamos a su criterio para su dictamen, esperando reunir los requisitos para vuestra aprobación.

Atentamente,

BR. JARA CARRANZA ITALO PARIS

BR. VELA CHAPPA MANUELA ROSARIO

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
DEDICATORIA.....	iv
Agradecimiento.....	v
Agradecimiento.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
Presentación.....	ix
Índice de tablas.....	xii
Índice de figuras e imágenes.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de investigación	1
1.1.1. Realidad Problemática	1
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.2. Objetivos de la investigación.....	5
1.2.1. Objetivo general.....	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Justificación del estudio	6
II. MARCO DE REFERENCIA	6
2.1. Antecedentes del estudio	6
2.2. Marco teórico.	8
2.2.1 Hidrología	8
2.2.2 Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos.....	9
2.2.3 Estimación de Caudales	13
2.2.4 Hidráulica de canales abiertos	14
2.2.5 Tipos de flujo en canales	17
2.2.6 Obras de arte	17
2.3. Marco Conceptual	20
2.4. Sistema de Hipótesis.....	21
2.5. Variables: Operacionalización de la variable.....	21
III. METODOLOGÍA.....	23

3.1. Tipo y nivel de investigación	23
3.2. Población y muestra.....	23
3.3. Técnicas e instrumentos de investigación.....	23
3.4. Diseño de Investigación	24
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	24
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	25
4.1. Análisis e interpretación de resultados	25
4.2. Docimasia de hipótesis	123
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	123
CONCLUSIONES.....	126
RECOMENDACIONES	129
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	130
ANEXOS.....	131

Índice de tablas

Tabla 1	Valores críticos en D para la prueba Kolmogorov – Smirnovajks	12
Tabla 2	Valores del coeficiente de rugosidad (N), Según Manning.....	16
Tabla 3	Proceso de operacionalización de variables	22
Tabla 4	Análisis granulométrico por tamizado	29
Tabla 5	Resumen de los parámetros morfo métricos de las microcuencas	47
Tabla 6	Distribución Normal	51
Tabla 7	Distribución Log Normal 2 Parámetros	53
Tabla 8	Distribución Log Normal 3 Parámetros	55
Tabla 9	Distribución Gamma 2 Parámetros	57
Tabla 10	Distribución Log Pearson Tipo III	60
Tabla 11	Distribución Gumbel	62
Tabla 12	Distribución Log Gumbel.....	64
Tabla 13	Distribución Gamma 3 Parámetros	66
Tabla 14	Resultado de la distribución normal en (mm)	70
Tabla 15	Intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas	71
Tabla 16	Distribución de los valores para el hietograma – Periodo de retorno T= 25 años	73
Tabla 17	Distribución de los valores para el hietograma – Periodo de retorno T= 50 años	74
Tabla 18	Distribución de los valores para el hietograma – Periodo de retorno T= 100años	75
Tabla 19	Distribución de lluvia SCS.....	78
Tabla 20	Distribución de lluvia.....	79
Tabla 21	Tiempo de concentración (hr) y precipitación máxima (mm)	82
Tabla 22	Áreas y caudales unitarios de las micro cuencas.....	83
Tabla 23	Altura de lluvia (mm) y lluvia efectiva Pe (mm)	83
Tabla 24	Caudal máximo (m ³ /s).....	84
Tabla 25	Valores obtenidos para el hietograma con el método ILLA	87
Tabla 26	Resumen por el método ILLA.	91
Tabla 27	Resumen por el método bloques alternos.....	91
Tabla 28	Resumen por el método Hidrograma Unitario SCS.....	92

Índice de figuras

Figura 1	Fotografía vista en planta del centro poblado de Samne.....	2
Figura 2	Fotografía ortogonal del centro poblado de Samne.....	3
Figura 3	Red de drenaje natural en el centro poblado de Samne.....	4
Figura 4	Expresiones del radio hidráulico y del área mojada.....	15
Figura 5	Transición en una rápida abierta.	19
Figura 6	Fotografía ortogonal del centro poblado de Samne.....	26
Figura 7	Modelo digital de elevaciones.	27
Figura 8	Puntos de control GPS.....	28
Figura 9	Portal Sentinel E.S.A.....	31

Figura 10	Parámetros de la micro cuenca N° 01	32
Figura 11	Perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 01	33
Figura 12	Vista en planta de la micro cuenca N° 01	33
Figura 13	Parámetros de la micro cuenca N° 02	34
Figura 14	Perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 02	35
Figura 15	Vista en planta de la micro cuenca N° 02	35
Figura 16	Parámetros de la micro cuenca N° 03	36
Figura 17	Perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 03	37
Figura 18	Vista en planta de la micro cuenca N° 03	37
Figura 19	Parámetros de la micro cuenca N° 05	38
Figura 20	Perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 05	39
Figura 21	Vista en planta de la micro cuenca N° 05	39
Figura 22	Perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 07	40
Figura 23	Vista en planta de la micro cuenca N° 07	40
Figura 24	Parámetros de la micro cuenca N° 09	41
Figura 25	Perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 09	42
Figura 26	Vista en planta de la micro cuenca N° 09	42
Figura 27	Parámetros de la micro cuenca N° 10	43
Figura 28	Perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 10	44
Figura 29	Vista en planta de la micro cuenca N° 10	44
Figura 30	Parámetros de la micro cuenca N° 13	45
Figura 31	Perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 13	46
Figura 32	Vista en planta de la micro cuenca N° 13	46
Figura 33	Selección del periodo de retorno	48
Figura 34	Resolución de la Ecuación de Riesgo Admisible	49
Figura 35	Aplicación de la distribución normal a la serie de datos	69
Figura 36	Curva intensidad duración y frecuencia	71
Figura 37	Hietograma para un periodo de retorno T=25años	76
Figura 38	Hietograma para un periodo de retorno T=50 años	76
Figura 39	Hietograma para un periodo de retorno T=100años	77
Figura 40	Hietograma para un periodo de retorno T=500 años	77
Figura 41	Hietograma de diseño - Tipo II SCS	79
Figura 42	Hietograma para un periodo de retorno T=25años	80
Figura 43	Hietograma para un periodo de retorno T=50años	80
Figura 44	Hietograma para un periodo de retorno T=100años	81
Figura 45	Mapa de sub zonas	85
Figura 46	Resolución De La Fórmula Del Método IILA	86
Figura 47	Hietograma método IILA	88
Figura 48	Curva IDF – Método IILA	88
Figura 49	Modelo hidrológico de la cuenca en HEC - HMS	89
Figura 50	Micro cuencas en HEC - HMS	89
Figura 51	Resultado: Hietograma en HEC – HMS	90
Figura 52	Configuración del análisis 2D en IBER	92
Figura 53	Fórmula de Courant-Friedricchs-Levy	93
Figura 54	Creación RTIN.	93
Figura 55	Superficie TIN mallada.	94
Figura 56	Resultados del modelamiento (Velocidad m/s)	95

Figura 57 Resultados del modelamiento - Altura de tirante en metros.	95
Figura 58 Ingreso de la fórmula en la HP50G.	96
Figura 59 Resolución de la ecuación de Courant-Friedricchs-Levy -1.00m.	96
Figura 60 Resolución de la ecuación de Courant-Friedricchs-Levy - 4.00m	97
Figura 61 Resolución del paso de tiempo para la simulación - 4.00m	97
Figura 62 Asignación del paso de tiempo para la simulación	98
Figura 63 Resultados del modelamiento (Velocidad m/s).....	99
Figura 64 Resultados del modelamiento - Altura de tirante en metros.	99
Figura 65 Asignación del Hietograma. T= 100 años - IILA	100
Figura 66 Resultados de la simulación hidrológica – Velocidad (m/s).	101
Figura 67 Mapa de inundación / acumulación de flujo para t= 100 años.	101
Figura 68 Acercamiento 2X, del mapa de inundación en el instante t's=5400	102
Figura 69 Configuración y distribución de micro cuencas en el centro poblado SAMNE.	103
Figura 70 Contrastación de escorrentías con la orto fotografía topográfica.	104
Figura 71 Escorrentía de la microcuenca MC-01.	105
Figura 72 Escorrentía de la microcuenca MC-02.	105
Figura 73 Propuesta del canal de evacuación en función a la escorrentía de la MC-02.	106
Figura 74 Propuesta del canal de evacuación en función a la escorrentía de la MC-01.	106
Figura 75 Propuesta del canal de evacuación en función a la escorrentía de la MC-01.	107
Figura 76 Emboquillado en la zona de ubicación las escorrentías.	107
Figura 77 Emboquillado en la zona de ubicación las escorrentías.	108
Figura 78 Emboquillado en la zona entrega: escorrentía – canal - MC-02	108
Figura 79 Emboquillado en la zona de intersección – canal - MC-02	109
Figura 80 Emboquillado en la zona de intersección – canal - MC-01	110
Figura 81 Perfil longitudinal, canal de ingreso – Tramo 01 – MC02.....	111
Figura 82 Diseño de canal de ingreso – Tramo 01 – MC02.....	112
Figura 83 Perfil longitudinal para el diseño de la Rápida 01 – Canal Principal – MC02.	112
Figura 84 Ingreso de datos para el diseño de la Rápida 01 – Canal Principal – MC02..	113
Figura 85 Ingreso de datos para el diseño de la Rápida 01 – Canal Principal – MC02..	113
Figura 86 Dimensionamiento y cálculo de la rápida – 01. – Canal Principal – MC02.....	114
Figura 87 Verificación del funcionamiento del colchón disipador de la rápida – 01. – Canal Principal – MC02.	115
Figura 88 Verificación de la estabilidad del flujo en el canal de la Rápida 01. – Canal Principal – MC02.	116
Figura 89 Perfil de diseño de la Rápida 01.....	117
Figura 90 Planta de diseño de la Rápida 01.....	117
Figura 91 Perfil longitudinal, diseño del canal de ingreso de la Rápida 01. – Canal Principal – MC02.	118
Figura 92 Diseño del canal de ingreso de la Rápida 01. – Canal Principal – MC02.....	119
Figura 93 Perfil longitudinal, diseño del canal de ingreso de la Caída 01. – Canal Principal – MC02.	120
Figura 94 Ingreso de datos para el diseño de la Caída 01. – Canal Principal – MC02.	120
Figura 95 Dimensionamiento y cálculo de la caída – 01. – Canal Principal – MC02.....	121
Figura 96 Perfil de diseño de la Caída 01.	122
Figura 97 Planta de diseño de la Caída 01.	122

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Realidad Problemática

La inundación producto de las precipitaciones máxima y ausencia de drenaje o en su defecto drenaje deficiente es uno de los desastres naturales más grandes en la actualidad, afectando a nivel socioeconómico al centro poblado. Con el pasar del tiempo los países desarrollados han invertido sumas de dinero en lucha contra las inundaciones, y el desarrollo de nuevos y eficientes sistemas para la evacuación de estos caudales resultantes.

Además, otro de los factores que es consecuente a las inundaciones son las avalanchas o aludes, que son desprendimientos de capas superficiales de tierra producto de la erosión hídrica por acción de la lluvia.

En la parte superior, zona norte del centro poblado se concentran los caudales de las escorrentías, descendiendo por gravedad a través de las calles del C.P. Samne sucumbiendo todo a su paso, de acuerdo a los testimonios verbales de los pobladores, el torrente ha arrasado incluso con viviendas, caminos y carretas.

Los afectados además de perder sus bienes materiales, también han experimentado carencias de primera necesidad después del paso de los aluviones, ya que estos dejaron incomunicada a la población del resto de los pueblos cercanos.

Uno de los problemas más importantes del centro poblado es que al formar parte de la cuenca, esta tenía un drenaje natural trazado por la erosión hídrica que se da con paso del agua por el terreno a lo largo de miles de años, este trazo en la actualidad ha cambiado después del asentamiento de la población, que ha obstruido y modificado indirectamente la configuración de la red de drenaje natural al momento de construir edificaciones y caminos o carreteras.

Figura 1

Fotografía vista en planta del centro poblado de Samne.



Nota: En la captura representa al centro poblado de Samne, mediante una vista en planta. Tomado de Google Earth.

Para esta etapa, hemos considerado pertinente realizar la exploración del lugar con un dron, para así obtener las características del relieve topográfico de la zona en estudio, y posteriormente simular el escurrimiento de caudales a través de su superficie.

Figura 2

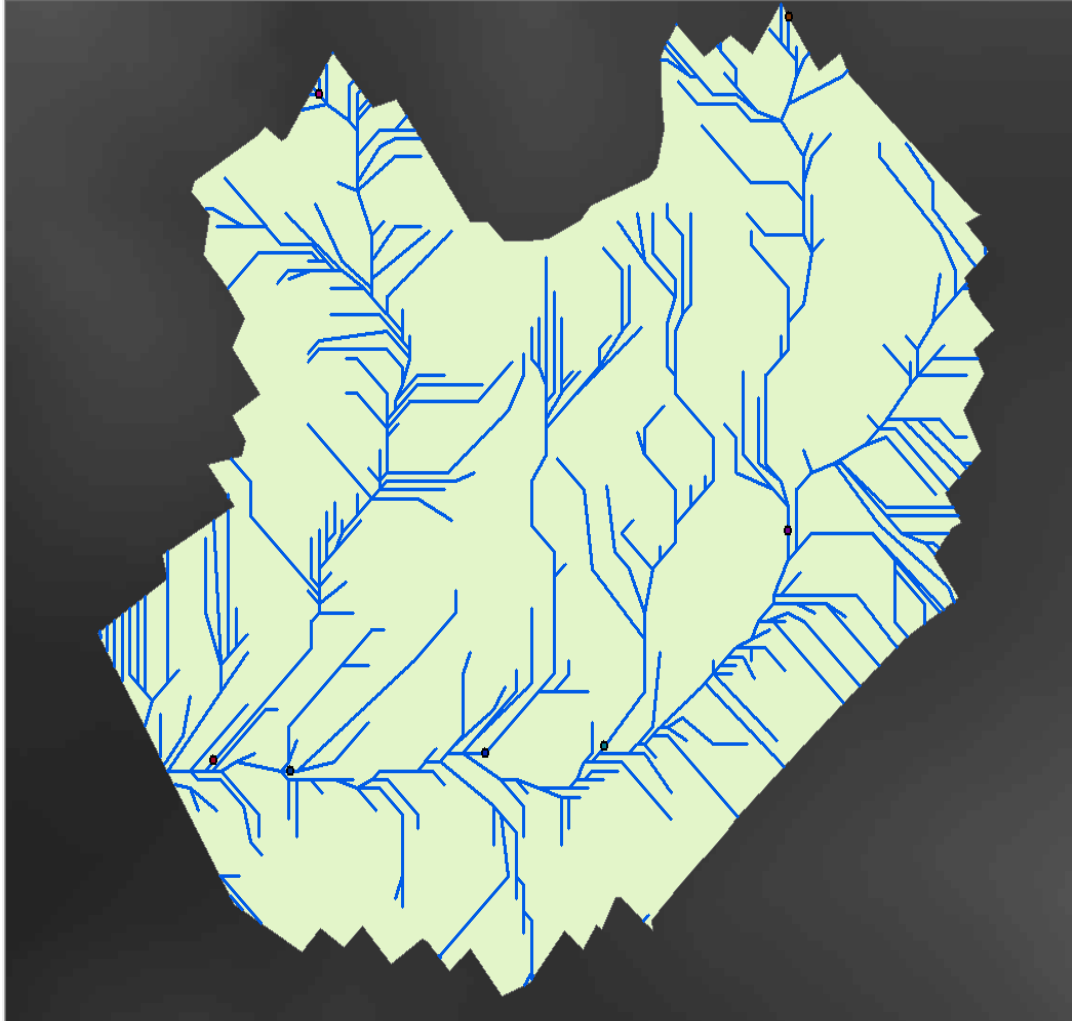
Fotografía ortogonal del centro poblado de Samne



Nota: En la figura se aprecia la vista en planta del centro poblado Samne. (Autoría propia).

Figura 3

Red de drenaje natural en el centro poblado de Samne



Nota: En la captura representa la red de drenaje natural en el centro poblado Samne. (Autoría propia).

1.1.2. Formulación del problema

¿De qué manera el sistema de drenaje pluvial mediante obras de arte nos permitirá evacuar el caudal de aporte de la cuenca Samne en el centro poblado?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de drenaje pluvial mediante obras de arte que nos permitirá evacuar el caudal de aporte de la cuenca Samne en el centro poblado.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento topográfico del centro poblado de Samne, entre las quebradas Capracancha y de Uyunshugo.
- Elaborar un estudio de mecánica de suelo, para determinar la granulometría y el peso específico del suelo.
- Realizar un estudio hidrológico de la cuenca.
- Realizar un modelamiento hidráulico bidimensional para evaluar el escurrimiento del caudal en el centro poblado.
- Realizar un diseño del sistema de drenaje pluvial en la parte baja de la cuenca (Centro poblado Samne).
- Diseñar las obras de arte como parte complementaria del sistema de drenaje Pluvial en la parte alta y baja de la cuenca (centro poblado Samne).

1.3. Justificación del estudio

Para hacer frente las amenazas por inundaciones y retener los caudales provenientes de las microcuencas y así ser desviados del curso que los dirige naturalmente al centro poblado de Samne, el cual ha sido fue devastado por el fenómeno del niño 2017. Así evitar que los huaicos provenientes de las zonas altas, inunden y arrasen con las viviendas de la población y sus cultivos, y consecuencia pueda haber pérdidas incluso humanas, con ello se logrará prevenir que daños como este afecten en el futuro al centro poblado de Samne.

Actualmente no existe una estructura que brinde protección frente a las descargas máximas de caudal o aluviones.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. A Nivel Internacional:

Título: Diseño De Un Sistema De Drenaje Pluvial Óptimo Y Funcional Para El Sector La Rotaria De La Parroquia Raúl Leoni De Maracaibo Edo-Zulia

Autor: Bach. Cardenas Fleires, Ronnie

País: Venezuela

Año: 2010

El objetivo de esta tesis fue plantear un diseño de un sistema de drenaje óptimo y funcional a partir del diagnóstico del funcionamiento del sistema de drenaje existente. Para la cual el sistema de drenaje fue diseñado calculando el periodo de retorno para realizar las curvas IDF, con esta se

pudo obtener la intensidad de lluvia para calcular el caudal caído de las sub-cuencas. Se concluyó también que, para el buen funcionamiento del sistema de drenaje, este tiene que estar en función de la pendiente longitudinal, transversal y rugosidad del pavimento y espaciamiento de los sumideros.

2.1.2. A Nivel Nacional:

Título: Diseño A Nivel De Ingeniería Y Su Impacto Ambiental Para La Construcción Del Canal De Coronación En La Evacuación De Aguas Pluviales De La Localidad De Levanto – Chachapoyas

Autor: Bach. Acosta Floreano Meliton

País: Perú

Año: 2014

El objetivo de esta investigación fue realizar el proyecto de diseño proyecto a nivel de ingeniería y su impacto ambiental para la construcción del canal de coronación en la evacuación de aguas pluviales de la localidad de levanto, distrito de Levanto – Chachapoyas – Amazonas”. El aporte de esta investigación es la infraestructura de un Canal de Coronación proyectada se logrará elevar el nivel de vida y las condiciones de salud de cada uno de los pobladores, así como el crecimiento de cada una de las actividades económicas; de ahí que si el presente proyecto llegase a ser ejecutado se habrá contribuido en gran manera para este de localidad de Levanto den un paso importante en su proceso de desarrollo.

2.1.3. A Nivel Local:

Título: Estudio De La Intensidad Pluvial Y Diseño De Un Sistema De Drenaje En El Distrito De Víctor Larco Herrera -Trujillo-La Libertad

Autores: Bach. Solórzano Rodríguez, Gilberth

Bach. Vásquez Fernández, Pablo

País: Perú

Año: 2018

EL objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de la intensidad pluvial en el diseño de un sistema de drenaje en el distrito de Víctor Larco Herrera; asimismo determinar la resistencia en el sistema de drenaje para épocas donde se producen mayores intensidades de lluvias, elaborar el diseño de un sistema de drenaje cumpliendo con las especificaciones técnicas del reglamento nacional de edificaciones, determinar el material más adecuado y económico para el sistema de drenaje que evacuará las aguas de las lluvias. El aporte de esta investigación es que el sistema de drenaje más adecuado será por cunetas para el distrito de Víctor Larco Herrera, además, el material más adecuado es el concreto para la construcción del sistema de drenaje.

2.2. Marco teórico.

2.2.1 Hidrología

2.2.1.1 Definición:

“La Hidrología es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos.” (Villón Bejar, 2002)

2.2.1.2 Importancia:

La hidrología proporciona al ingeniero ó hidrólogo, los métodos para resolver los problemas prácticos que se presentan en el diseño. la planeación y la operación de estructuras hidráulicas. Entre estos problemas se pueden mencionar: (Villón Bejar, 2002)

- Determinar si el volumen aportado por una cierta corriente es suficiente para:
 - el abastecimiento de agua potable a una población
 - el abastecimiento de agua potable a una industria
 - satisfacer la demanda de un proyecto de irrigación
 - satisfacer la demanda de un proyecto de generación de energía eléctrica.
 - permitir la navegación
- Definir la capacidad de diseño de obras como:
 - alcantarillas
 - puentes
 - estructuras para el control de avenidas
 - presas
 - vertedores
 - sistemas de drenaje

2.2.2 Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos

2.2.2.1 Modelos de distribución:

El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos.

En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes funciones:

- a) Distribución Normal
- b) Distribución Log Normal 2 parámetros
- c) Distribución Log Normal 3 parámetros
- d) Distribución Gamma 2 parámetros
- e) Distribución Gamma 3 parámetros
- f) Distribución Log Pearson tipo III
- g) Distribución Gumbel
- h) Distribución Log Gumbel

a. Distribución Normal

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{S}\right)^2}$$

Donde:

$f(x)$ = función densidad normal de la variable x

x = variable independiente

μ =parámetro de localización, igual a la media aritmética de x .

S = parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x .

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

b. Distribución Gumbel

La distribución de Valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma} \qquad \beta = \mu - 0.45\sigma$$

Donde:

α : Parámetro de concentración.

β : Parámetro de localización.

c. Distribución Log Gumbel

La variable aleatoria reducida log gumbel, se define como:

$$y = \frac{\ln x - \mu}{\alpha}$$

Con lo cual, la función acumulada reducida log gumbel es:

$$G(y) = e^{-e^{-y}}$$

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

2.2.2.2 Pruebas de bondad de ajuste:

Las pruebas de bondad de ajuste son pruebas de hipótesis que se usan para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida.

a. Prueba Kolmogorov – Smirnov

Método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la de mejor ajuste.

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada

$F_o(x_m)$ y la estimada $F(x_m)$:

$$D = \max / F_o(x_m) - F(x_m) / (21)$$

Con un valor crítico d que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado (Tabla N° 03). Si $D < d$, se acepta la hipótesis nula. Esta prueba tiene la ventaja sobre la prueba de X^2 de que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_o(x_m) = 1 - m / (n+1) \quad (22)$$

Donde m es el número de orden de dato x_m en una lista de mayor a menor y n es el número total de datos. (Aparicio, 1996)

Tabla 1

Valores críticos en D para la prueba Kolmogorov – Smirnov

TAMAÑO DE LA MUESTRA	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
35	0.20	0.22	0.27
40	0.19	0.21	0.25

Nota. En la tabla 1, se aprecia los valores críticos en D para la prueba Kolmogorov – Smirnov. Tomado de (Aparicio, 1999).

2.2.3 Estimación de Caudales

Cuando existen datos de aforo en cantidad suficiente, se realiza un análisis estadístico de los caudales máximos instantáneos anuales para la estación más cercana al punto de interés. Se calculan los caudales para los períodos de retorno de interés (2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años son valores estándar) usando la distribución log normal, log pearson III y Valor Extremo Tipo I (Gumbel), etc.

Cuando no existen datos de aforo, se utilizan los datos de precipitación como datos de entrada a una cuenca y que producen un caudal Q. cuando ocurre la lluvia, la cuenca se humedece de manera progresiva, infiltrándose una parte en el subsuelo y luego de un tiempo, el flujo se convierte en flujo superficial.

2.2.3.1 Método IILA:

“Son escasas las estaciones que ofrecen información automatizada de registros pluviales, por lo que existe bastante dispersión en los datos. Con el método IILA, la intensidad de lluvia que tiene una duración t (en horas), para un periodo de retorno T (en años)” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

la precipitación P_t , T tiene la siguiente relación:

$$P_{t,T} = a(1 + K \log T)t^n$$

Fuente: (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2016, pág. 41)

Según la metodología empleada las fórmulas son válidas para $3 \leq t \leq 24$ horas.

Para $t \leq 3$ horas se usa:

$$i_{t,T} = a(1 + K \log T)(t + b)^{n-1}$$

“Las constantes a , b , K y n fueron determinadas en el “Estudio de la Hidrología del Perú” realizado por el convenio IILA-SENAMHI-UNI, 1983”. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

2.2.4 Hidráulica de canales abiertos

“Un canal abierto es un conducto en el cual el agua fluye con una superficie libre. De acuerdo a su origen puede ser natural o artificial.”((Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 1994))

Los canales naturales incluyen todos los recursos de agua que existen de manera natural en la tierra, los cuales varían en tamaño desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas, hasta quebradas, arroyos, ríos pequeños y grandes, y estuarios de mareas. (Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 1994)

Los canales artificiales son aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano: canales de navegación, canales de centrales hidroeléctricas, canales y canaletas de irrigación, etc. (Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 1994).

2.2.4.1 Geometría de un canal:

Las secciones transversales de un canal pueden ser variables de acuerdo a su naturaleza, si son canales naturales su sección es irregular, con tendencia ser trapezoidales.

Los elementos geométricos más importantes de un canal son los siguientes:

Profundidad del flujo (y). Es la distancia vertical desde el punto más bajo del canal hasta la superficie libre del agua.

Ancho superficial (T). Es el ancho de la sección del canal en la superficie libre.

Ancho de la base (b). Es el ancho de la base del canal.

Área mojada (A). Es el área de la sección transversal del canal perpendicular a la dirección del flujo.

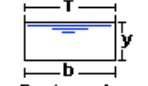


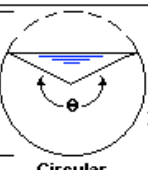
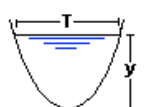
Perímetro mojado (P). Es la longitud de la línea de intersección de la superficie de canal mojada y de un plano transversal perpendicular a la dirección del flujo.

Radio hidráulico (R). Es la relación del área mojada con respecto a su perímetro mojado.

$$R = \frac{A}{P}$$

Figura 4

Expresiones del radio hidráulico y del área mojada.

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\text{sen}\frac{\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3} Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Nota: La figura representa las expresiones del radio hidráulico y del área mojada en secciones rectangular, trapezoidal, triangular, circular y parabólica. Tomado de (Hidráulica de Canales Abiertos, 1994, pág. 21)

Tabla 2

Valores del coeficiente de rugosidad (N), Según Manning.

Tabla 5-6. Valores del coeficiente de rugosidad *n*
(las cifras en **negritas** son los valores generalmente recomendados para el diseño)

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
A. Conductos cerrados que fluyen parcialmente llenos			
A-1. Metal			
a. Latón, liso	0.009	0.010	0.013
b. Acero			
1. Estriado y soldado	0.010	0.012	0.014
2. Riveteado y en espiral	0.013	0.016	0.017
c. Hierro fundido			
1. Recubierto	0.010	0.013	0.014
2. No recubierto	0.011	0.014	0.016
d. Hierro forjado			
1. Negro	0.012	0.014	0.015
2. Galvanizado	0.013	0.016	0.017
e. Metal corrugado			
1. Subdrenaje	0.017	0.019	0.021
2. Drenaje de aguas lluvias	0.021	0.024	0.030
A-2. No metal			
a. Lucita	0.008	0.009	0.010
b. Vidrio	0.009	0.010	0.013
c. Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
d. Concreto			
1. Alcantarilla, recta y libre de basuras	0.010	0.011	0.013
2. Alcantarilla con curvas, conexiones y algo de basuras	0.011	0.013	0.014
3. Bien terminado	0.011	0.012	0.014
4. Alcantarillado de aguas residuales, con pozos de inspección, entradas, etc., recto	0.013	0.015	0.017
5. Sin pulir, formaleta o encofrado metálico	0.012	0.013	0.014
6. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera lisa	0.012	0.014	0.016
7. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera rugosa	0.015	0.017	0.020
e. Madera			
1. Machihembrada	0.010	0.012	0.014
2. Laminada, tratada	0.015	0.017	0.020
f. Arcilla			
1. Canaleta común de baldosas	0.011	0.013	0.017
2. Alcantarilla vitrificada	0.011	0.014	0.017
3. Alcantarilla vitrificada con pozos de inspección, entradas, etc.	0.013	0.015	0.017
4. Subdrenaje vitrificado con juntas abiertas	0.014	0.016	0.018
g. Mampostería en ladrillo			
1. Barnizada o lacada	0.011	0.013	0.015
2. Revestida con mortero de cemento	0.012	0.015	0.017
h. Alcantarillados sanitarios recubiertos con limos y babas de aguas residuales, con curvas y conexiones	0.012	0.013	0.016
i. Alcantarillado con batesa pavimentada, fondo liso	0.016	0.019	0.020
j. Mampostería de piedra, cementada	0.018	0.025	0.030

Nota: La figura representa los valores del coeficiente de rugosidad (N), según Manning. Para conductos cerrados que fluyen parcialmente llenos. Tomado de (Hidráulica de Canales Abiertos, 1994)

2.2.5 Tipos de flujo en canales

“El flujo en canales abierto puede clasificarse en muchos tipos y distribuirse de diferentes maneras. La siguiente clasificación se hace de acuerdo con el cambio en la profundidad del flujo con respecto al tiempo y al espacio.” (Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 1994)

2.2.5.1 Permanente Y No Permanente:

“FLUJO PERMANENTE Y NO PERMANENTE: tiempo como criterio. Se dice que el flujo en un canal abierto es permanente si la profundidad del flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración.” (Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 1994).

EL FLUJO ES NO PERMANENTE si la profundidad no cambia con el tiempo. En la mayor parte de canales abiertos es necesario estudiar el comportamiento del flujo solo bajo condiciones permanentes. Sin embargo el cambio en la condición del flujo con respecto al tiempo es importante, el flujo debe tratarse como no permanente, el nivel de flujo cambia de manera instantánea a medida que las ondas pasan y el elemento tiempo se vuelve de vital importancia para el diseño de estructuras de control. Para cualquier flujo, el caudal Q en una sección del canal se expresa por $Q=VA$. Donde V es la velocidad media y A es el área de la sección transversal de flujo perpendicular a la dirección de este, debido a que la velocidad media está definida como el caudal dividido por el área de la sección transversal. (Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 1994)

2.2.6 Obras de arte

2.2.6.1 CAÍDAS:

2.2.6.1.1 Concepto.

“Son estructuras utilizadas en aquellos puntos donde es necesario efectuar cambios bruscos en la rasante del canal, permite unir dos

tramos (uno superior y otro inferior) de un canal, por medio de un plano vertical (muro de sostenimiento de tierra capaz de soportar el empuje que estas ocasionan), permitiendo que el agua salte libremente y caiga en el tramo de abajo.” (Rubia, 2008)

2.2.6.1.2 Finalidad.

“Conducir agua desde una elevación alta hasta una elevación baja y disipar la energía generada por esta diferencia de niveles. La diferencia de nivel en forma de una caída, se introduce cuando sea necesario de reducir la pendiente de un canal.” (Rubia, 2008)

2.2.6.2 RÁPIDAS

2.2.6.2.1 Concepto.

“Las rápidas son estructuras que sirven para enlazar dos tramos de un canal donde existe un desnivel considerable en una longitud relativamente corta.” (Rubia, 2008)

2.2.6.2.2 Finalidad

“Se diseñan para generar pérdidas hidráulicas importantes en los flujos de alta velocidad. El objetivo es reducir la velocidad y pasar el flujo de régimen supercrítico a subcrítico.” (Rubia, 2008)

2.2.6.3 TRANSICIONES

“Las transiciones en una rápida abierta, deben ser diseñadas para prevenir la formación de ondas. Un cambio brusco de sección, sea convergente o divergente, puede producir ondas que podrían causar perturbaciones, puesto que ellas viajan a través del trazo inclinado y el dissipador de energía. El ángulo de la superficie de agua con el eje en la transición de salida puede ser aproximadamente 25° como máximo. El máximo ángulo de deflexión es calculado como sigue.” (Rubia, 2008)

$$\text{Cotang } \alpha = 3.3775 F$$

Donde:

$$F = \frac{V}{\sqrt{(1-K)gd \cos \theta}}$$

d = Tirante de agua normal al piso de la rápida; usando d = área de la sección/ ancho superior de la sección

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/seg² , o sea 32.2 pies/seg²)

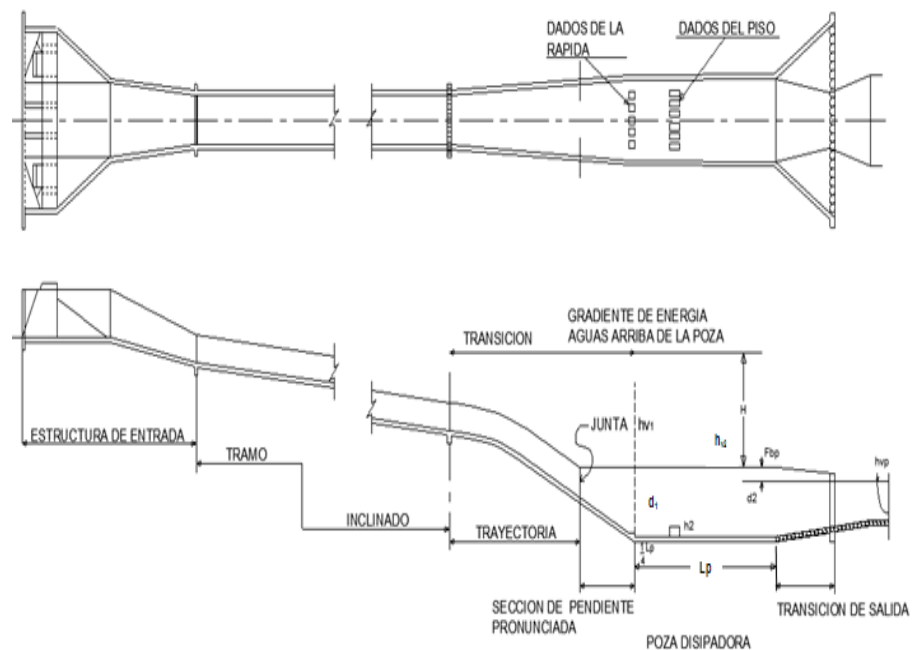
K = Un factor de aceleración, determinado:

- Con el piso de la transición en un plano K = 0
- Con el piso de la transición en una curva circular:

$$K = \frac{V}{g R \cos \theta}$$

Figura 5

Transición en una rápida abierta.



Nota: En la figura se representa la transición de una rápida abierta. Tomada de (Criterios de Diseños de Obras Hidraulicas para la Formulación de Proyectos Hidraulicos Multisecoriales y de Afianzamiento, 2010)

2.3. Marco Conceptual

Caudal

“Cantidad de agua que pasa por un punto específico en un sistema hidráulico en un momento o período dado.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Drenaje Pluvial Urbano

“El drenaje Urbano, tiene por objetivo el manejo racional del agua de lluvia en las ciudades, para evitar daños en las edificaciones y obras públicas (pistas, redes de agua. redes eléctricas, etc.), así como la acumulación del agua que pueda constituir focos de contaminación y/o transmisión de enfermedades. Los criterios que se establecen en la presente norma se aplicarán a los nuevos proyectos de drenaje urbano y los sistemas de drenaje urbano existentes deberán adecuarse en forma progresiva.” (EDIFICACIONES, 2006)

Fenómeno El Niño

“Es el calentamiento anómalo de la temperatura del agua del Pacífico Oriental, que repercute en el clima mundial”. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Hidrograma

“Gráfico que permite ver el comportamiento del caudal acumulado durante la tormenta a través del tiempo de la misma.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

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.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Subcuenca

“La superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia un determinado punto de un curso de agua (generalmente un lago, embalse o una confluencia de ríos.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

2.4. Sistema de Hipótesis

Un sistema de drenaje pluvial mediante obras de arte podría permitirnos evacuar el caudal de aporte de la cuenca Samne en el centro poblado.

2.5. Variables: Operacionalización de la variable

Variable Dependiente (VD): Obras de sistema de drenaje pluvial.

Variable Independiente (VI): Topografía y descarga de caudal.

Tabla 3

Proceso de operacionalización de variables

Variable	Concepto	Dimensiones	Indicadores	Unidades
VD = Sistema de drenaje pluvial	Elementos colectores, colocados en serie cuya finalidad es evacuar un caudal excedente o residual.	Sistema de drenaje pluvial en el centro poblado de Samne.	Geometría	m, m ²
			Profundidad	m
			Tirante	m
			Pendiente	%
VD = Obras de arte	Son estructuras hidráulicas complementarias que permiten el paso o derivación de un determinado caudal.	Obras de arte tales como alcantarillas, canales, caídas, entre otras.	Geometría de la sección	m, m ²
			Tirante	m
			Pendiente	%
VI = Topografía	Representación del relieve de una superficie a través de modelos digitales de elevación.	Topografía del centro poblado de Samne.	Orografía del terreno	-
			Pendiente del terreno	m/m
			Cotas o elevaciones	m
VI = Caudal	Cantidad de flujo de agua que transita por un afluente bajo condiciones de precipitaciones máximas en la cuenca.	Caudal de aporte de la cuenca Samne.	Periodo de retorno	Años
			Caudal	m ³ /s

Nota: En la tabla 3 se presentan la operacionalización de las variables en estudio. Contando con 2 dependientes y 2 variables independientes. (Autoría propia).

III.METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de Investigación: por su finalidad es aplicativa.

- Aplicada: Se basa en las ciencias de la ingeniería para generar nuevos conceptos, conocimientos y plantear soluciones empleando como bases premisas de autores reconocidos y teorías que han sido aplicadas en proyectos similares.

3.1.2. Nivel Investigación:

- Correlacional: En este proyecto se busca y se sustenta la relación existente entre las variables que involucran el proyecto en desarrollo.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Todos los centros poblados del distrito de Otuzco.

3.2.2. Muestra

Centro poblado de Samne.

3.3. Técnicas e instrumentos de investigación

Topografía

Técnica basada en la taquimetría para la recolección de datos sobre las elevaciones y mediciones planimetrías que representan el relieve de un terreno.

Equipos de topografía de precisión como estación total o Drones para mapeos topográficos.

Registros Pluviométricos

Son formatos que nos permiten identificar, anotar y cuantificar la fecha, hora, magnitud y frecuencia de los eventos meteorológicos (Lluvias) de un determinado lugar o cuenca.

- Equipos para medir las precipitaciones como pluviómetros o pluviógrafos.

Cartografía

Consiste en el manejo de sistemas de información geográfica (GIS) para la determinación de relieves en extensiones correspondientes a zonas montañosas con la finalidad de delimitar cuencas hidrográficas.

Cartas Nacionales.

Imágenes satelitales.

3.4. Diseño de Investigación

El diseño de nuestro proyecto cumple con las condiciones metodológicas de un diseño cuasi experimental, debido a que requiere de la representación de la realidad en la que se desarrolla el proyecto mediante el empleo de software informático que tenga la capacidad de reunir todas las características y exigencias que nuestro proyecto demande.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Para la topografía: El procesamiento de la data topográfica requerirá una herramienta informática de interfaz visual que permita interactuar con la data ingresada correspondiente a las elevaciones del terreno y su ubicación en un plano con sistema de coordenadas respectivo (UTM), dichas condiciones se adaptan perfectamente al Software AutoCAD civil3D. Mediante este último crearemos y editaremos superficies topográficas que involucren el área de intervención, además de permitirnos seccionar dichas superficies para una mejor visualización y análisis posterior.

Para la cartografía: Se requiere del manejo y edición de sistemas de información geográfica mediante el trazado de mapas en alta resolución, dicha información se encuentra en formatos (SHP, ASCII), la cual ha permitido comprimir dentro de los pixeles de una imagen información correspondiente a las elevaciones de un terreno, estos formatos conocidos como formatos raster, pueden ser interpretados y editados mediante ArcGIS, que es un software nos ofrece una gama de herramientas GIS, la aplicación de esta herramienta informática nos permitirá encontrar las características geométricas de una cuenca hidrográfica.

Para el modelamiento hidráulico: Se pretende evaluar el escurrimiento superficial del flujo de agua. Para esta tarea se propone la creación de modelos informáticos que representen las estructuras hidráulicas y el terreno de manera simultánea, sin embargo, actualmente se nos limita la tecnología a modelos hidráulicos bidimensionales y unidimensionales para la magnitud del proyecto que se está proponiendo, el perfil adecuado lo cumplen el software HEC – RAS (1D) e IBER 2.4.3, este último además de ofrecer acceso gratuito nos brinda su entorno en idioma español, lo cual supone una ventaja.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados

Para el desarrollo de nuestra investigación el proyecto se ha dividido en etapas considerando los objetivos planteados en el anteproyecto para él hace constar que debemos considerar la parte topográfica, hidrológica, geotécnica y drenaje, para obtener mejores resultados cada una de estas ha sido tratada de manera individual de tal forma como se detallará a continuación:

4.1.1. ESTUDIO DE TOPOGRAFÍA:

Se realizó una visita al centro poblado de Samne con la finalidad de recaudar información respecto al relieve del terreno en toda el área de

intervención, la cual incluye la zona del CP y las quebradas que le rodean, las cuales son Capracancha y Uyunshugo.

Figura 6

Fotografía ortogonal del centro poblado de Samne

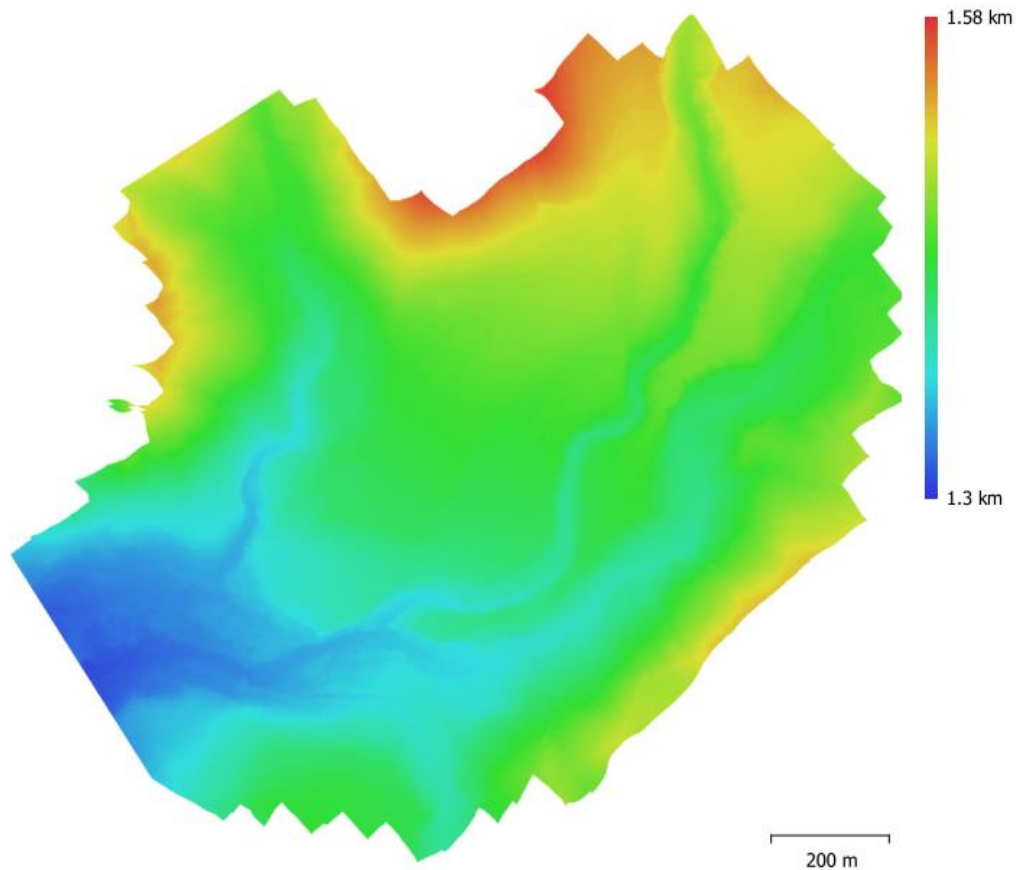


Nota: En la figura 6, se aprecia la vista en planta del centro poblado Samne. (Autoría propia).

A simple vista se pudo observar que se trata de un relieve topográfico de fuertes pendientes y depresiones profundas intercaladas a lo largo y ancho del centro poblado, además las quebradas también se pueden apreciar que el relieve representa fuertes pendientes e irregularidad en el ancho del cauce, para ambos casos.

Figura 7

Modelo digital de elevaciones.

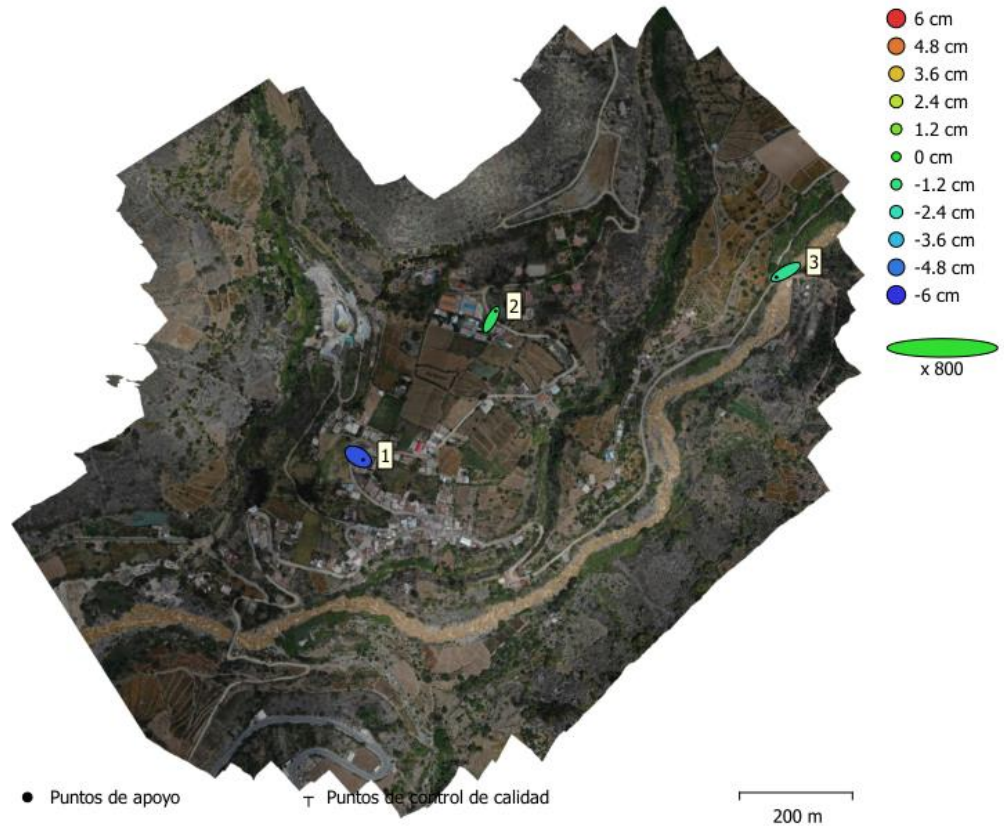


Nota: En la figura 7, el modelo digital de elevaciones en el centro poblado Samne. Donde los fragmentos de color azul y celeste vienen hacer las quebradas Capracancha y de Uyunshugo donde desembocan en el río Moche, mientras que el fragmento de color verde viene hacer la extensión del centro poblado Samne. (Autoría propia).

Una vez procesada la información topográfica, hemos podido obtener un mapa de valores como el que se muestra en la imagen superior, dicho elemento nos permite visualizar con bastante detalle la forma en la que se presenta el relieve en el terreno, no obstante, el formato que se está manejando es un archivo ráster, que a través de cada uno de los pixeles que componen la imagen refleja datos correspondientes a las cotas del terreno involucrado.

Figura 8

Puntos de control GPS



Nota: En la figura 8, se muestra los puntos de control de calidad (puntos de apoyo), formando una poligonal cerrada de 3 puntos de apoyo. (Autoría propia).

Es necesario para la obtención de óptimos resultados en el levantamiento topográfico el establecimiento de puntos de control, estos pueden ser establecidos con GPS diferencial o GPS Garmin, la finalidad es que puedan servir de apoyo para regular la superficie de terreno levantada y contrarrestar las distorsiones que pueda presentar debido al movimiento del aparato en el aire. Para nuestro caso debido a motivos fortuitos hemos empleado un GPS de mano Marca GARMIN que nos ha permitido establecer las coordenadas de 03 puntos a lo largo y ancho del centro poblado en lugares estratégicos.

4.1.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Respecto al estudio de mecánica de suelos, hemos creído conveniente sustraer un extracto de investigaciones similares, ya que debido a la crisis sanitaria por la que atraviesa el país, resulta contraproducente emplear los laboratorios de mecánica de suelos por tratarse de lugares confinados; a continuación, adjuntamos los resultados del ensayo referido.

Tabla 4

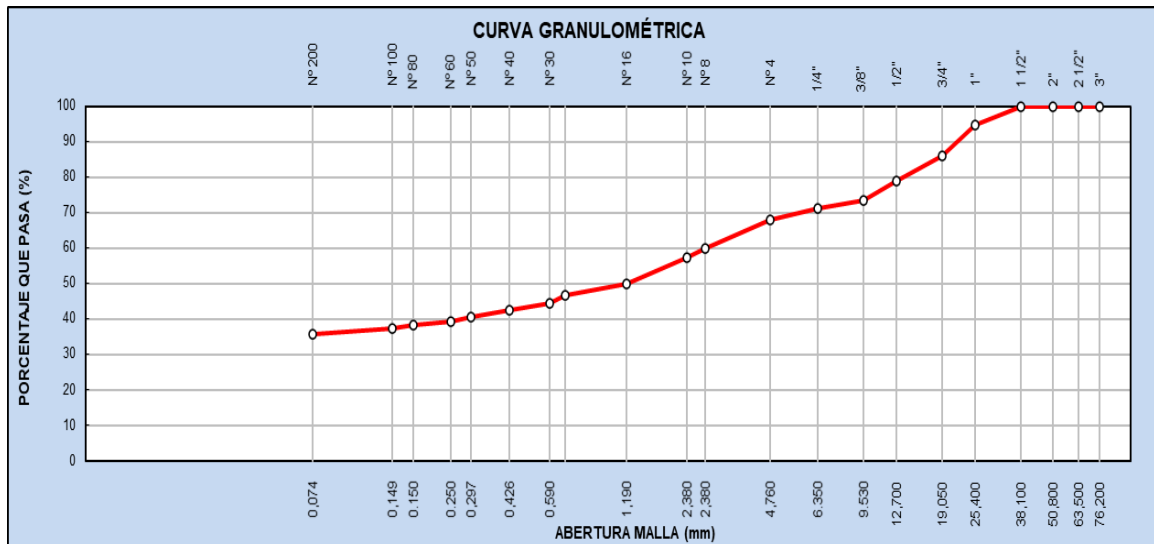
Análisis granulométrico por tamizado

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g.)	RET. (%)	RET. ACUM. (%)	PASA (%)
3"	76.20	-	-	-	100.00
2 1/2"	63.50	-	-	-	100.00
2"	50.60	-	-	-	100.00
1 1/2"	38.10	-	-	-	100.00
1"	25.40	52.9	5.3	5.3	94.71
3/4"	19.06	86.4	8.6	13.92	86.08
1/2"	12.70	72.5	7.3	21.2	78.83
3/8"	9.53	53.62	5.36	26.54	73.46
1/4"	6.35	22.56	2.26	28.79	71.21
N° 4	4.18	32.14	3.21	32.01	67.99
N° 8	2.36	79.65	7.97	39.97	60.03
N° 10	2.00	28.64	2.86	42.84	57.16
N° 16	1.18	72.14	7.21	50.05	49.95
N° 20	0.69	32.64	3.26	53.31	46.69
N° 30	0.60	21.48	2.15	55.46	44.54
N° 40	0.42	19.63	1.96	57.43	42.58
N° 50	0.30	21.62	2.16	59.59	40.41
N° 60	0.25	11.26	1.13	60.71	39.29
N° 80	0.18	10.25	1.03	61.74	38.26
N° 100	0.15	8.63	0.86	62.60	37.40
N° 200	0.074	17.90	1.79	64.39	35.61
<200		356.11	35.61	100.00	0.00
TOTAL		100.00			

Nota: En la tabla 4 se presentan el análisis granulométrico por tamizado (Miranda, 2020)

Gráfica 1

Curva Granulométrica



Nota: En el gráfico se muestra la curva granulométrica, del estudio de suelos. (Miranda, 2020)

4.1.2.1. Determinación del Peso Específico Sólido de la Muestra

Cuadro 1

Resultados del peso específico

DESCRIPCION		M-100	M-101
Peso de la fiola + muestra + Agua	g.	374.5	374.4
Peso de la fiola + Agua	g.	340.2	340.2
Peso de la muestra	g.	55.0	55.0
Volumen desplazado	g.	20.8	20.8
Peso específico	g.	2.65	2.64
Contenido de Humedad (%)		2.64	

Nota: En el cuadro 1, se presenta los resultados del peso específico. (Miranda, 2020)

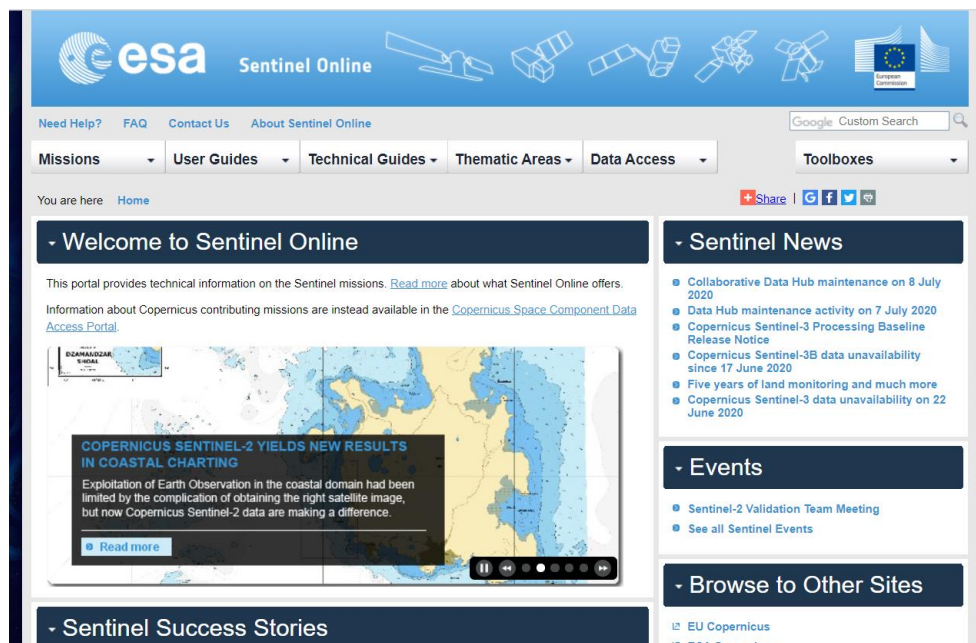
4.1.3. ESTUDIO DE HIDROLOGÍA

4.1.3.1. ESTUDIO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA:

Es esencial en el desarrollo de esta etapa de la investigación contar con información confiable y precisa, en este caso en especial hemos considerado solicitar la información cartográfica actualizada a la data de Sentinel E.S.A, que es una web del gobierno norteamericano con información rasterizada de la cartografía en casi la totalidad del globo terrestre.

Figura 9

Portal Sentinel E.S.A.



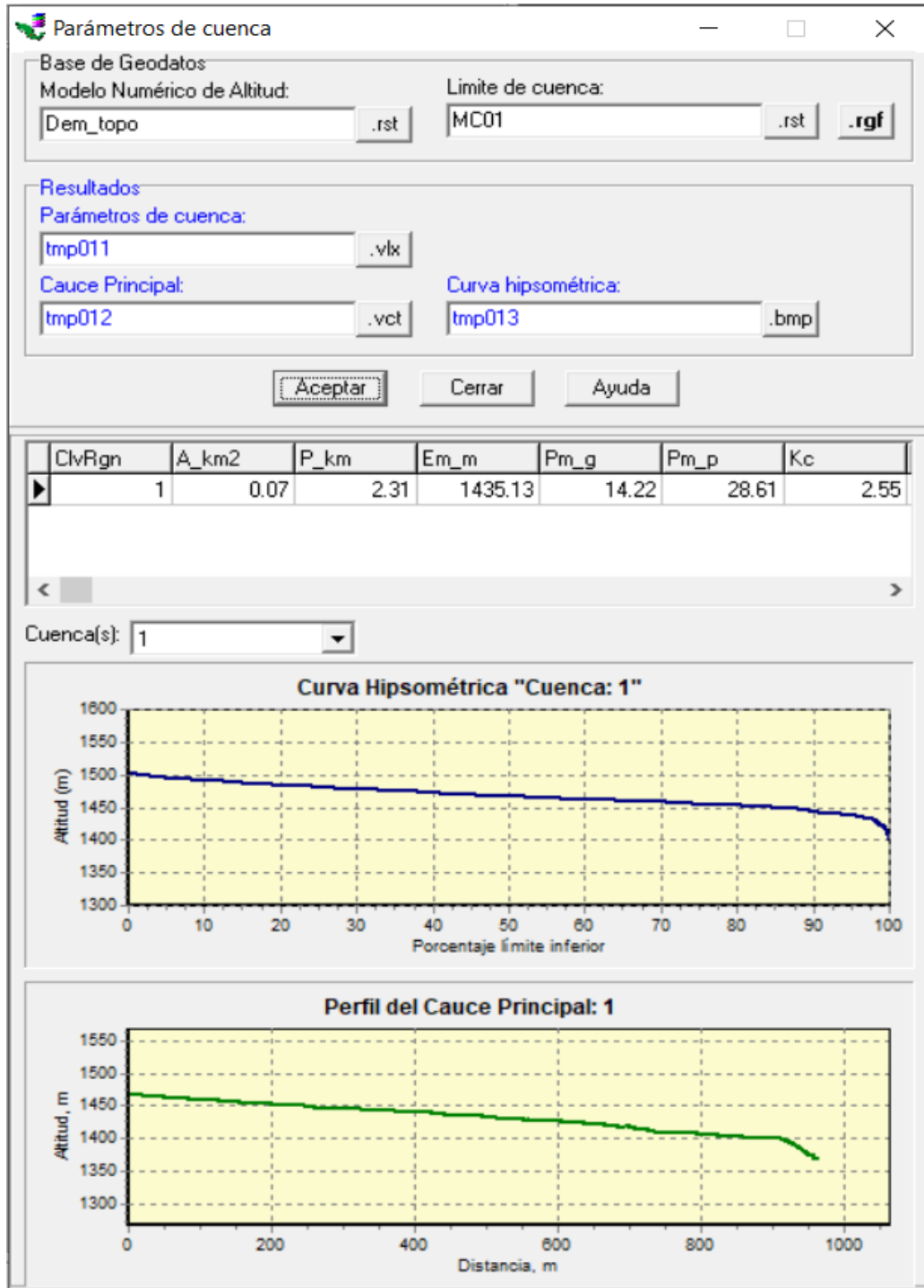
Nota: En la figura 9, se muestra el portal Sentinel E.S.A., donde se pudo contar con información rasterizada de la cartografía de los relieves en su totalidad del globo terrestre. (Autoría propia).

Como se puede apreciar en la imagen superior hemos tomado una captura del portal que nos ha permitido acceder a la información cartográfica del relieve peruano.

MICROCUEENCA N°1

Figura 10

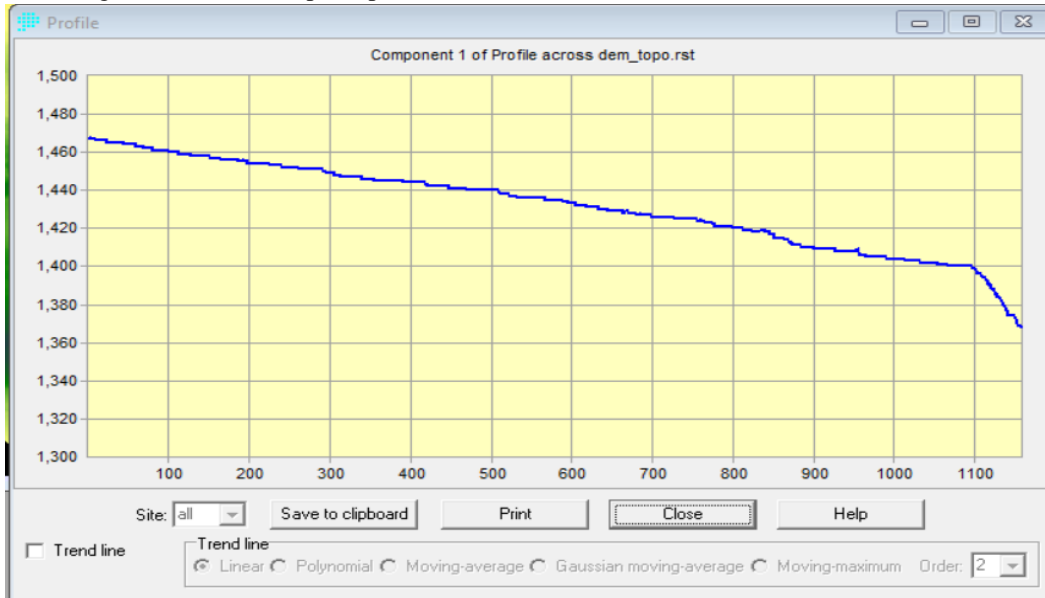
Parámetros de la micro cuenca N° 01



Nota: En la figura 10, se muestra el área, perímetro, elevación media, pendiente en grados, pendiente porcentual y el índice de compacidad; de la micro cuenca N° 01. (Autoría propia).

Figura 11

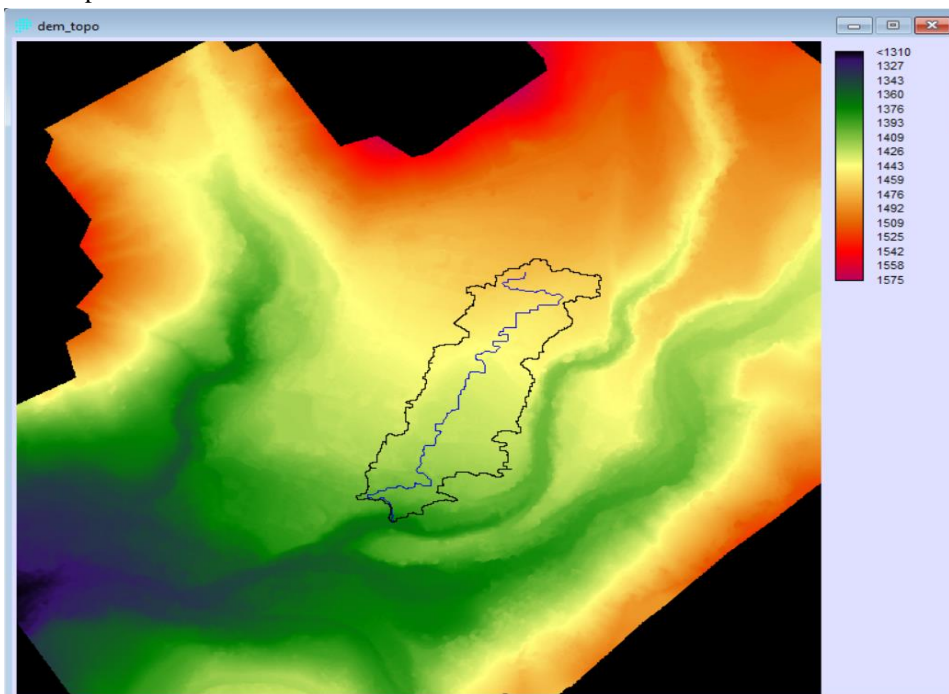
Perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 01



Nota: En la figura 11, se muestra el perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 01. (Autoría propia).

Figura 12

Vista en planta de la micro cuenca N° 01

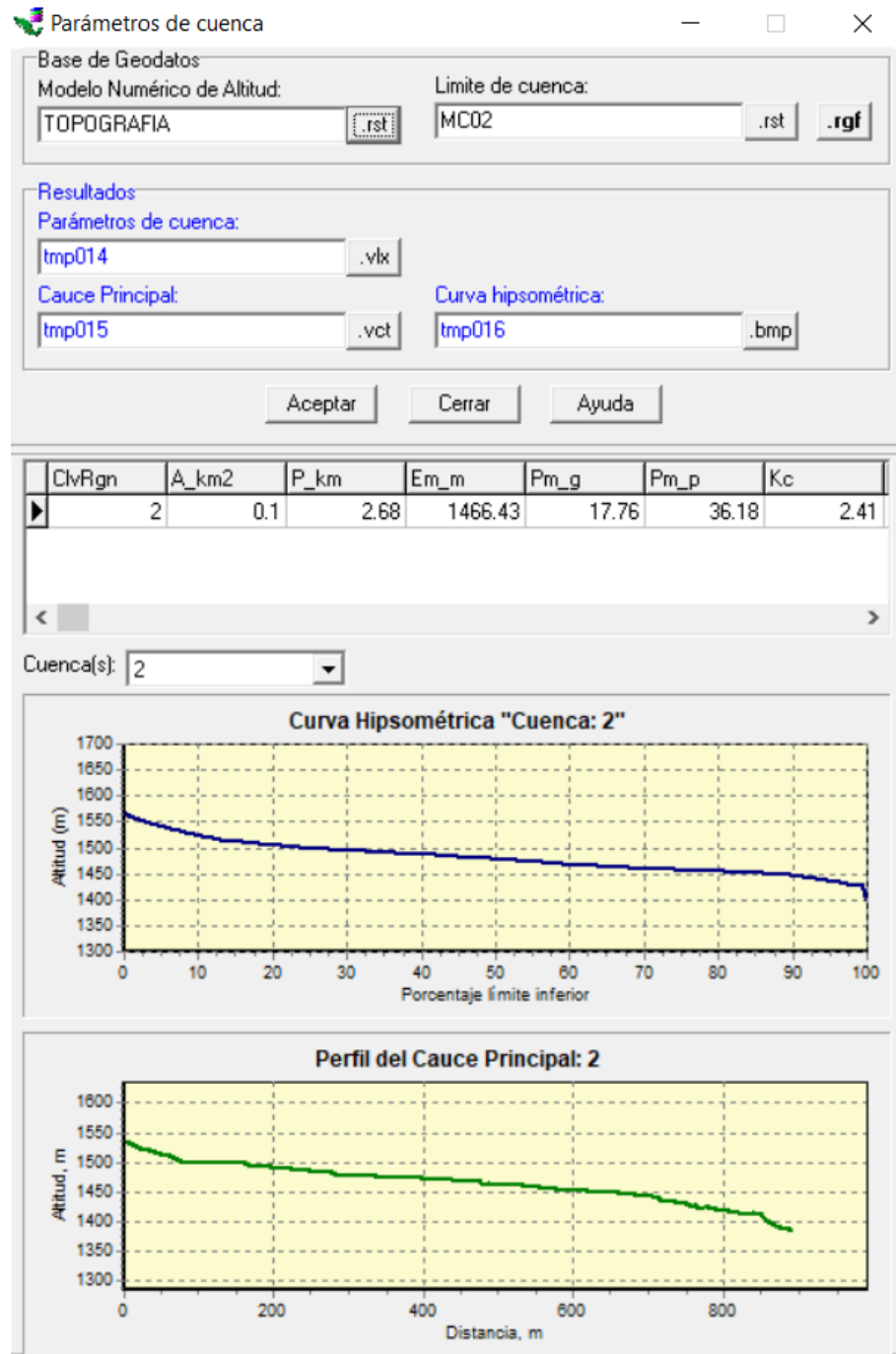


Nota: En la figura 12, se muestra la vista en planta de la micro cuenca N° 01 (Autoría propia).

MICROCUENCA N°2

Figura 13

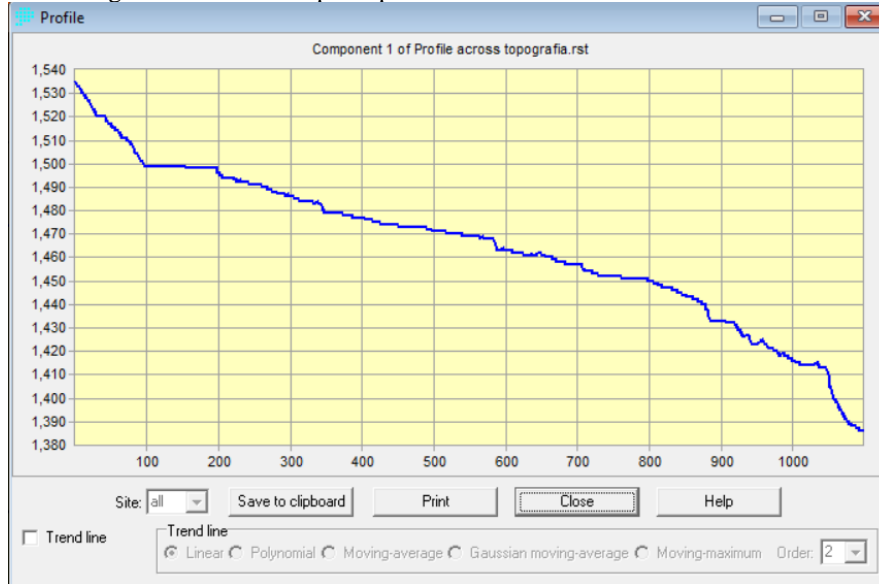
Parámetros de la micro cuenca N° 02



Nota: En la figura 13, se muestra el área, perímetro, elevación media, pendiente en grados, pendiente porcentual y el índice de compacidad; de la micro cuenca N° 02. (Autoría propia).

Figura 14

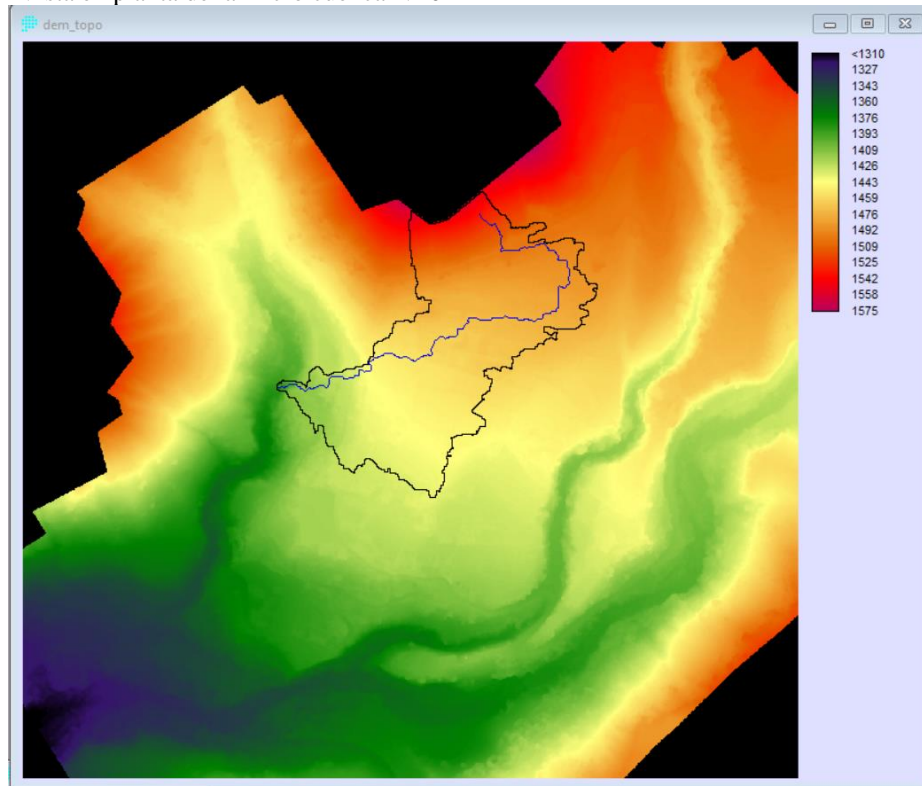
Perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 02



Nota: En la figura 14, se muestra el perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 02. (Autoría propia).

Figura 15

Vista en planta de la micro cuenca N° 02

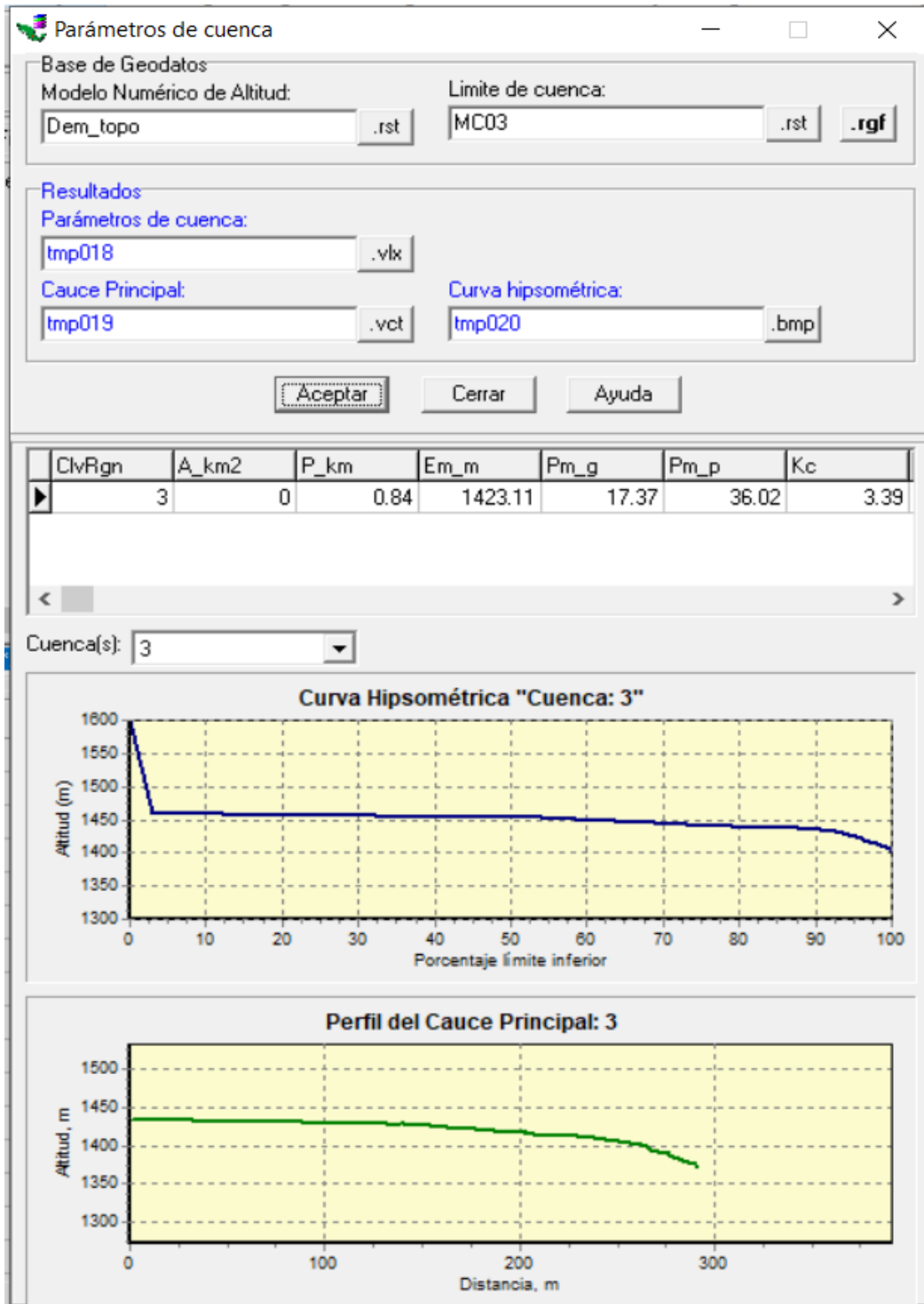


Nota: En la figura 15, se muestra la vista en planta de la micro cuenca N° 02. (Autoría propia).

MICROCUENCA N°3

Figura 16

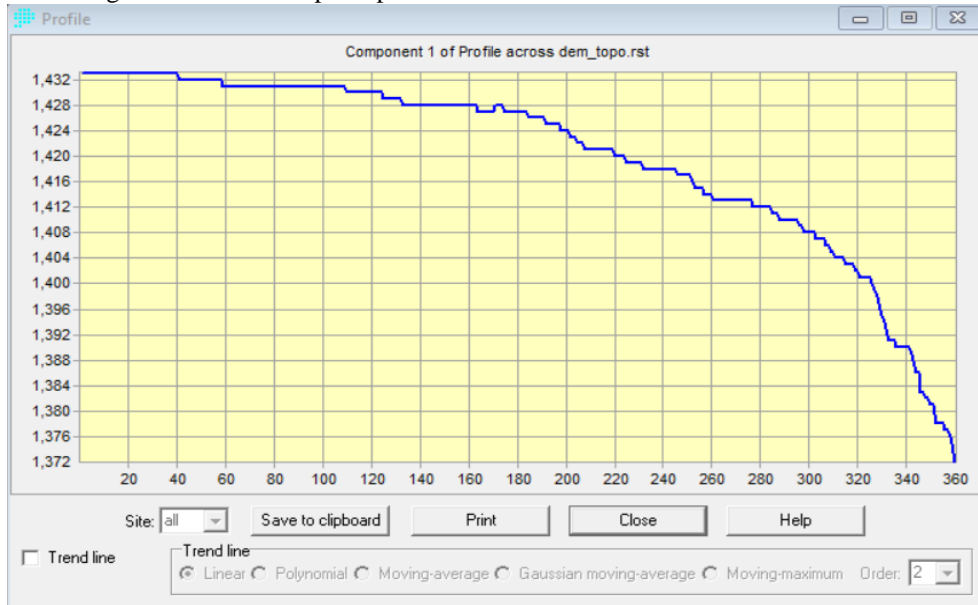
Parámetros de la micro cuenca N° 03



Nota: En la figura 16, se muestra el área, perímetro, elevación media, pendiente en grados, pendiente porcentual y el índice de compacidad; de la micro cuenca N° 03. (Autoría propia).

Figura 17

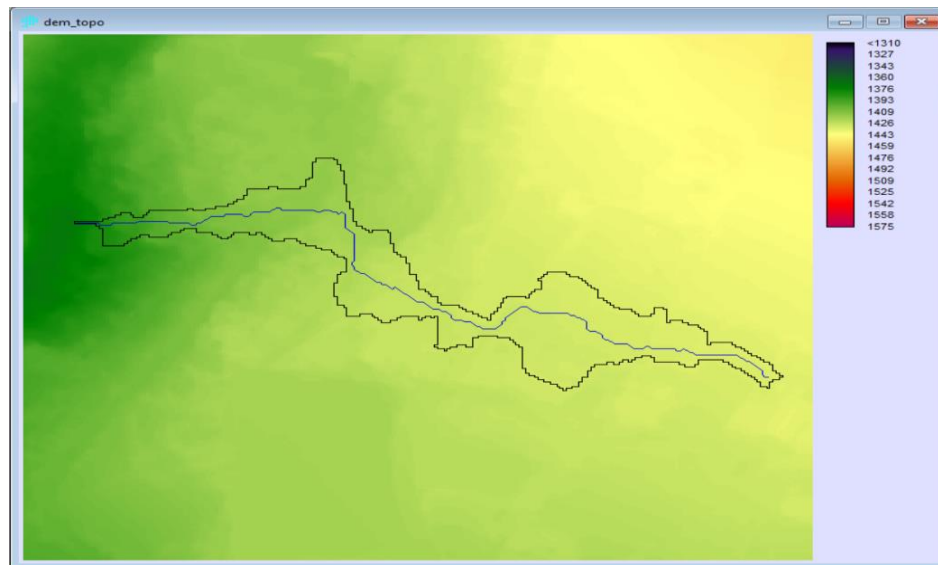
Perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 03



Nota: En la figura 17, se muestra el perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 03. (Autoría propia).

Figura 18

Vista en planta de la micro cuenca N° 03

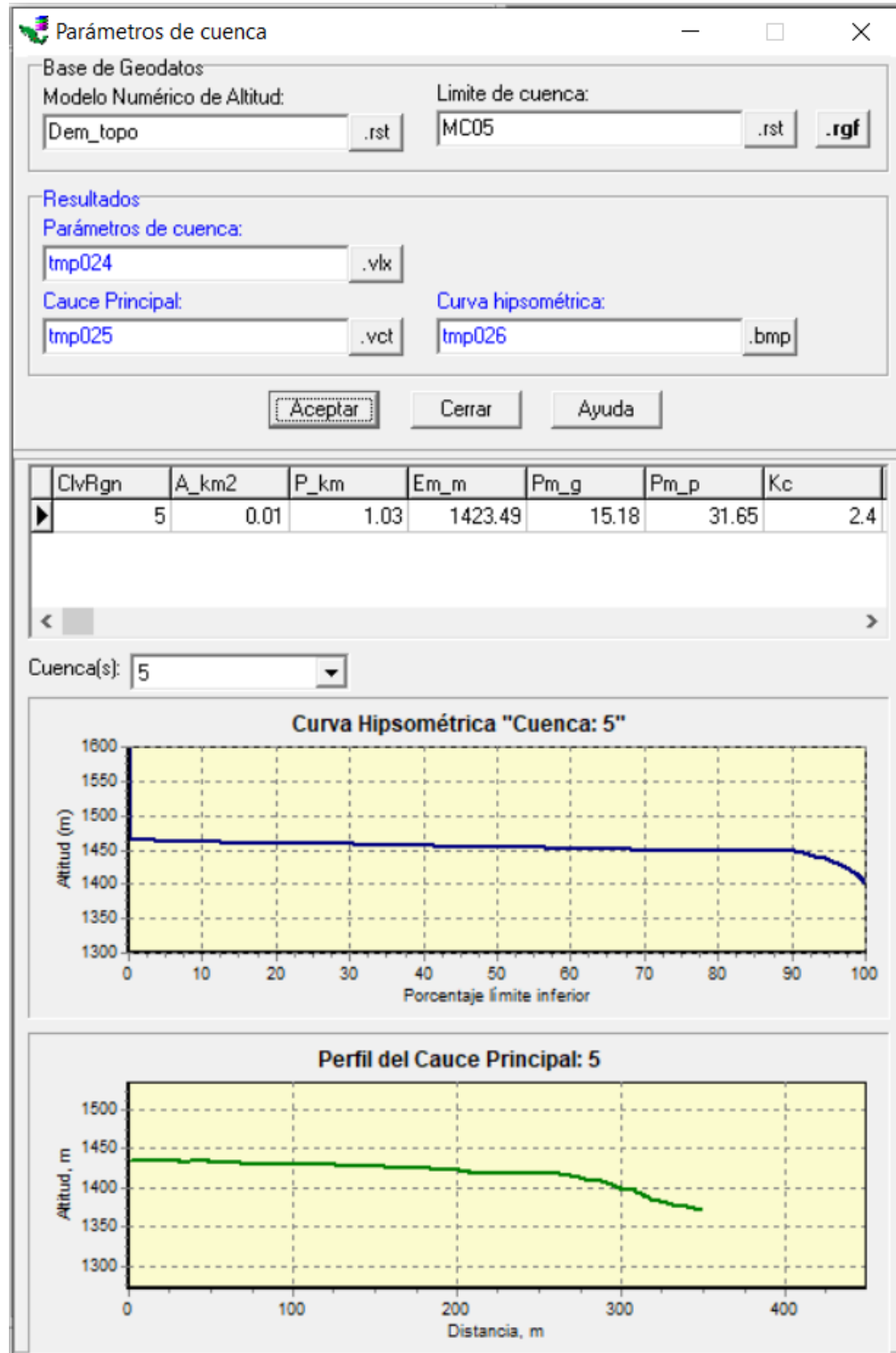


Nota: En la figura 18, se muestra la vista en planta de la micro cuenca N° 03. (Autoría propia).

MICROCUECA N°5

Figura 19

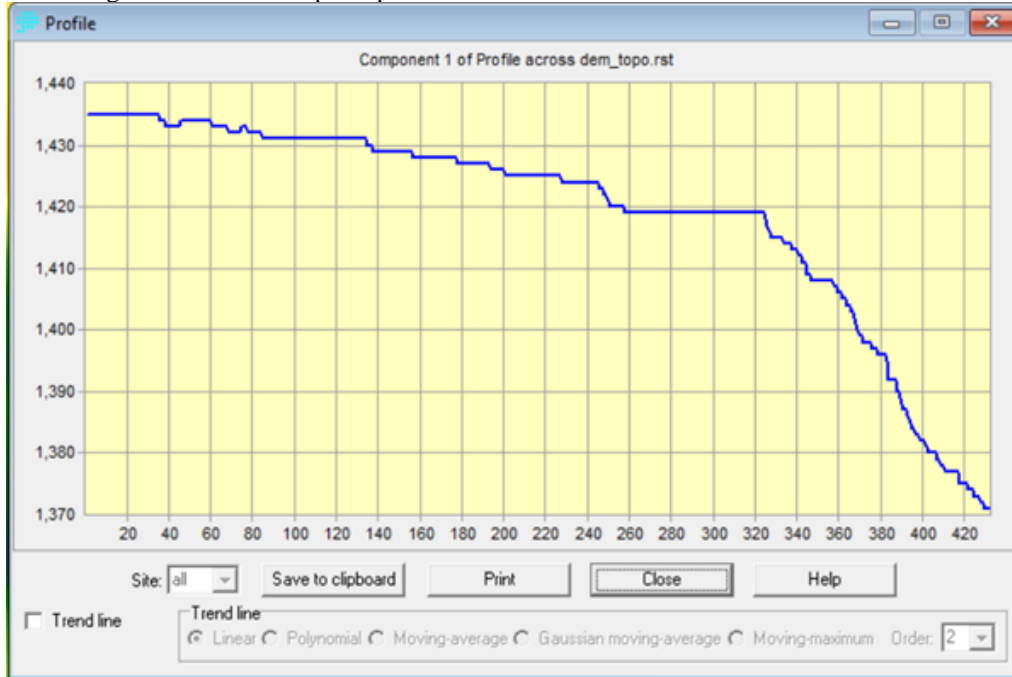
Parámetros de la micro cuenca N° 05



Nota: En la figura 19, se muestra el área, perímetro, elevación media, pendiente en grados, pendiente porcentual y el índice de compacidad; de la micro cuenca N° 05. (Autoría propia).

Figura 20

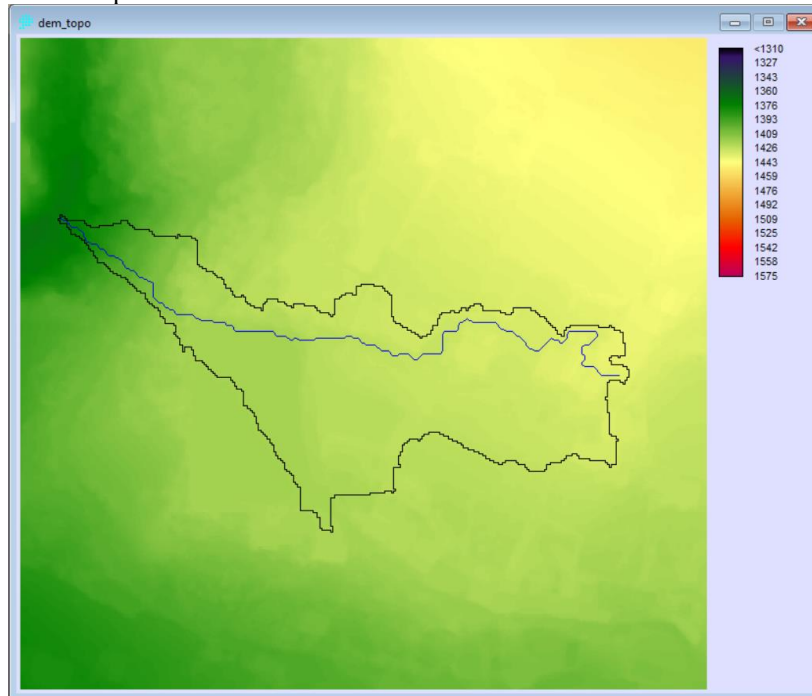
Perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 05



Nota: En la figura 20, se muestra el perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 05. (Autoría propia).

Figura 21

Vista en planta de la micro cuenca N° 05

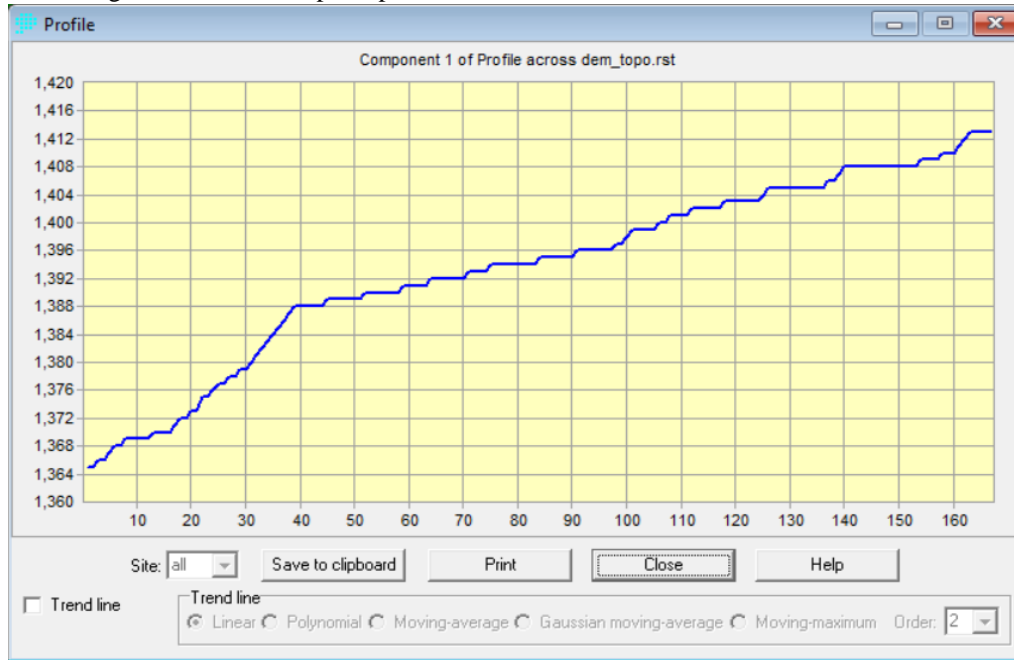


Nota: En la figura 21, se muestra la vista en planta de la micro cuenca N° 05. (Autoría propia).

MICROCUCENCA N°7

Figura 22

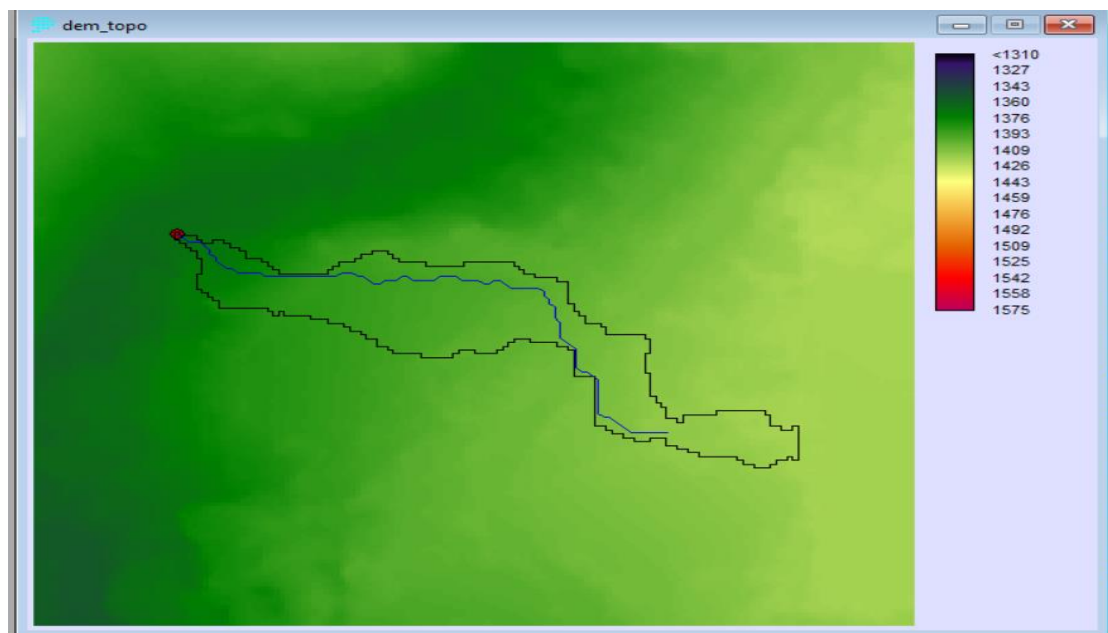
Perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 07



Nota: En la figura 22, se muestra el perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 07. (Autoría propia).

Figura 23

Vista en planta de la micro cuenca N° 07

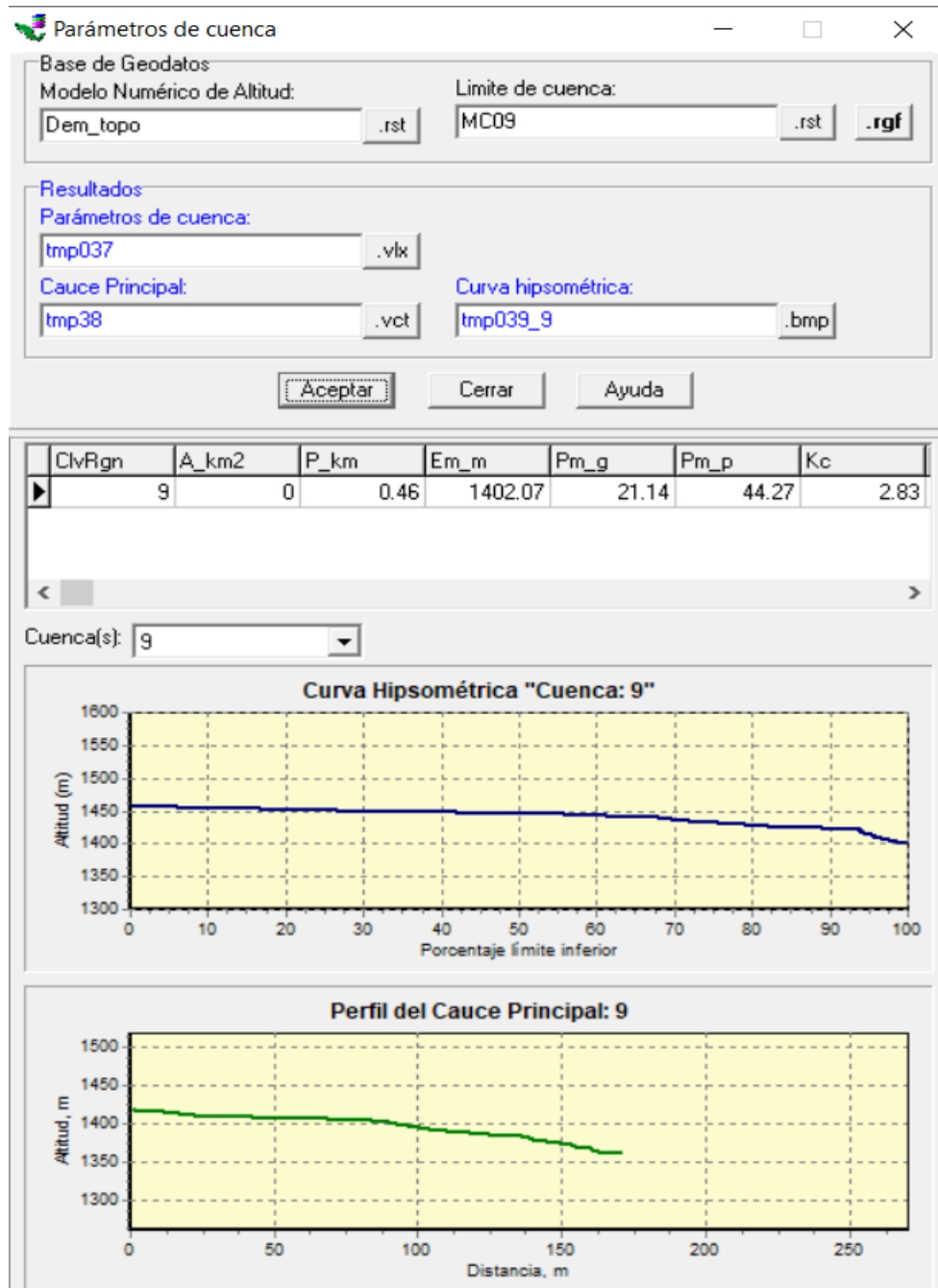


Nota: En la figura 23, se muestra la vista en planta de la micro cuenca N° 07. (Autoría propia).

MICROCUENCA N°9

Figura 24

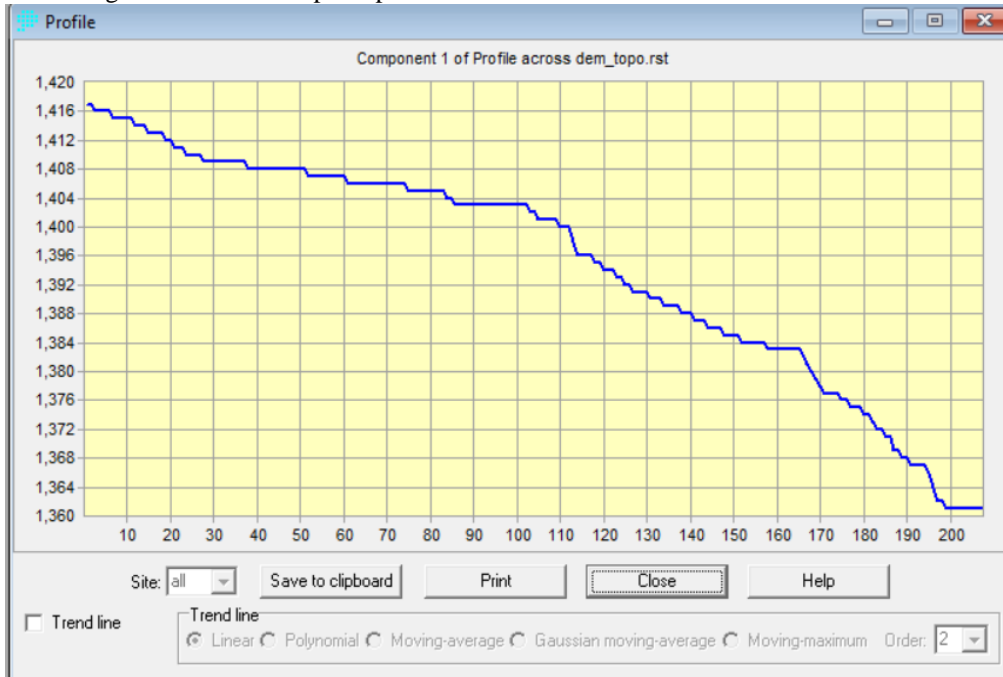
Parámetros de la micro cuenca N° 09



Nota: En la figura 24, se muestra el área, perímetro, elevación media, pendiente en grados, pendiente porcentual y el índice de compacidad; de la micro cuenca N° 09. (Autoría propia).

Figura 25

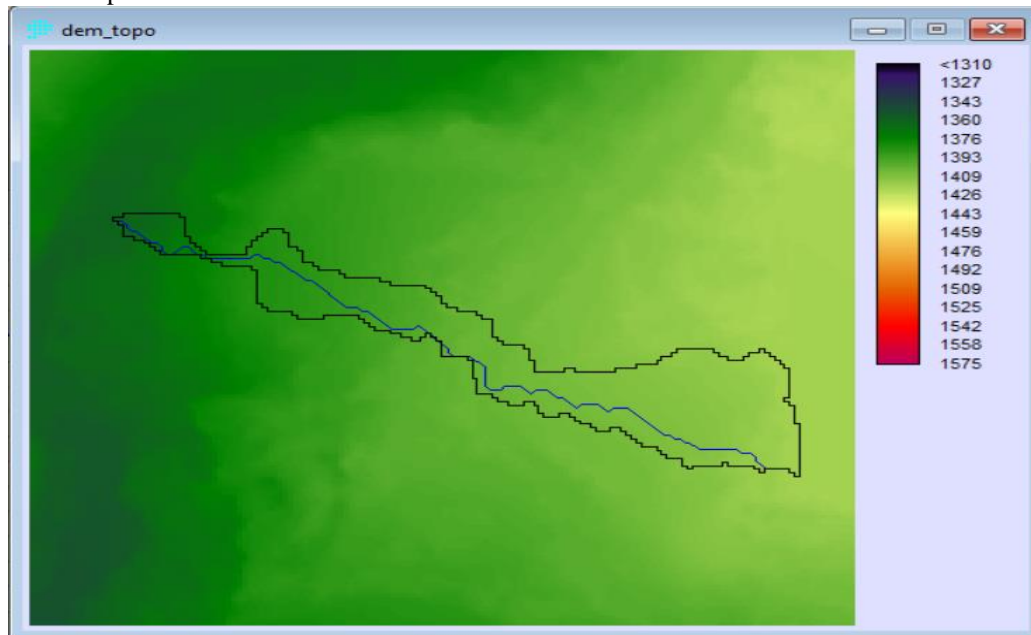
Perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 09



Nota: En la figura 25, se muestra el perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 09. (Autoría propia).

Figura 26

Vista en planta de la micro cuenca N° 09

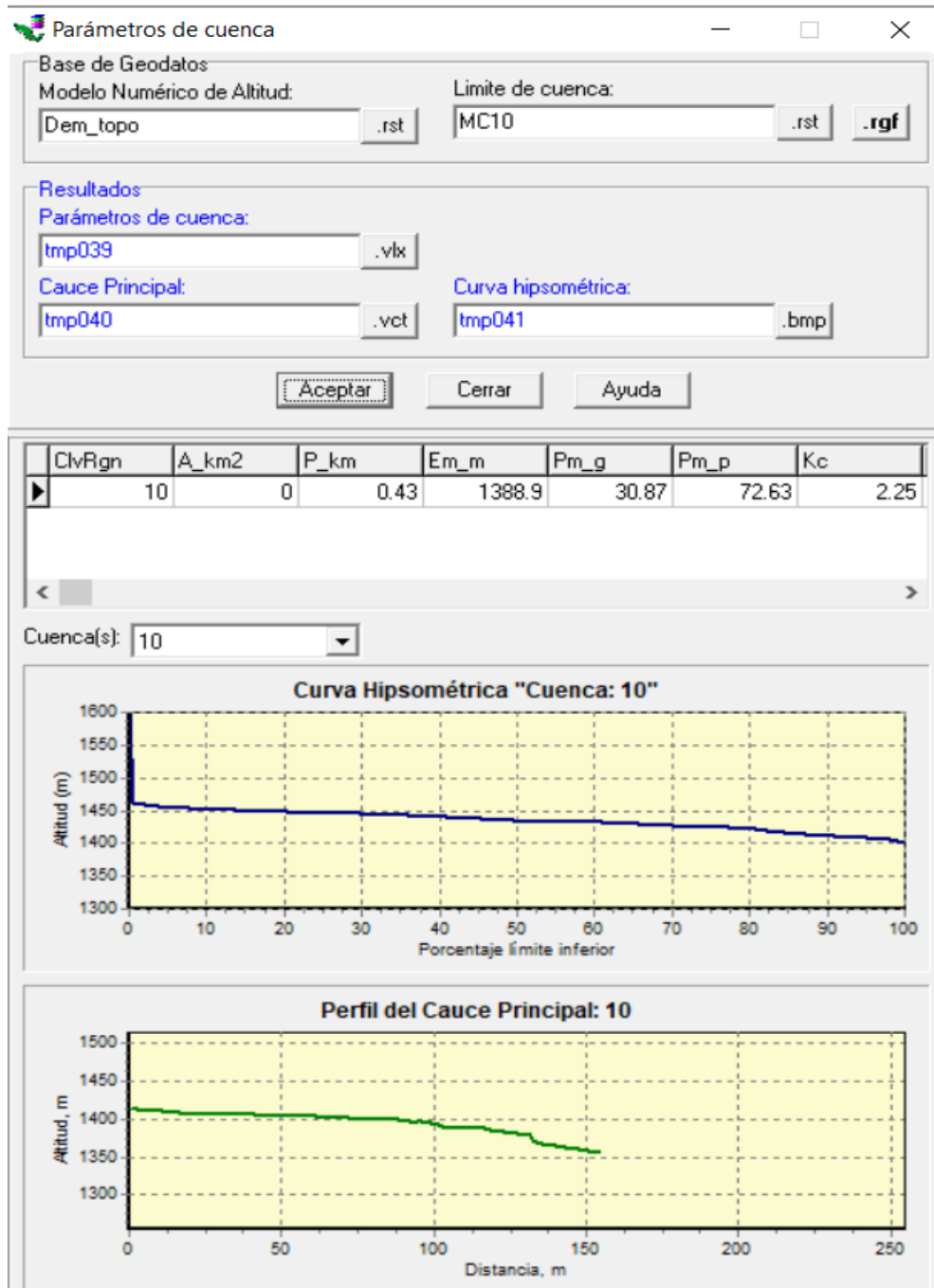


Nota: En la figura 21, se muestra la vista en planta de la micro cuenca N° 09. (Autoría propia).

MICROCUECA N°10

Figura 27

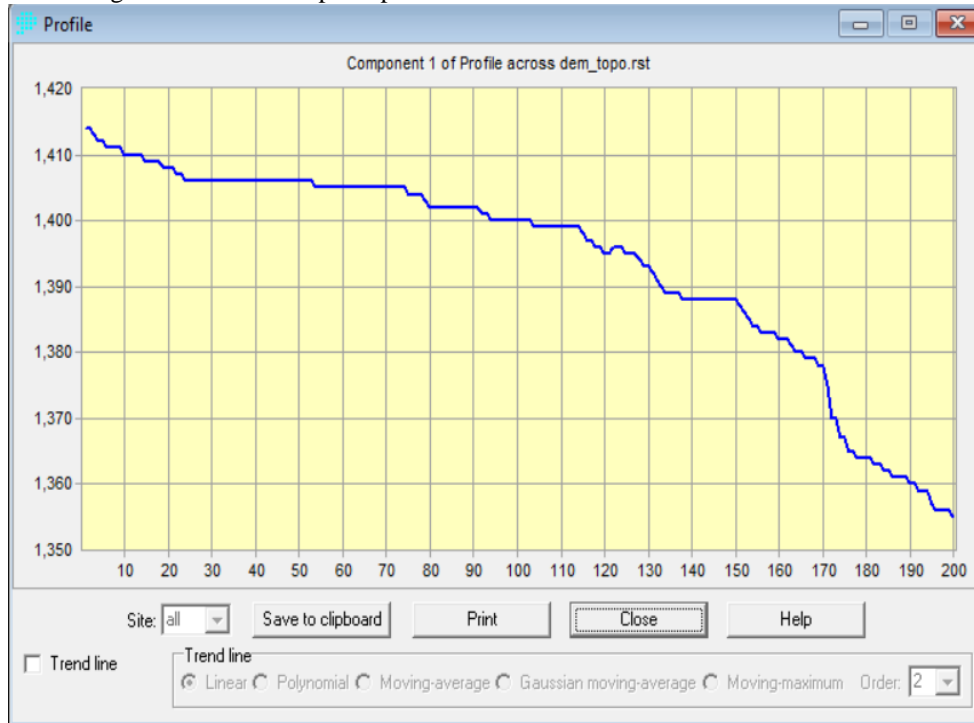
Parámetros de la micro cuenca N° 10



Nota: En la figura 27, se muestra el área, perímetro, elevación media, pendiente en grados, pendiente porcentual y el índice de compacidad; de la micro cuenca N° 10. (Autoría propia).

Figura 28

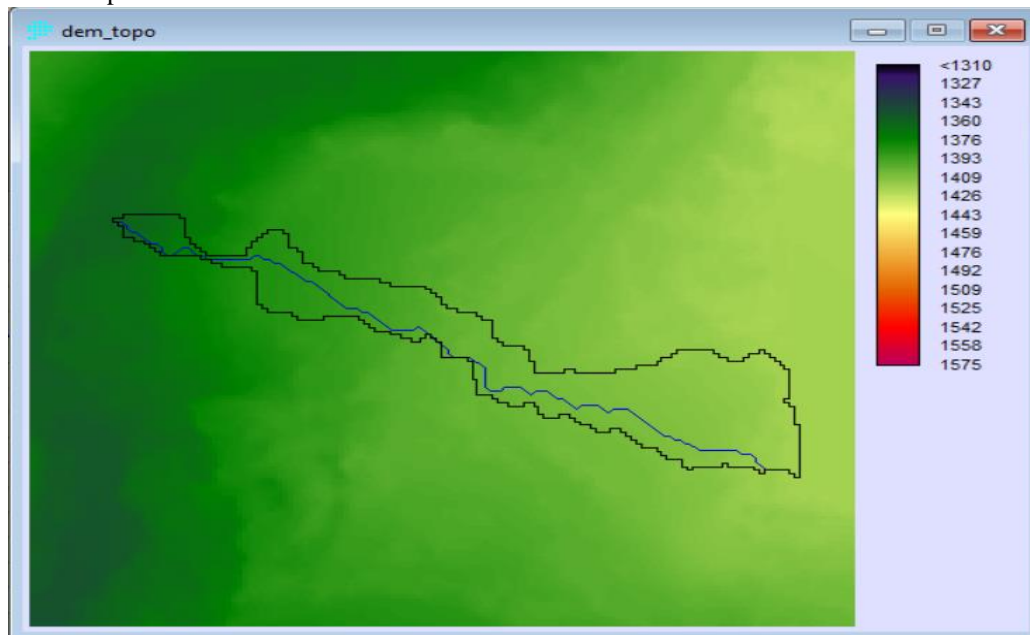
Perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 10



Nota: En la figura 28, se muestra el perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 10. (Autoría propia).

Figura 29

Vista en planta de la micro cuenca N° 10

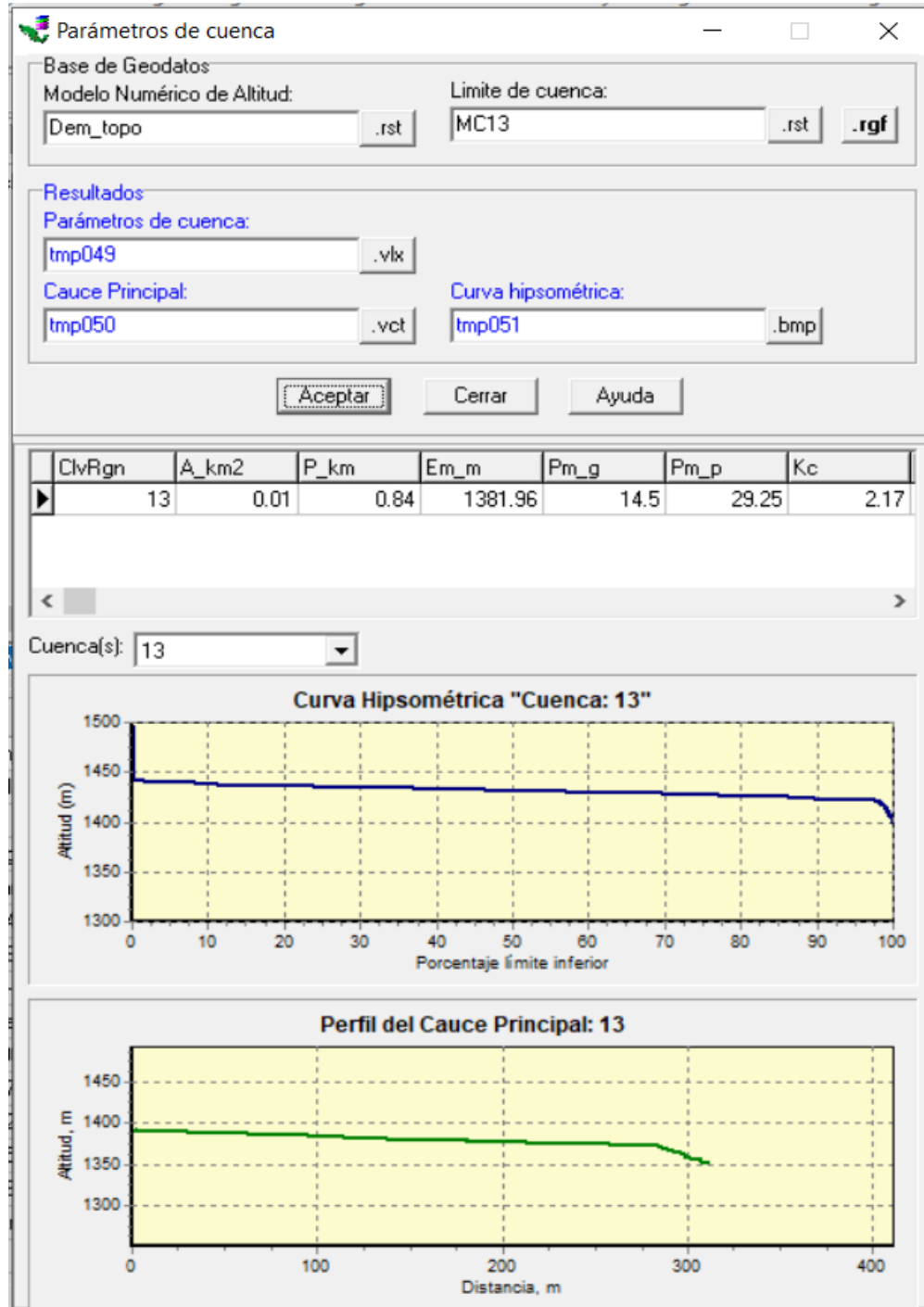


Nota: En la figura 29, se muestra la vista en planta de la micro cuenca N° 10. (Autoría propia).

MICROCUENCA N°13

Figura 30

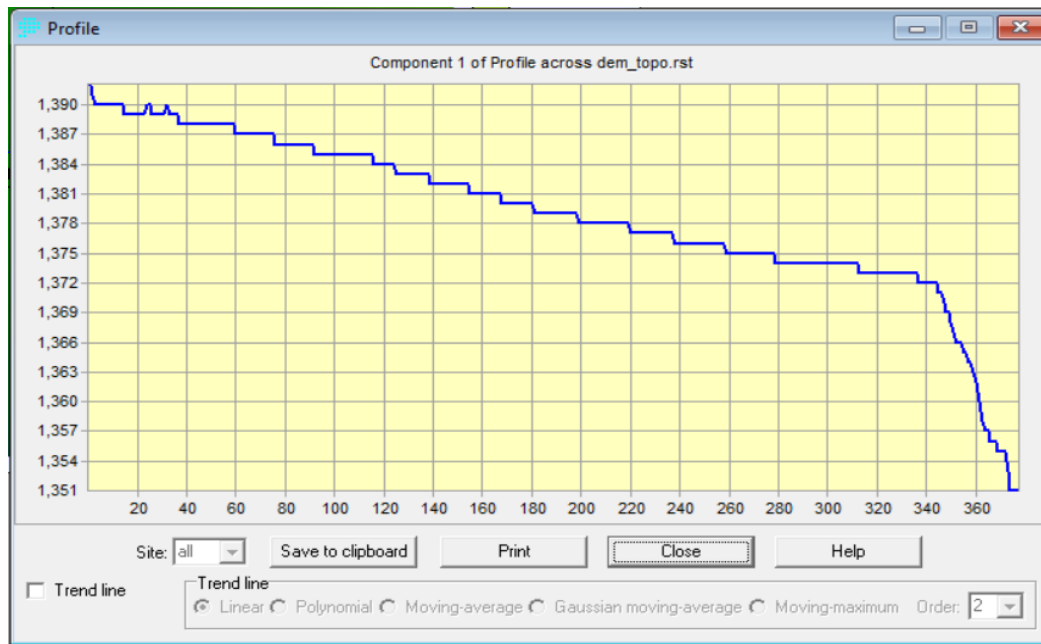
Parámetros de la micro cuenca N° 13



Nota: En la figura 30, se muestra el área, perímetro, elevación media, pendiente en grados, pendiente porcentual y el índice de compacidad; de la micro cuenca N° 13. (Autoría propia).

Figura 31

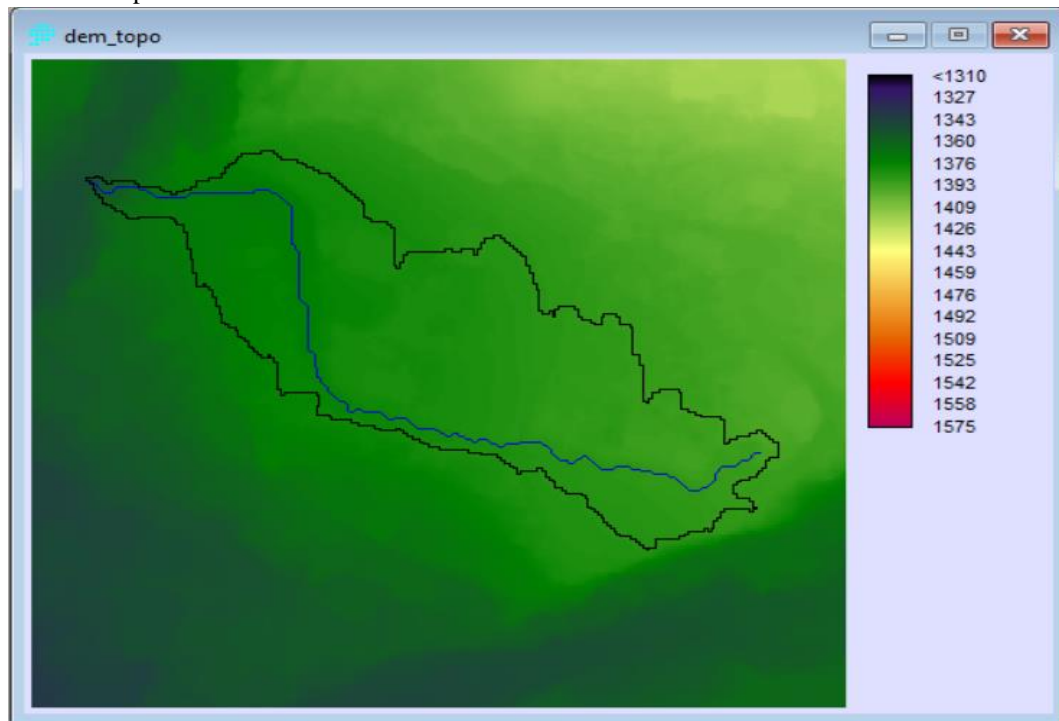
Perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 13



Nota: En la figura 31, se muestra el perfil longitudinal del cauce principal de la micro cuenca N° 13. (Autoría propia).

Figura 32

Vista en planta de la micro cuenca N° 13



Nota: En la figura 29, se muestra la vista en planta de la micro cuenca N° 13. (Autoría propia).

Tabla 5

Resumen de los parámetros morfo métricos de las microcuencas

Cuencas													Und	Descripcion
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
													und	Cuenca Hirografica
0.07	0.10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	km2	Superficie de la cuenca
2.31	2.68	0.84	0.43	1.03	0.57	0.40	0.35	0.46	0.43	0.37	1.38	0.84	km	Perimetro de la Cuenca
1435.13	1466.43	1423.11	1412.41	1423.49	1410.11	1389.00	1382.50	1402.07	1388.90	1377.00	1389.50	1381.96	msnm	Elevacion Media
14.22	17.76	17.37	26.74	15.18	17.63	15.24	13.87	21.14	30.87	28.23	21.35	14.50	°	Pendiente media Grados
28.61	36.18	36.02	59.42	31.65	38.61	27.24	24.69	44.27	72.63	53.69	39.09	29.25	%	Pendiente media Porcentaje
2.55	2.41	3.39	2.22	2.40	2.24	1.11	0.97	2.83	2.25	1.05	2.61	2.17		Coficiente de compacidad(Gravelious)
0.15	0.17	0.09	0.20	0.17	0.20	0.34	0.41	0.12	0.20	0.37	0.26	0.21		Relacion Circular
1.94	2.69	3.09	3.99	2.76	3.90	2.83	2.97	3.79	4.79	3.12	2.98	2.15		Relacion Hipsometrica
0.96	0.89	0.29	0.16	0.35	0.21	0.13	0.09	0.17	0.15	0.11	0.49	0.31	km	Longitud del eje del rio principal
0.48	0.41	0.23	0.13	0.27	0.18	0.10	0.08	0.15	0.13	0.09	0.31	0.23	km	Longitud directa del rio principal
2.01	2.16	1.25	1.28	1.31	1.14	1.59	1.77	1.16	1.22	1.67	1.27	1.35		Coficiente de Sinuosidad Hidraulico
1468.00	1535.00	1433.00	1428.00	1435.00	1419.00	1413.00	1404.00	1417.00	1414.00	1399.00	1426.00	1392.00	msnm	Altitud Maxima
1368.00	1386.00	1372.00	1373.00	1371.00	1370.00	1365.00	1361.00	1361.00	1355.00	1355.00	1353.00	1351.00	msnm	Altitud Minima
19.68	31.58	36.85	56.92	30.94	38.54	48.00	53.75	54.45	64.21	48.89	23.55	22.23	%	Pendiente Promedio del rio Principal
0.15	0.12	0.05	0.02	0.06	0.03	0.10	0.10	0.03	0.02	0.30	0.20	0.06	h	Tiempo de Concentracion kirpich
0.15	0.12	0.05	0.02	0.06	0.03	0.20	0.10	0.03	0.02	0.30	0.20	0.06	h	Tiempo de concentracion de California Highways and public works
5.40	4.32	1.80	0.72	2.16	1.08	3.60	3.60	1.08	0.72	10.80	7.20	2.16	min	T LAG

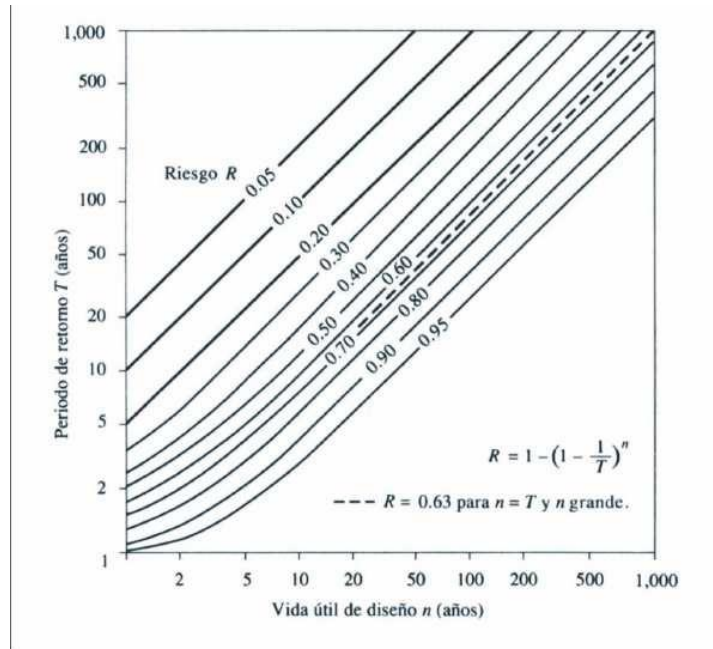
Nota: En la tabla 5, se presenta los parámetros morfo métricos de las microcuencas. (Autoría propia).

4.1.3.2. SELECCIÓN DEL PERÍODO DE RETORNO:

Se tiene que contemplar lo establecido en el manual de Hidrología, hidráulica y drenaje para la selección de este parámetro teniendo en cuenta la vida útil de la estructura a diseñar, que en este caso se trata de obras de drenaje y el riesgo admisible para dichos fines.

Figura 33

Selección del periodo de retorno



Nota: En la figura 33, se muestra la gráfica para la selección del periodo de retorno, donde se trabaja el periodo de retorno T (años) vs la vida útil de diseño n (años). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 17)

Siendo:

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

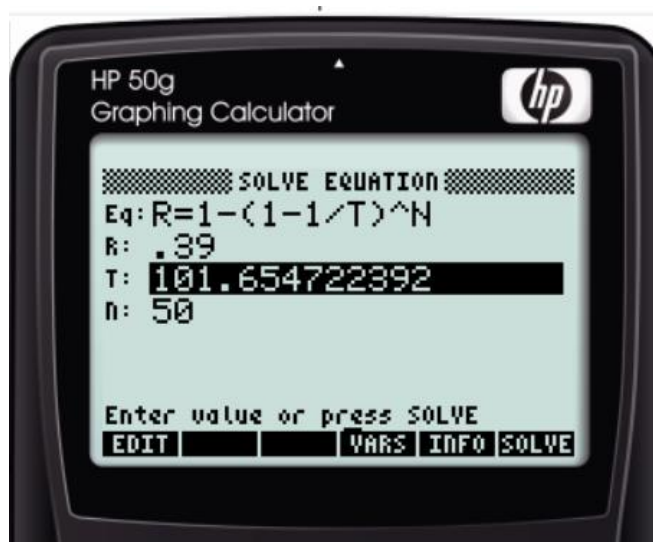
$R = 0.39$

$n = 50$ años

Luego:

Figura 34

Resolución de la Ecuación de Riesgo Admisible



Nota: En la figura 34, se muestra el resultado del periodo de retorno (T), al aplicar la ecuación del riesgo admisible. (Autoría Propia).

Siguiendo las indicaciones en el apartado N° 3.6, del Manual DHD, se ha calculado el periodo de retorno asumiendo un riesgo admisible de 39%, el cual ha sido elegido de la tabla N°02 “ Valores recomendados de riesgo admisible para obras de drenaje” teniendo en cuenta que se nos deja a criterio el valor de este parámetro, citando lo siguiente: “El Propietario de una Obra es el que define el riesgo admisible de falla y la vida útil de las obras” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 18), además hemos determinado que la vida útil de nuestro sistema de drenaje será de 50 años, ya que se trata de canales abiertos de concreto.

4.1.3.3. ESTACIONES CLIMÁTICAS

Mediante el sistema de adquisición de datos hidrológicos online del ANA, obtuvimos el resumen de las precipitaciones totales mensual de los últimos 55 años, teniendo en cuenta que la cantidad de años mínima exigida por el MHHD del MTC es de 20 años, nos encontramos por encima de este valor.

ESTUDIO HIDROLOGICO
ESTACION SALPO

Cuadro C.1 - ANALISIS FINAL

LATITUD: -8.0053

TIPO: ONVENCIONAL - CLIMÁTIC

DPTO. : LA LIBERTAD

LONGITUD: -78.607

CUENCA: CUENCA MOCHE

PROV. : OTUZCO

ALTITUD: 3458 m.s.n.m.

DIST. : OTUZCO

REGISTRO DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1963									1.3	11.6	14.1	6.7	33.7
1964	12.2	13.6	13.6	16.3	9.3	9.9	2.9	5.6	3.4	14.2	10.0	5.5	116.5
1965	17.0	8.7	15.2	12.0	8.5	3.6	4.6	2.1	4.6	8.0	8.9	8.0	101.2
1966	22.3	16.6	11.5	10.0	3.6	0.0	0.0	2.0	11.8	19.0	11.4	5.5	113.7
1967	15.1	23.9	9.7	5.6	3.8	1.4	9.7	1.5	9.1	12.6	4.6	2.4	99.4
1968	7.0	16.8	11.3	4.7	2.7	0.0	4.0	3.6	6.0	9.3	11.1	4.1	80.6
1969	3.0	14.4	23.8	20.4	9.6	6.2	0.0	4.1	7.9	14.4	16.0	17.4	137.2
1970	22.5	11.7	14.7	17.6	6.2	9.1	4.5	6.4	8.3	9.6	16.0	9.6	136.2
1971	9.9	15.1	14.7	12.3	19.5	5.6	1.3	12.2	8.2	6.3	9.6	6.0	120.7
1972	15.0	17.0	17.4	8.1	6.6	6.3	5.5	7.2	5.4	5.1	12.0	17.0	122.6
1973	13.2	6.7	18.2	14.6	9.1	5.1	5.6	1.8	9.5	9.2	10.0	9.5	112.5
1974	8.1	10.5	8.2	9.5	2.8	7.7	5.5	6.0	13.5	7.7	5.0	6.9	91.4
1975	23.7	14.1	21.6	20.2	4.7	7.3	2.5	15.3	10.0	12.1	14.6	1.4	147.5
1976	7.7	10.5	17.0	7.7	6.1	9.3	0.0	2.8	0.0	7.1	4.7	9.0	81.9
1977	22.0	19.1	12.7	14.0	9.0	0.0	3.0	1.0	2.4	5.9	5.4	9.8	104.3
1978	11.0	9.4	13.8	7.4	10.0	0.0	2.1	0.0	12.1	4.2	7.8	11.0	88.8
1979	6.7	6.6	69.5	10.0	5.4	0.0	4.6	2.5	6.2	5.8	0.0	10.0	127.3
1980	9.9	0.0	14.4	18.7	6.6	0.0	0.0	5.0	0.0	12.6	12.3	8.9	88.4
1981	30.2	14.2	14.6	10.0	0.0	6.2	0.0	6.5	0.0	16.9	9.4	18.9	126.9
1982	8.6	14.2	14.3	15.8	10.9	0.0	2.5	0.0	8.9	12.5	22.5	22.6	132.8
1983	17.5	25.3	39.3	17.4	5.8	7.5	0.0	0.0	7.0	7.2	8.9	18.3	154.2
1984	15.0	26.0	20.8	10.2	13.4	2.8	3.2	1.5	9.6	10.5	16.0	5.2	134.2
1985	6.2	26.3	10.2	15.5	10.2	0.0	10.2	12.2	15.2	10.2	1.6	10.0	127.8
1986	11.8	9.9	23.3	9.6	5.5	0.0	0.0	5.0	3.2	8.3	8.0	12.7	97.3
1987	10.0	19.8	10.0	18.0	4.5	1.5	2.5	1.6	9.3	5.0	6.2	9.3	97.7
1988	20.0	14.5	12.0	10.0	7.0	1.4	1.2	11.0	5.6	14.0	4.0	0.0	100.7
1989	12.0	20.0	14.0	10.0	7.0	6.0	6.0	4.0	5.0	20.0	4.2	0.0	108.2
1990	6.2	10.0	16.5	14.0	14.0	5.0	0.0	0.0	12.2	20.4	2.8	7.8	108.9
1991	8.8	10.2	20.6	20.0	10.0	0.3	0.0	0.0	9.0	10.0	20.0	6.2	115.1
1992	12.0	10.0	20.0	10.4	20.0	14.0	8.4	1.3	8.6	4.8	5.8	2.8	118.1
1993	10.8	10.8	15.0	13.0	6.9	3.4	9.0	2.0	10.0	7.2	10.0	9.5	107.6
1994	10.0	40.0	10.0	11.2	14.0	6.2	3.5	0.0	16.4	2.1	10.2	10.4	134.0
1995	18.4	20.0	12.0	10.0	5.7	4.0	8.7	3.0	7.4	12.0	8.2	14.0	123.4
1996	18.0	20.0	14.0	10.6	7.5	3.2	0.4	6.5	9.0	9.5	1.5	2.4	102.6
1997	5.5	20.0	10.0	15.5	6.2	4.0	2.0	0.0	5.5	7.0	11.0	18.0	104.7
1998	18.3	26.0	20.5	20.5	15.5	3.5	2.2	7.5	14.5	7.5	9.2	7.4	152.6
1999	12.0	20.0	7.0	10.0	10.7	6.6	4.0	0.5	5.8	7.4	3.0	6.0	93.0
2000	12.7	18.3	14.8	16.0	13.6	11.5	3.6	6.2	8.5	18.0	8.7	18.0	149.9
2001	18.7	12.8	29.0	16.6	10.0	6.5	2.5	0.3	6.0	5.7	8.0	11.8	127.9
2002	7.5	23.0	14.7	7.0	2.4	12.0	0.3	0.0	1.4	14.6	10.8	7.8	101.5
2003	12.6	23.5	16.4	12.4	4.2	10.0	5.8	0.0	2.2	5.0	8.0	8.5	108.6
2004	8.0	14.4	9.1	10.2	3.4	0.2	2.0	0.0	6.7	20.8	7.2	8.6	90.6
2005	10.0	8.6	10.2	10.6	1.0	0.6	0.0	9.8	6.5	16.0	10.0	9.0	92.3
2006	10.2	20.0	20.6	12.4	8.2	5.5	0.0	8.6	7.0	4.2	15.2	5.4	117.3
2007	10.8	8.6	18.3	8.4	5.9	0.0	5.6	5.2	5.5	10.4	12.3	6.3	97.3
2008	7.3	10.6	15.0	16.0	4.3	6.0	3.5	2.4	8.6	9.8	22.6	1.3	107.4
2009	18.2	8.5	8.4	9.6	4.8	3.0	5.0	3.6	1.4	9.2	8.3	5.2	85.2
2010	7.6	14.5	6.3	9.4	4.6	6.4	2.0	5.4	14.0	4.4	6.2	8.0	88.8
2011	10.2	6.3	4.6	6.4	3.0	1.6	1.6	2.0	3.2	6.4	5.6	7.4	58.3
2012	9.4	25.2	18.3	8.4	6.3	3.0	0.0	1.4	1.7	6.3	5.3	8.2	93.5
2013	7.6	13.5	21.3	12.2	3.4	3.0	0.0	0.0	6.0	16.0	2.5	10.0	95.5
2014	19.0	10.2	16.0	10.0	8.0	10.0	6.6	6.0	11.4	7.0	8.4	24.0	136.6
2015	9.8	18.3	23.6	16.8	8.2	4.0	4.2	0.0	4.8	12.5	10.0	15.2	127.4
2016	9.8	21.0	10.0	15.0	3.2	0.8	0.0	0.0	17.4	30.7	4.6	4.2	116.7
2017	6.2	15.0	28.3	13.0	8.3	4.5	0.3	9.8	4.2	5.0	9.5	8.6	112.7
PROM	12.47	15.63	16.60	12.43	7.43	4.36	3.01	3.75	7.24	10.35	9.08	9.05	107.66
DES. STA	5.58	6.89	9.62	4.04	4.20	3.65	2.84	3.79	4.22	5.40	4.89	5.37	22.65
MAX.	30.2	40.0	69.5	20.5	20.0	14.0	10.2	15.3	17.4	30.7	22.6	24.0	152.6
MIN.	3.0	0.0	4.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	33.7

Fuente: SENAMHI (1963 - 2017)

Limite por encima del cual se hallan los años húmedos: **119.8**

Limite por debajo del cual se hallan los años secos: **92.8**

4.1.3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS HIDROLÓGICOS

E.2.1.1 DISTRIBUCION NORMAL - Momentos lineales

Tabla 6

Distribución Normal

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	10.2	0.0179	0.0773	0.0332	0.0595
2	13.5	0.0357	0.1502	0.0908	0.1145
3	13.8	0.0536	0.1585	0.0985	0.1050
4	14.1	0.0714	0.1672	0.1066	0.0958
5	14.5	0.0893	0.1792	0.1181	0.0900
6	15.0	0.1071	0.1950	0.1338	0.0879
7	16.0	0.1250	0.2290	0.1692	0.1040
8	16.3	0.1429	0.2398	0.1809	0.0970
9	16.8	0.1607	0.2584	0.2016	0.0977
10	17.0	0.1786	0.2661	0.2102	0.0875
11	17.0	0.1964	0.2661	0.2102	0.0697
12	17.4	0.2143	0.2817	0.2281	0.0674
13	18.2	0.2321	0.3143	0.2663	0.0821
14	18.2	0.2500	0.3143	0.2663	0.0643
15	18.3	0.2679	0.3184	0.2713	0.0506
16	18.3	0.2857	0.3184	0.2713	0.0327
17	18.7	0.3036	0.3354	0.2918	0.0318
18	19.5	0.3214	0.3703	0.3346	0.0488
19	19.8	0.3393	0.3836	0.3514	0.0444
20	20.0	0.3571	0.3926	0.3627	0.0355
21	20.0	0.3750	0.3926	0.3627	0.0176
22	20.0	0.3929	0.3926	0.3627	0.0002
23	20.0	0.4107	0.3926	0.3627	0.0181

24	20.0	0.4286	0.3926	0.3627	0.0359
25	20.0	0.4464	0.3926	0.3627	0.0538
26	20.0	0.4643	0.3926	0.3627	0.0716
27	20.4	0.4821	0.4108	0.3856	0.0713
28	20.6	0.5000	0.4200	0.3972	0.0800
29	20.6	0.5179	0.4200	0.3972	0.0979
30	20.8	0.5357	0.4292	0.4090	0.1065
31	21.3	0.5536	0.4523	0.4386	0.1012
32	22.0	0.5714	0.4850	0.4807	0.0864
33	22.3	0.5893	0.4991	0.4988	0.0902
34	22.5	0.6071	0.5084	0.5109	0.0987
35	22.6	0.6250	0.5131	0.5169	0.1119
36	22.6	0.6429	0.5131	0.5169	0.1297
37	23.0	0.6607	0.5318	0.5410	0.1289
38	23.3	0.6786	0.5458	0.5590	0.1328
39	23.5	0.6964	0.5551	0.5709	0.1413
40	23.6	0.7143	0.5597	0.5769	0.1545
41	23.7	0.7321	0.5644	0.5828	0.1678
42	23.8	0.7500	0.5690	0.5887	0.1810
43	23.9	0.7679	0.5736	0.5946	0.1943
44	24.0	0.7857	0.5782	0.6004	0.2075
45	25.2	0.8036	0.6324	0.6687	0.1712
46	26.0	0.8214	0.6672	0.7114	0.1543
47	26.0	0.8393	0.6672	0.7114	0.1721
48	26.3	0.8571	0.6799	0.7267	0.1773
49	28.3	0.8750	0.7587	0.8175	0.1163
50	29.0	0.8929	0.7836	0.8442	0.1093
51	30.2	0.9107	0.8226	0.8837	0.0881
52	30.7	0.9286	0.8374	0.8978	0.0911

53	39.3	0.9464	0.9769	0.9949	0.0305
54	40.0	0.9643	0.9811	0.9963	0.0168
55	69.5	0.9821	1.0000	1.0000	0.0179
DELTA TEORICO =					0.2075

Nota: En la tabla 6 se presenta el análisis estadístico de datos hidrológicos, para la Distribución Normal – Momentos Lineales. (Autoría Propia).

E.2.1.2 DISTRIBUCION LOG NORMAL 2 PARAMETROS - Momentos lineales

Tabla 7

Distribución Log Normal 2 Parámetros

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	10.2	0.0179	0.0066	0.0036	0.0112
2	13.5	0.0357	0.0628	0.0486	0.0271
3	13.8	0.0536	0.0725	0.0572	0.0190
4	14.1	0.0714	0.0831	0.0668	0.0117
5	14.5	0.0893	0.0985	0.0811	0.0092
6	15.0	0.1071	0.1198	0.1014	0.0127
7	16.0	0.1250	0.1690	0.1497	0.0440
8	16.3	0.1429	0.1853	0.1661	0.0424
9	16.8	0.1607	0.2138	0.1951	0.0531
10	17.0	0.1786	0.2256	0.2072	0.0470
11	17.0	0.1964	0.2256	0.2072	0.0292
12	17.4	0.2143	0.2498	0.2324	0.0356
13	18.2	0.2321	0.3004	0.2854	0.0682
14	18.2	0.2500	0.3004	0.2854	0.0504
15	18.3	0.2679	0.3068	0.2923	0.0390
16	18.3	0.2857	0.3068	0.2923	0.0211
17	18.7	0.3036	0.3329	0.3200	0.0294

18	19.5	0.3214	0.3857	0.3765	0.0643
19	19.8	0.3393	0.4056	0.3979	0.0663
20	20.0	0.3571	0.4188	0.4121	0.0616
21	20.0	0.3750	0.4188	0.4121	0.0438
22	20.0	0.3929	0.4188	0.4121	0.0259
23	20.0	0.4107	0.4188	0.4121	0.0080
24	20.0	0.4286	0.4188	0.4121	0.0098
25	20.0	0.4464	0.4188	0.4121	0.0277
26	20.0	0.4643	0.4188	0.4121	0.0455
27	20.4	0.4821	0.4450	0.4405	0.0371
28	20.6	0.5000	0.4581	0.4546	0.0419
29	20.6	0.5179	0.4581	0.4546	0.0598
30	20.8	0.5357	0.4710	0.4686	0.0647
31	21.3	0.5536	0.5030	0.5032	0.0506
32	22.0	0.5714	0.5464	0.5502	0.0250
33	22.3	0.5893	0.5644	0.5697	0.0248
34	22.5	0.6071	0.5763	0.5825	0.0309
35	22.6	0.6250	0.5821	0.5888	0.0429
36	22.6	0.6429	0.5821	0.5888	0.0607
37	23.0	0.6607	0.6051	0.6136	0.0556
38	23.3	0.6786	0.6218	0.6316	0.0568
39	23.5	0.6964	0.6327	0.6433	0.0637
40	23.6	0.7143	0.6381	0.6491	0.0762
41	23.7	0.7321	0.6434	0.6548	0.0887
42	23.8	0.7500	0.6487	0.6604	0.1013
43	23.9	0.7679	0.6540	0.6660	0.1139
44	24.0	0.7857	0.6591	0.6716	0.1266
45	25.2	0.8036	0.7173	0.7332	0.0863
46	26.0	0.8214	0.7518	0.7694	0.0696

47	26.0	0.8393	0.7518	0.7694	0.0875
48	26.3	0.8571	0.7639	0.7819	0.0932
49	28.3	0.8750	0.8330	0.8524	0.0420
50	29.0	0.8929	0.8528	0.8720	0.0400
51	30.2	0.9107	0.8821	0.9004	0.0286
52	30.7	0.9286	0.8927	0.9105	0.0359
53	39.3	0.9464	0.9810	0.9877	0.0345
54	40.0	0.9643	0.9836	0.9896	0.0193
55	69.5	0.9821	1.0000	1.0000	0.0178
DELTA TEORICO =					0.1266

Nota: En la tabla 7 se presenta el análisis estadístico de datos hidrológicos, para la Distribución Log Normal 2 Parámetros – Momentos Lineales. (Autoría Propia).

E.2.1.3 DISTRIBUCION LOG NORMAL 3 PARAMETROS - Momentos lineales

Tabla 8

Distribución Log Normal 3 Parámetros

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	10.2	0.0179	-3.4082	0.0003	0.0175
2	13.5	0.0357	-1.7115	0.0435	0.0078
3	13.8	0.0536	-1.6068	0.0541	0.0005
4	14.1	0.0714	-1.5069	0.0659	0.0055
5	14.5	0.0893	-1.3804	0.0837	0.0056
6	15.0	0.1071	-1.2319	0.1090	0.0018
7	16.0	0.1250	-0.9623	0.1680	0.0430
8	16.3	0.1429	-0.8875	0.1874	0.0446
9	16.8	0.1607	-0.7682	0.2212	0.0605
10	17.0	0.1786	-0.7223	0.2351	0.0565
11	17.0	0.1964	-0.7223	0.2351	0.0386

12	17.4	0.2143	-0.6332	0.2633	0.0490
13	18.2	0.2321	-0.4653	0.3209	0.0887
14	18.2	0.2500	-0.4653	0.3209	0.0709
15	18.3	0.2679	-0.4452	0.3281	0.0602
16	18.3	0.2857	-0.4452	0.3281	0.0424
17	18.7	0.3036	-0.3665	0.3570	0.0534
18	19.5	0.3214	-0.2172	0.4140	0.0926
19	19.8	0.3393	-0.1638	0.4350	0.0957
20	20.0	0.3571	-0.1289	0.4487	0.0916
21	20.0	0.3750	-0.1289	0.4487	0.0737
22	20.0	0.3929	-0.1289	0.4487	0.0559
23	20.0	0.4107	-0.1289	0.4487	0.0380
24	20.0	0.4286	-0.1289	0.4487	0.0202
25	20.0	0.4464	-0.1289	0.4487	0.0023
26	20.0	0.4643	-0.1289	0.4487	0.0156
27	20.4	0.4821	-0.0607	0.4758	0.0063
28	20.6	0.5000	-0.0273	0.4891	0.0109
29	20.6	0.5179	-0.0273	0.4891	0.0288
30	20.8	0.5357	0.0055	0.5022	0.0335
31	21.3	0.5536	0.0854	0.5340	0.0195
32	22.0	0.5714	0.1927	0.5764	0.0050
33	22.3	0.5893	0.2371	0.5937	0.0044
34	22.5	0.6071	0.2662	0.6049	0.0022
35	22.6	0.6250	0.2806	0.6105	0.0145
36	22.6	0.6429	0.2806	0.6105	0.0324
37	23.0	0.6607	0.3373	0.6320	0.0287
38	23.3	0.6786	0.3789	0.6476	0.0310
39	23.5	0.6964	0.4061	0.6577	0.0387
40	23.6	0.7143	0.4197	0.6626	0.0517

41	23.7	0.7321	0.4331	0.6675	0.0646
42	23.8	0.7500	0.4464	0.6724	0.0776
43	23.9	0.7679	0.4597	0.6771	0.0907
44	24.0	0.7857	0.4729	0.6819	0.1039
45	25.2	0.8036	0.6253	0.7341	0.0695
46	26.0	0.8214	0.7212	0.7646	0.0568
47	26.0	0.8393	0.7212	0.7646	0.0747
48	26.3	0.8571	0.7562	0.7752	0.0819
49	28.3	0.8750	0.9757	0.8354	0.0396
50	29.0	0.8929	1.0477	0.8526	0.0403
51	30.2	0.9107	1.1657	0.8781	0.0326
52	30.7	0.9286	1.2131	0.8874	0.0411
53	39.3	0.9464	1.8989	0.9712	0.0248
54	40.0	0.9643	1.9463	0.9742	0.0099
55	69.5	0.9821	3.3535	0.9996	0.0175
DELTA TEORICO =					0.1039

Nota: En la tabla 8 se presenta el análisis estadístico de datos hidrológicos, para la Distribución Log Normal 3 Parámetros – Momentos Lineales. (Autoría Propia).

E.2.1.4 DISTRIBUCION GAMMA 2 PARAMETROS - Momentos lineales

Tabla 9

Distribución Gamma 2 Parámetros

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	10.2	0.0179	0.0169	0.0654	0.0010
2	13.5	0.0357	0.0828	0.1671	0.0470
3	13.8	0.0536	0.0924	0.1786	0.0388
4	14.1	0.0714	0.1026	0.1903	0.0312
5	14.5	0.0893	0.1172	0.2064	0.0279

6	15.0	0.1071	0.1370	0.2272	0.0299
7	16.0	0.1250	0.1816	0.2704	0.0566
8	16.3	0.1429	0.1961	0.2838	0.0532
9	16.8	0.1607	0.2213	0.3063	0.0606
10	17.0	0.1786	0.2318	0.3154	0.0532
11	17.0	0.1964	0.2318	0.3154	0.0354
12	17.4	0.2143	0.2532	0.3337	0.0390
13	18.2	0.2321	0.2980	0.3706	0.0658
14	18.2	0.2500	0.2980	0.3706	0.0480
15	18.3	0.2679	0.3037	0.3752	0.0359
16	18.3	0.2857	0.3037	0.3752	0.0180
17	18.7	0.3036	0.3269	0.3937	0.0233
18	19.5	0.3214	0.3743	0.4306	0.0528
19	19.8	0.3393	0.3922	0.4443	0.0529
20	20.0	0.3571	0.4042	0.4535	0.0471
21	20.0	0.3750	0.4042	0.4535	0.0292
22	20.0	0.3929	0.4042	0.4535	0.0113
23	20.0	0.4107	0.4042	0.4535	0.0065
24	20.0	0.4286	0.4042	0.4535	0.0244
25	20.0	0.4464	0.4042	0.4535	0.0422
26	20.0	0.4643	0.4042	0.4535	0.0601
27	20.4	0.4821	0.4282	0.4716	0.0539
28	20.6	0.5000	0.4402	0.4806	0.0598
29	20.6	0.5179	0.4402	0.4806	0.0777
30	20.8	0.5357	0.4522	0.4895	0.0836
31	21.3	0.5536	0.4819	0.5117	0.0717
32	22.0	0.5714	0.5229	0.5420	0.0485
33	22.3	0.5893	0.5402	0.5547	0.0491
34	22.5	0.6071	0.5515	0.5632	0.0556

35	22.6	0.6250	0.5572	0.5673	0.0678
36	22.6	0.6429	0.5572	0.5673	0.0857
37	23.0	0.6607	0.5795	0.5838	0.0812
38	23.3	0.6786	0.5959	0.5960	0.0827
39	23.5	0.6964	0.6067	0.6040	0.0898
40	23.6	0.7143	0.6120	0.6079	0.1023
41	23.7	0.7321	0.6173	0.6119	0.1149
42	23.8	0.7500	0.6226	0.6158	0.1274
43	23.9	0.7679	0.6278	0.6197	0.1401
44	24.0	0.7857	0.6330	0.6235	0.1528
45	25.2	0.8036	0.6920	0.6682	0.1115
46	26.0	0.8214	0.7280	0.6960	0.0934
47	26.0	0.8393	0.7280	0.6960	0.1113
48	26.3	0.8571	0.7407	0.7060	0.1164
49	28.3	0.8750	0.8153	0.7669	0.0597
50	29.0	0.8929	0.8372	0.7858	0.0556
51	30.2	0.9107	0.8700	0.8155	0.0407
52	30.7	0.9286	0.8820	0.8268	0.0466
53	39.3	0.9464	0.9826	0.9482	0.0361
54	40.0	0.9643	0.9853	0.9534	0.0211
55	69.5	0.9821	1.0000	0.9997	0.0179
DELTA TEORICO =					0.1528

Nota: En la tabla 9 se presenta el análisis estadístico de datos hidrológicos, para la Distribución Gamma 2 Parámetros – Momentos Lineales. (Autoría Propia).

E.2.1.5 DISTRIBUCION LOG PEARSON TIPO III - Momentos lineales

Tabla 10

Distribución Log Pearson Tipo III

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	10.2	0.0179	0.0000	0.0000	0.0179
2	13.5	0.0357	0.0000	0.0273	0.0357
3	13.8	0.0536	0.0000	0.0360	0.0536
4	14.1	0.0714	0.0000	0.0463	0.0714
5	14.5	0.0893	0.0000	0.0625	0.0893
6	15.0	0.1071	0.0000	0.0867	0.1071
7	16.0	0.1250	0.0000	0.1463	0.1250
8	16.3	0.1429	0.0000	0.1667	0.1429
9	16.8	0.1607	0.0000	0.2025	0.1607
10	17.0	0.1786	0.0000	0.2174	0.1786
11	17.0	0.1964	0.0000	0.2174	0.1964
12	17.4	0.2143	0.0000	0.2479	0.2143
13	18.2	0.2321	0.0000	0.3107	0.2321
14	18.2	0.2500	0.0000	0.3107	0.2500
15	18.3	0.2679	0.0000	0.3186	0.2679
16	18.3	0.2857	0.0000	0.3186	0.2857
17	18.7	0.3036	0.0000	0.3502	0.3036
18	19.5	0.3214	0.0000	0.4127	0.3214
19	19.8	0.3393	0.0000	0.4355	0.3393
20	20.0	0.3571	0.0000	0.4506	0.3571
21	20.0	0.3750	0.0000	0.4506	0.3750
22	20.0	0.3929	0.0000	0.4506	0.3929
23	20.0	0.4107	0.0000	0.4506	0.4107
24	20.0	0.4286	0.0000	0.4506	0.4286
25	20.0	0.4464	0.0000	0.4506	0.4464

26	20.0	0.4643	0.0000	0.4506	0.4643
27	20.4	0.4821	0.0000	0.4800	0.4821
28	20.6	0.5000	0.0000	0.4944	0.5000
29	20.6	0.5179	0.0000	0.4944	0.5179
30	20.8	0.5357	0.0000	0.5086	0.5357
31	21.3	0.5536	0.0000	0.5429	0.5536
32	22.0	0.5714	0.0000	0.5882	0.5714
33	22.3	0.5893	0.0000	0.6065	0.5893
34	22.5	0.6071	0.0000	0.6184	0.6071
35	22.6	0.6250	0.0000	0.6243	0.6250
36	22.6	0.6429	0.0000	0.6243	0.6429
37	23.0	0.6607	0.0000	0.6469	0.6607
38	23.3	0.6786	0.0000	0.6631	0.6786
39	23.5	0.6964	0.0000	0.6736	0.6964
40	23.6	0.7143	0.0000	0.6787	0.7143
41	23.7	0.7321	0.0000	0.6838	0.7321
42	23.8	0.7500	0.0000	0.6888	0.7500
43	23.9	0.7679	0.0000	0.6937	0.7679
44	24.0	0.7857	0.0000	0.6986	0.7857
45	25.2	0.8036	0.0000	0.7517	0.8036
46	26.0	0.8214	0.0000	0.7822	0.8214
47	26.0	0.8393	0.0000	0.7822	0.8393
48	26.3	0.8571	0.0000	0.7927	0.8571
49	28.3	0.8750	0.0000	0.8512	0.8750
50	29.0	0.8929	0.0000	0.8676	0.8929
51	30.2	0.9107	0.0000	0.8915	0.9107
52	30.7	0.9286	0.0000	0.9001	0.9286
53	39.3	0.9464	0.0000	0.9748	0.9464
54	40.0	0.9643	0.0000	0.9774	0.9643

55	69.5	0.9821	0.0000	0.9995	0.9821
DELTA TEORICO =					0.9821

Nota: En la tabla 10 se presenta el análisis estadístico de datos hidrológicos, para la Distribución Log Pearson Tipo III – Momentos Lineales. (Autoría Propia).

E.2.1.6 DISTRIBUCION GUMBEL - Momentos lineales

Tabla 11

Distribución Gumbel

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	10.2	0.0179	0.0307	0.0047	0.0128
2	13.5	0.0357	0.1201	0.0551	0.0844
3	13.8	0.0536	0.1319	0.0645	0.0783
4	14.1	0.0714	0.1442	0.0749	0.0728
5	14.5	0.0893	0.1615	0.0902	0.0722
6	15.0	0.1071	0.1844	0.1117	0.0772
7	16.0	0.1250	0.2335	0.1620	0.1085
8	16.3	0.1429	0.2490	0.1789	0.1062
9	16.8	0.1607	0.2755	0.2084	0.1147
10	17.0	0.1786	0.2862	0.2207	0.1076
11	17.0	0.1964	0.2862	0.2207	0.0898
12	17.4	0.2143	0.3079	0.2460	0.0936
13	18.2	0.2321	0.3520	0.2986	0.1198
14	18.2	0.2500	0.3520	0.2986	0.1020
15	18.3	0.2679	0.3575	0.3054	0.0896
16	18.3	0.2857	0.3575	0.3054	0.0718
17	18.7	0.3036	0.3797	0.3325	0.0761
18	19.5	0.3214	0.4238	0.3872	0.1023
19	19.8	0.3393	0.4402	0.4076	0.1009

20	20.0	0.3571	0.4510	0.4212	0.0939
21	20.0	0.3750	0.4510	0.4212	0.0760
22	20.0	0.3929	0.4510	0.4212	0.0582
23	20.0	0.4107	0.4510	0.4212	0.0403
24	20.0	0.4286	0.4510	0.4212	0.0224
25	20.0	0.4464	0.4510	0.4212	0.0046
26	20.0	0.4643	0.4510	0.4212	0.0133
27	20.4	0.4821	0.4725	0.4482	0.0096
28	20.6	0.5000	0.4831	0.4615	0.0169
29	20.6	0.5179	0.4831	0.4615	0.0347
30	20.8	0.5357	0.4937	0.4747	0.0420
31	21.3	0.5536	0.5196	0.5072	0.0340
32	22.0	0.5714	0.5548	0.5511	0.0166
33	22.3	0.5893	0.5694	0.5692	0.0199
34	22.5	0.6071	0.5790	0.5810	0.0281
35	22.6	0.6250	0.5838	0.5869	0.0412
36	22.6	0.6429	0.5838	0.5869	0.0591
37	23.0	0.6607	0.6024	0.6097	0.0583
38	23.3	0.6786	0.6161	0.6263	0.0625
39	23.5	0.6964	0.6250	0.6371	0.0715
40	23.6	0.7143	0.6294	0.6425	0.0849
41	23.7	0.7321	0.6338	0.6477	0.0984
42	23.8	0.7500	0.6381	0.6529	0.1119
43	23.9	0.7679	0.6424	0.6581	0.1255
44	24.0	0.7857	0.6467	0.6632	0.1391
45	25.2	0.8036	0.6950	0.7200	0.1086
46	26.0	0.8214	0.7243	0.7534	0.0971
47	26.0	0.8393	0.7243	0.7534	0.1150
48	26.3	0.8571	0.7347	0.7651	0.1225

49	28.3	0.8750	0.7960	0.8315	0.0790
50	29.0	0.8929	0.8144	0.8504	0.0785
51	30.2	0.9107	0.8425	0.8785	0.0682
52	30.7	0.9286	0.8531	0.8886	0.0755
53	39.3	0.9464	0.9574	0.9765	0.0110
54	40.0	0.9643	0.9616	0.9793	0.0027
55	69.5	0.9821	0.9995	0.9999	0.0174
DELTA TEORICO =					0.1391

Nota: En la tabla 11 se presenta el análisis estadístico de datos hidrológicos, para la Distribución Gumbel – Momentos Lineales. (Autoría Propia).

E.2.1.7 DISTRIBUCION LOG GUMBEL - Momentos lineales

Tabla 12

Distribución Log Gumbel

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	10.2	0.0179	0.0000	0.0000	0.0179
2	13.5	0.0357	0.0183	0.0135	0.0174
3	13.8	0.0536	0.0263	0.0202	0.0273
4	14.1	0.0714	0.0363	0.0289	0.0351
5	14.5	0.0893	0.0530	0.0439	0.0363
6	15.0	0.1071	0.0791	0.0683	0.0280
7	16.0	0.1250	0.1468	0.1341	0.0218
8	16.3	0.1429	0.1703	0.1575	0.0274
9	16.8	0.1607	0.2116	0.1991	0.0508
10	17.0	0.1786	0.2286	0.2165	0.0500
11	17.0	0.1964	0.2286	0.2165	0.0322
12	17.4	0.2143	0.2633	0.2520	0.0490
13	18.2	0.2321	0.3334	0.3241	0.1012

14	18.2	0.2500	0.3334	0.3241	0.0834
15	18.3	0.2679	0.3421	0.3331	0.0742
16	18.3	0.2857	0.3421	0.3331	0.0564
17	18.7	0.3036	0.3765	0.3688	0.0729
18	19.5	0.3214	0.4427	0.4376	0.1212
19	19.8	0.3393	0.4663	0.4622	0.1271
20	20.0	0.3571	0.4817	0.4782	0.1246
21	20.0	0.3750	0.4817	0.4782	0.1067
22	20.0	0.3929	0.4817	0.4782	0.0889
23	20.0	0.4107	0.4817	0.4782	0.0710
24	20.0	0.4286	0.4817	0.4782	0.0532
25	20.0	0.4464	0.4817	0.4782	0.0353
26	20.0	0.4643	0.4817	0.4782	0.0174
27	20.4	0.4821	0.5115	0.5092	0.0294
28	20.6	0.5000	0.5259	0.5242	0.0259
29	20.6	0.5179	0.5259	0.5242	0.0080
30	20.8	0.5357	0.5399	0.5387	0.0042
31	21.3	0.5536	0.5734	0.5735	0.0198
32	22.0	0.5714	0.6166	0.6183	0.0452
33	22.3	0.5893	0.6338	0.6361	0.0445
34	22.5	0.6071	0.6449	0.6475	0.0377
35	22.6	0.6250	0.6503	0.6531	0.0253
36	22.6	0.6429	0.6503	0.6531	0.0074
37	23.0	0.6607	0.6711	0.6745	0.0103
38	23.3	0.6786	0.6858	0.6897	0.0072
39	23.5	0.6964	0.6953	0.6994	0.0012
40	23.6	0.7143	0.6999	0.7041	0.0144
41	23.7	0.7321	0.7044	0.7088	0.0277
42	23.8	0.7500	0.7089	0.7134	0.0411

43	23.9	0.7679	0.7133	0.7179	0.0546
44	24.0	0.7857	0.7176	0.7223	0.0681
45	25.2	0.8036	0.7644	0.7700	0.0392
46	26.0	0.8214	0.7908	0.7968	0.0306
47	26.0	0.8393	0.7908	0.7968	0.0484
48	26.3	0.8571	0.7999	0.8060	0.0573
49	28.3	0.8750	0.8499	0.8562	0.0251
50	29.0	0.8929	0.8639	0.8702	0.0289
51	30.2	0.9107	0.8845	0.8905	0.0262
52	30.7	0.9286	0.8920	0.8979	0.0366
53	39.3	0.9464	0.9615	0.9651	0.0151
54	40.0	0.9643	0.9643	0.9677	0.0000
55	69.5	0.9821	0.9967	0.9973	0.0145
DELTA TEORICO =					0.1271

Nota: En la tabla 12 se presenta el análisis estadístico de datos hidrológicos, para la Distribución Log Gumbel – Momentos Lineales. (Autoría Propia).

E.2.1.8 DISTRIBUCION GAMMA 3 PARAMETROS - Momentos lineales

Tabla 13

Distribución Gamma 3 Parámetros

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	10.2	0.0179	0.0000	0.0000	0.0179
2	13.5	0.0357	0.0000	0.0273	0.0357
3	13.8	0.0536	0.0000	0.0360	0.0536
4	14.1	0.0714	0.0000	0.0463	0.0714
5	14.5	0.0893	0.0000	0.0625	0.0893
6	15.0	0.1071	0.0000	0.0867	0.1071
7	16.0	0.1250	0.0000	0.1463	0.1250

8	16.3	0.1429	0.0000	0.1667	0.1429
9	16.8	0.1607	0.0000	0.2025	0.1607
10	17.0	0.1786	0.0000	0.2174	0.1786
11	17.0	0.1964	0.0000	0.2174	0.1964
12	17.4	0.2143	0.0000	0.2479	0.2143
13	18.2	0.2321	0.0000	0.3107	0.2321
14	18.2	0.2500	0.0000	0.3107	0.2500
15	18.3	0.2679	0.0000	0.3186	0.2679
16	18.3	0.2857	0.0000	0.3186	0.2857
17	18.7	0.3036	0.0000	0.3502	0.3036
18	19.5	0.3214	0.0000	0.4127	0.3214
19	19.8	0.3393	0.0000	0.4355	0.3393
20	20.0	0.3571	0.0000	0.4506	0.3571
21	20.0	0.3750	0.0000	0.4506	0.3750
22	20.0	0.3929	0.0000	0.4506	0.3929
23	20.0	0.4107	0.0000	0.4506	0.4107
24	20.0	0.4286	0.0000	0.4506	0.4286
25	20.0	0.4464	0.0000	0.4506	0.4464
26	20.0	0.4643	0.0000	0.4506	0.4643
27	20.4	0.4821	0.0000	0.4800	0.4821
28	20.6	0.5000	0.0000	0.4944	0.5000
29	20.6	0.5179	0.0000	0.4944	0.5179
30	20.8	0.5357	0.0000	0.5086	0.5357
31	21.3	0.5536	0.0000	0.5429	0.5536
32	22.0	0.5714	0.0000	0.5882	0.5714
33	22.3	0.5893	0.0000	0.6065	0.5893
34	22.5	0.6071	0.0000	0.6184	0.6071
35	22.6	0.6250	0.0000	0.6243	0.6250
36	22.6	0.6429	0.0000	0.6243	0.6429

37	23.0	0.6607	0.0000	0.6469	0.6607
38	23.3	0.6786	0.0000	0.6631	0.6786
39	23.5	0.6964	0.0000	0.6736	0.6964
40	23.6	0.7143	0.0000	0.6787	0.7143
41	23.7	0.7321	0.0000	0.6838	0.7321
42	23.8	0.7500	0.0000	0.6888	0.7500
43	23.9	0.7679	0.0000	0.6937	0.7679
44	24.0	0.7857	0.0000	0.6986	0.7857
45	25.2	0.8036	0.0000	0.7517	0.8036
46	26.0	0.8214	0.0000	0.7822	0.8214
47	26.0	0.8393	0.0000	0.7822	0.8393
48	26.3	0.8571	0.0000	0.7927	0.8571
49	28.3	0.8750	0.0000	0.8512	0.8750
50	29.0	0.8929	0.0000	0.8676	0.8929
51	30.2	0.9107	0.0000	0.8915	0.9107
52	30.7	0.9286	0.0000	0.9001	0.9286
53	39.3	0.9464	0.0000	0.9748	0.9464
54	40.0	0.9643	0.0000	0.9774	0.9643
55	69.5	0.9821	0.0000	0.9995	0.9821
DELTA TEORICO =					0.9821

Nota: En la tabla 13 se presenta el análisis estadístico de datos hidrológicos, para la Distribución Gamma 3 Parámetros – Momentos Lineales. (Autoría Propia).

RESUMEN

DELTA TABULAR 0.1834
DELTA TEORICO - DELTA TABULAR:
NORMAL: 0.0241
LOG NORMAL DE 2
P: 0.0568
LOG NORMAL DE 3
P: 0.0795
GAMMA 2 P: 0.0306

GAMMA 3 P: 0.7987
 LOG PEARSON III: 0.7987
 GUMBEL: 0.0443
 LOG GUMBEL: 0.0563

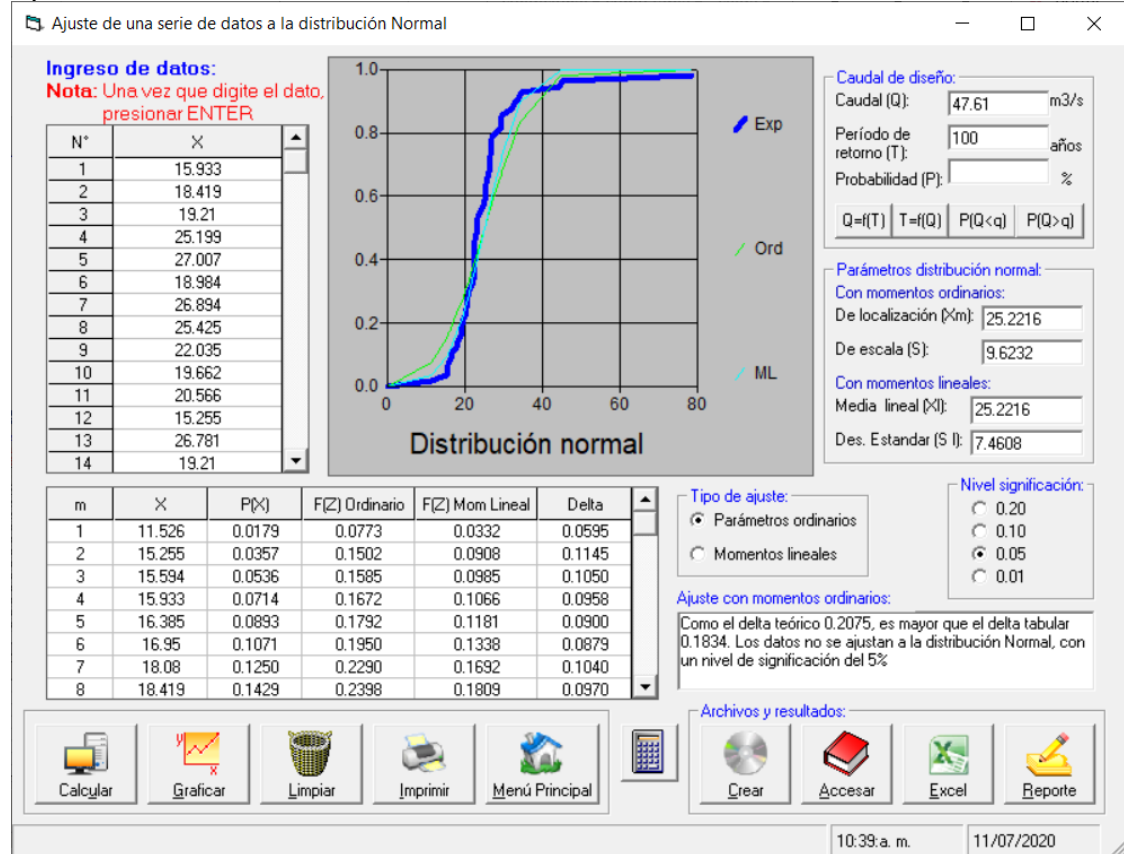
MINIMO 0.0241

LA DISTRIBUCION A EMPLEAR SERA LA DISTRIBUCION NORMAL

4.1.3.5. APLICACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL A LA SERIE DE DATOS

Figura 35

Aplicación de la distribución normal a la serie de datos



Nota: En la figura 35 se muestra la aplicación de la distribución normal a la serie de datos. (Autoría propia).

Tabla 14

Resultado de la distribución normal en (mm)

Tr (años)	P(X≤x_T)	NORMAL P mm
5	0.800	33.32
10	0.900	37.56
25	0.960	42.07
50	0.980	44.99
100	0.990	47.61
500	0.998	52.92

Nota: En la tabla 14 se presentan los resultados de la Distribución Normal en (mm). (Autoría propia).

4.1.3.6. DETERMINACIÓN DE LA TORMENTA DE DISEÑO

“Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de éste se calculan utilizando procedimientos de lluvia-escorrentía y tránsito de caudales. Una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación en un punto, mediante un hietograma de diseño que especifique la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

- **Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia**

Tabla 15

Intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas

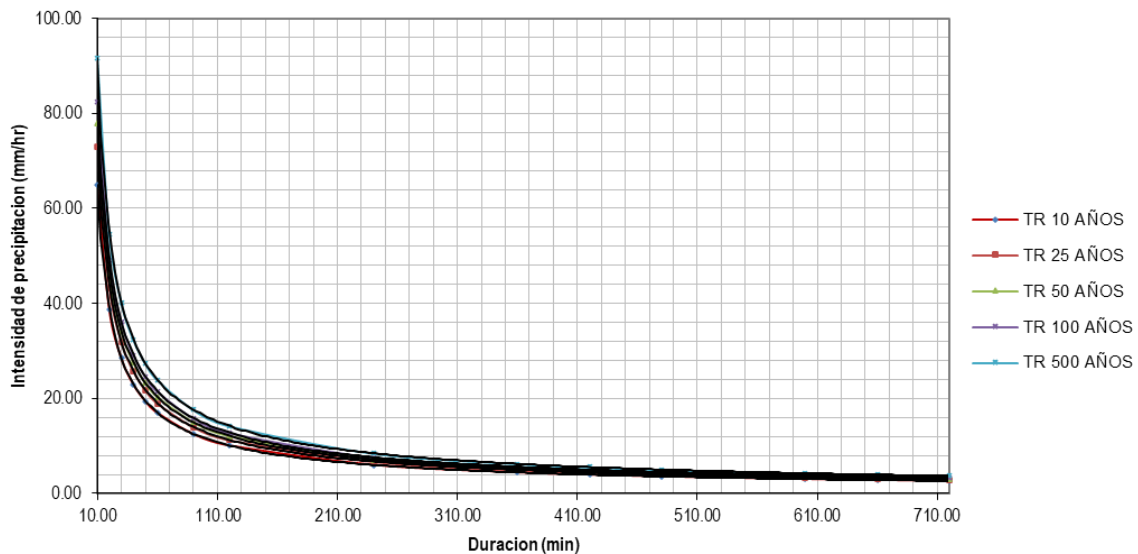
ZONA DEL PROYECTO						
DURACION		PERIODO DE RETORNO				
Hr	min	10	25	50	100	500
0.17	10.00	65.06	72.87	77.92	82.46	91.66
0.33	20.00	38.68	43.33	46.33	49.03	54.50
0.50	30.00	28.54	31.97	34.19	36.18	40.21
0.67	40.00	23.00	25.76	27.55	29.16	32.41
0.83	50.00	19.46	21.79	23.31	24.66	27.41
1.00	60.00	16.97	19.01	20.33	21.51	23.91
1.50	90.00	12.52	14.02	15.00	15.87	17.64
2.00	120.00	10.09	11.30	12.09	12.79	14.22
4.00	240.00	6.00	6.72	7.19	7.61	8.45
6.00	360.00	4.43	4.96	5.30	5.61	6.24
7.00	420.00	3.94	4.42	4.72	5.00	5.56
8.00	480.00	3.57	4.00	4.27	4.52	5.03
10.00	600.00	3.02	3.38	3.61	3.83	4.25
11.00	660.00	2.81	3.15	3.37	3.56	3.96
12.00	720.00	2.63	2.95	3.15	3.34	3.71
24.00	1440.00	1.57	1.75	1.87	1.98	2.21

Nota: En la tabla 15 se presenta intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas.

Figura 36

Curva intensidad duración y frecuencia

Fig E.4.3 Curva Intensidad Duracion y Frecuencia



Nota: En la figura 36 se presenta la curva intensidad duración y frecuencia. (Chow, Hidrología Aplicada, 2000)

$$I_{10} = 365.84D^{-0.75}$$

$$I_{25} = 409.76D^{-0.75}$$

$$I_{50} = 438.2D^{-0.75}$$

$$I_{100} = 463.72D^{-0.75}$$

$$I_{500} = 515.44D^{-0.75}$$

- Hietograma de Diseño

“Una de las maneras de obtenerlo es a partir de las curvas IDF, dentro de ellas el Método del Bloque Alterno, es una manera sencilla.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 33)

➤ Método del Bloque Alterno

Tabla 16

Distribución de los valores para el hietograma – Periodo de retorno T= 25 años

PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS					
Tiempo (H)	Min	BLOQUES			
		i	lamina (mm)		
0.00	0.00				0.00
1.00	60.00	19.01	19.01	19.00711	0.4600
2.00	120.00	11.30	22.60	3.59628	0.4933
3.00	180.00	8.34	25.01	2.41137	0.5328
4.00	240.00	6.72	26.88	1.86535	0.5805
5.00	300.00	5.68	28.42	1.54215	0.6397
6.00	360.00	4.96	29.75	1.32548	0.7150
7.00	420.00	4.42	30.92	1.16878	0.8150
8.00	480.00	4.00	31.97	1.04950	0.9553
9.00	540.00	3.66	32.92	0.95526	1.1688
10.00	600.00	3.38	33.80	0.87867	1.8653
11.00	660.00	3.15	34.61	0.81504	2.4114
12.00	720.00	2.95	35.38	0.76122	19.0071
13.00	780.00	2.78	36.09	0.71503	3.5963
14.00	840.00	2.63	36.77	0.67489	1.8653
15.00	900.00	2.49	37.41	0.63965	1.3255
16.00	960.00	2.38	38.01	0.60842	1.0495
17.00	1020.00	2.27	38.59	0.58054	0.8787
18.00	1080.00	2.18	39.15	0.55546	0.7612
19.00	1140.00	2.09	39.68	0.53278	0.6749
20.00	1200.00	2.01	40.20	0.51214	0.6084
21.00	1260.00	1.94	40.69	0.49328	0.5555
22.00	1320.00	1.87	41.16	0.47597	0.5121
23.00	1380.00	1.81	41.62	0.46001	0.4760
24.00	1440.00	1.75	42.07	0.44524	0.4452

Nota: En la tabla 16 se presenta la distribución de los valores para el hietograma, con un periodo de retorno (T=25años). (Autoría Propia).

Tabla 17

Distribución de los valores para el hietograma – Periodo de retorno T= 50 años

PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS					
Tiempo (H)	Min	BLOQUES			
0.00	0.00	I	lamina (mm)		0.00
1.00	60.00	20.33	20.33	20.32633	0.4919
2.00	120.00	12.09	24.17	3.84589	0.5275
3.00	180.00	8.92	26.75	2.57874	0.5698
4.00	240.00	7.19	28.75	1.99482	0.6208
5.00	300.00	6.08	30.39	1.64918	0.6840
6.00	360.00	5.30	31.81	1.41747	0.7647
7.00	420.00	4.72	33.06	1.24991	0.8716
8.00	480.00	4.27	34.18	1.12234	1.0216
9.00	540.00	3.91	35.21	1.02156	1.2499
10.00	600.00	3.61	36.15	0.93966	1.9948
11.00	660.00	3.37	37.02	0.87161	2.5787
12.00	720.00	3.15	37.83	0.81406	20.3263
13.00	780.00	2.97	38.60	0.76466	3.8459
14.00	840.00	2.81	39.32	0.72174	1.9948
15.00	900.00	2.67	40.00	0.68405	1.4175
16.00	960.00	2.54	40.65	0.65065	1.1223
17.00	1020.00	2.43	41.27	0.62083	0.9397
18.00	1080.00	2.33	41.87	0.59402	0.8141
19.00	1140.00	2.23	42.44	0.56976	0.7217
20.00	1200.00	2.15	42.98	0.54769	0.6507
21.00	1260.00	2.07	43.51	0.52752	0.5940
22.00	1320.00	2.00	44.02	0.50900	0.5477
23.00	1380.00	1.94	44.51	0.49194	0.5090
24.00	1440.00	1.87	44.99	0.47615	0.4761

Nota: En la tabla 17 se presenta la distribución de los valores para el hietograma, con un periodo de retorno (T=50años). (Autoría Propia).

Tabla 18

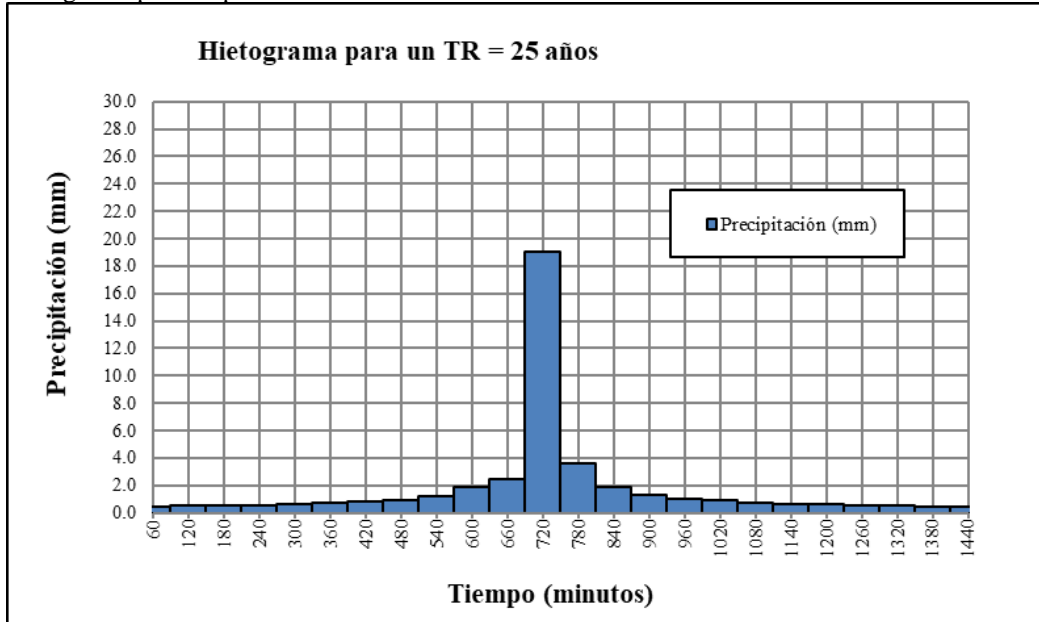
Distribución de los valores para el hietograma – Periodo de retorno T= 100 años

PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS					
Tiempo (H)	Min	BLOQUES			
		I	lamina(mm)		
0.00	0.00				0.00
1.00	60.00	21.51	21.51	21.51010	0.5206
2.00	120.00	12.79	25.58	4.06986	0.5582
3.00	180.00	9.44	28.31	2.72892	0.6029
4.00	240.00	7.60	30.42	2.11099	0.6570
5.00	300.00	6.43	32.17	1.74523	0.7239
6.00	360.00	5.61	33.67	1.50002	0.8092
7.00	420.00	5.00	34.99	1.32270	0.9224
8.00	480.00	4.52	36.18	1.18771	1.0811
9.00	540.00	4.14	37.26	1.08105	1.3227
10.00	600.00	3.83	38.25	0.99438	2.1110
11.00	660.00	3.56	39.17	0.92237	2.7289
12.00	720.00	3.34	40.03	0.86147	21.5101
13.00	780.00	3.14	40.84	0.80919	4.0699
14.00	840.00	2.97	41.61	0.76377	2.1110
15.00	900.00	2.82	42.33	0.72388	1.5000
16.00	960.00	2.69	43.02	0.68855	1.1877
17.00	1020.00	2.57	43.68	0.65699	0.9944
18.00	1080.00	2.46	44.31	0.62861	0.8615
19.00	1140.00	2.36	44.91	0.60294	0.7638
20.00	1200.00	2.27	45.49	0.57959	0.6885
21.00	1260.00	2.19	46.05	0.55824	0.6286
22.00	1320.00	2.12	46.59	0.53865	0.5796
23.00	1380.00	2.05	47.11	0.52059	0.5386
24.00	1440.00	1.98	47.61	0.50388	0.5039

Nota: En la tabla 18 se presenta la distribución de los valores para el hietograma, con un periodo de retorno (T=100años). (Autoría Propia).

Figura 37

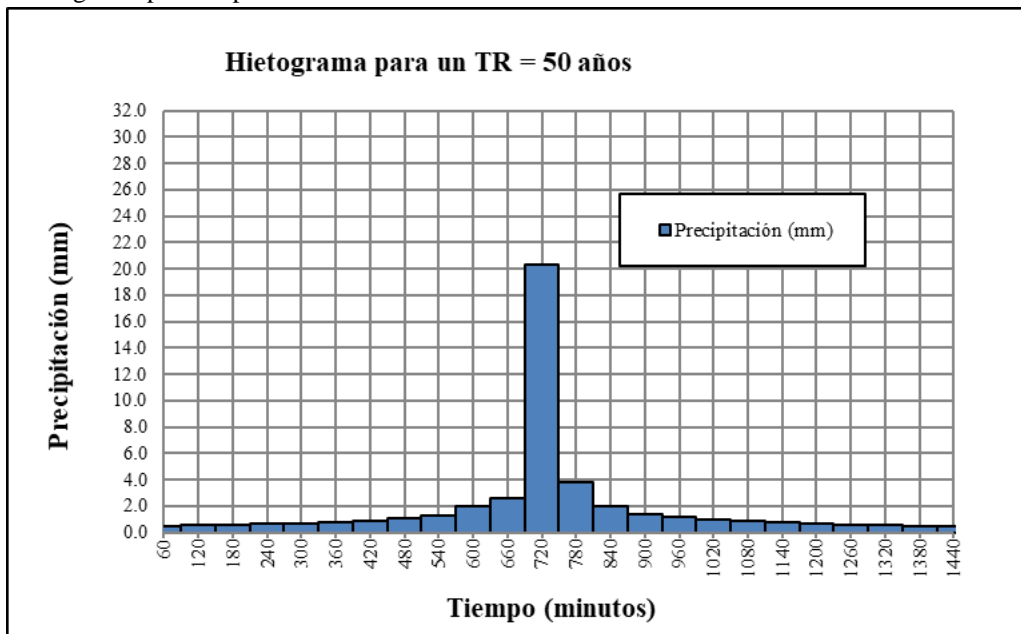
Hietograma para un periodo de retorno $T=25$ años



Nota: En la figura 37, se muestra las barras de color azul donde representa el hietograma para un periodo de retorno de $T=25$ años. (Autoría propia).

Figura 38

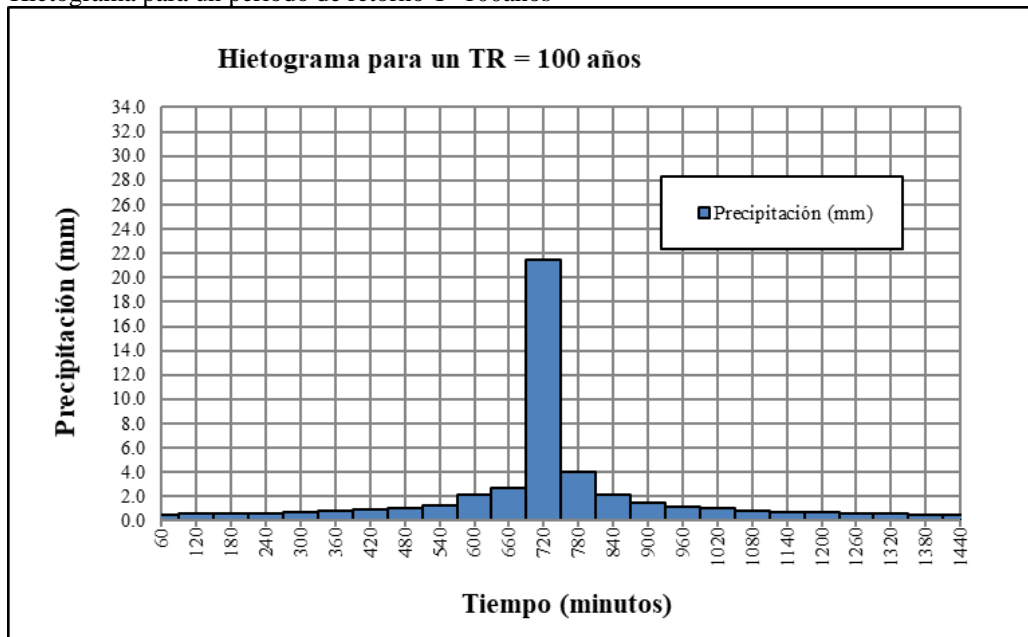
Hietograma para un periodo de retorno $T=50$ años



Nota: En la figura 38, se muestra las barras de color azul donde representa el hietograma para un periodo de retorno de $T=50$ años. (Autoría propia).

Figura 39

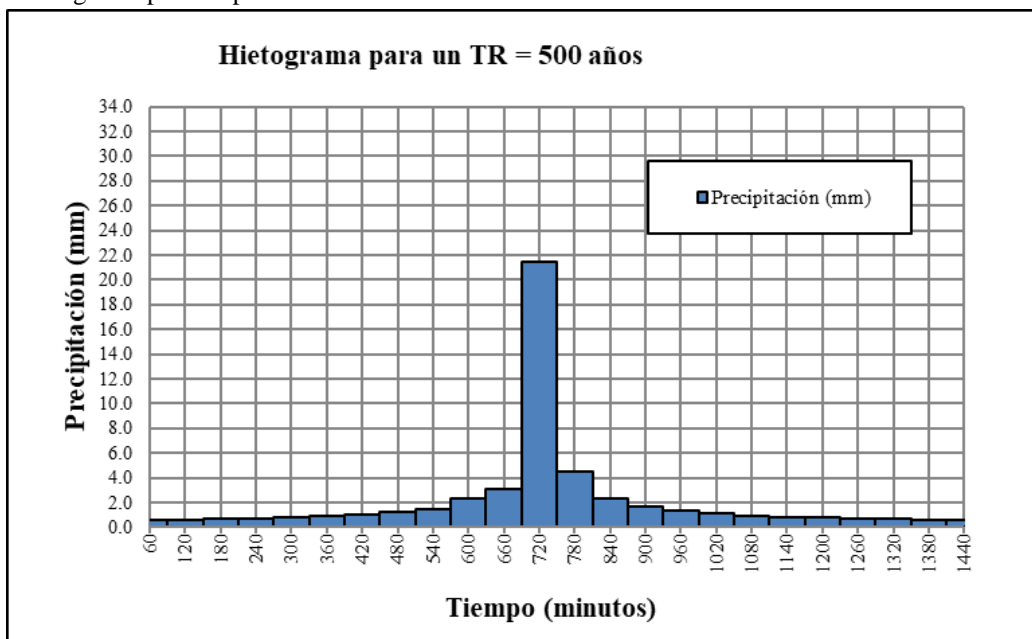
Hietograma para un periodo de retorno $T=100$ años



Nota: En la figura 39, se muestra las barras de color azul donde representa el hietograma para un periodo de retorno de $T=100$ años. (Autoría propia).

Figura 40

Hietograma para un periodo de retorno $T=500$ años



Nota: En la figura 40, se muestra las barras de color azul donde representa el hietograma para un periodo de retorno de $T=500$ años. (Autoría propia).

➤ **Hietogramas de diseño – Método de SCS**

Tabla 19

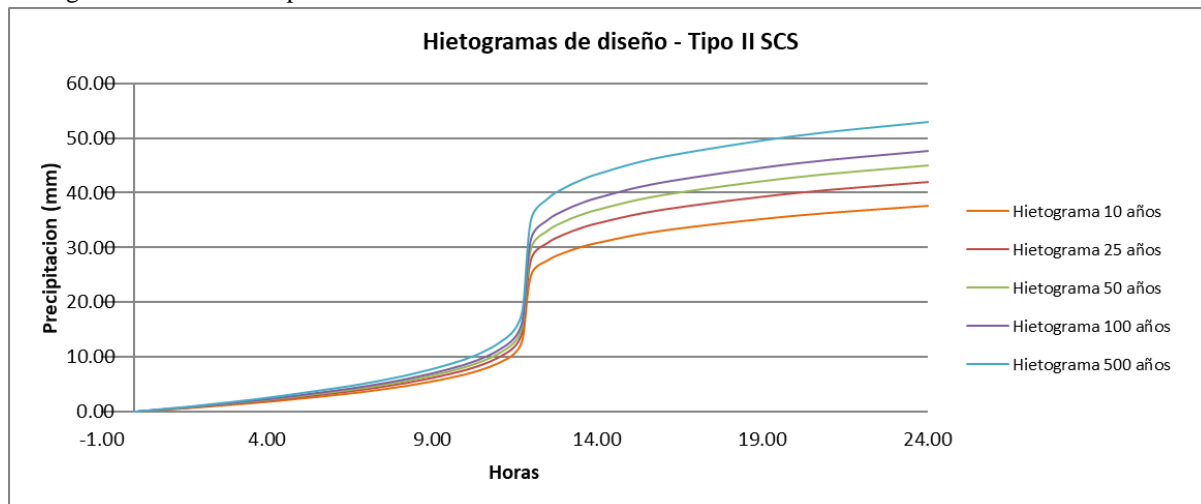
Distribución de lluvia SCS

Tormenta de 24 horas						Tormenta de 6 horas		
Hora t	$t/24$	P_t/P_{24}				Hora t	$t/6$	P_t/P_6
		Tipo I	Tipo IA	Tipo II	Tipo III			
0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	0.083	0.035	0.050	0.022	0.020	0.60	0.10	0.04
4.0	0.167	0.076	0.116	0.048	0.043	1.20	0.20	0.10
6.0	0.250	0.125	0.206	0.080	0.072	1.50	0.25	0.14
7.0	0.292	0.156	0.268	0.098	0.089	1.80	0.30	0.19
8.0	0.333	0.194	0.425	0.120	0.115	2.10	0.35	0.31
8.5	0.354	0.219	0.480	0.133	0.130	2.28	0.38	0.44
9.0	0.375	0.254	0.520	0.147	0.148	2.40	0.40	0.53
9.5	0.396	0.303	0.550	0.163	0.167	2.52	0.42	0.60
9.75	0.406	0.362	0.564	0.172	0.178	2.64	0.44	0.63
10.0	0.417	0.515	0.577	0.181	0.189	2.76	0.46	0.66
10.5	0.438	0.583	0.601	0.204	0.216	3.00	0.50	0.70
11.0	0.459	0.624	0.624	0.235	0.250	3.30	0.55	0.75
11.5	0.479	0.654	0.645	0.283	0.298	3.60	0.60	0.79
11.75	0.489	0.669	0.655	0.357	0.339	3.90	0.65	0.83
12.0	0.500	0.682	0.664	0.663	0.500	4.20	0.70	0.86
12.5	0.521	0.706	0.683	0.735	0.702	4.50	0.75	0.89
13.0	0.542	0.727	0.701	0.772	0.751	4.80	0.80	0.91
13.5	0.563	0.748	0.719	0.799	0.785	5.40	0.90	0.96
14.0	0.583	0.767	0.736	0.820	0.811	6.00	1.0	1.00
16.0	0.667	0.830	0.800	0.880	0.886			
20.0	0.833	0.926	0.906	0.952	0.957			
24.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			

Nota: En la tabla 19 se presenta la distribución de tormenta de lluvia SCS, en tormentas de 24 horas y de 6 horas. Tomada de (U.S. Dept. of Agriculture. Soil Conservation Service, 1973, 1986).

Figura 41

Hietograma de diseño - Tipo II SCS



Nota: En la figura 41, se muestra los hietogramas de diseño – Tipo II SCS, para periodos de retorno de 10años, 25 años, 50 años, 100 años y de 500 años. (Autoría propia).

Tabla 20

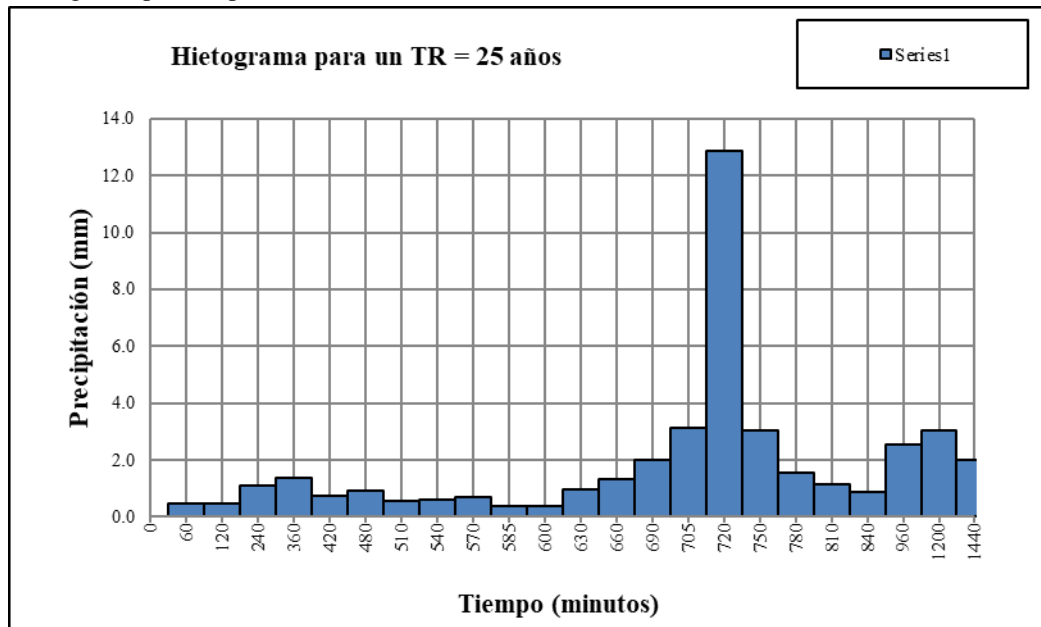
Distribución de lluvia

Pt/P24	10.00	25.00	50.00	100.00	500.00	10.00	25.00	50.00	100.00	500.00
	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	Incremento de lluvia mm	Incremento de lluvia mm	Incremento de lluvia mm	Incremento de lluvia mm	Incremento de lluvia mm
Tipo II										
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	0.41	0.46	0.49	0.52	0.58	0.41	0.46	0.49	0.52	0.58
0.02	0.83	0.93	0.99	1.05	1.16	0.41	0.46	0.49	0.52	0.58
0.05	1.80	2.02	2.16	2.29	2.54	0.98	1.09	1.17	1.24	1.38
0.08	3.00	3.37	3.60	3.81	4.23	1.20	1.35	1.44	1.52	1.69
0.10	3.68	4.12	4.41	4.67	5.19	0.68	0.76	0.81	0.86	0.95
0.12	4.51	5.05	5.40	5.71	6.35	0.83	0.93	0.99	1.05	1.16
0.13	5.00	5.60	5.98	6.33	7.04	0.49	0.55	0.58	0.62	0.69
0.15	5.52	6.18	6.61	7.00	7.78	0.53	0.59	0.63	0.67	0.74
0.16	6.12	6.86	7.33	7.76	8.63	0.60	0.67	0.72	0.76	0.85
0.17	6.46	7.24	7.74	8.19	9.10	0.34	0.38	0.40	0.43	0.48
0.18	6.80	7.61	8.14	8.62	9.58	0.34	0.38	0.40	0.43	0.48
0.20	7.66	8.58	9.18	9.71	10.80	0.86	0.97	1.03	1.10	1.22
0.24	8.83	9.89	10.57	11.19	12.44	1.16	1.30	1.39	1.48	1.64
0.28	10.63	11.91	12.73	13.47	14.98	1.80	2.02	2.16	2.29	2.54
0.36	13.41	15.02	16.06	17.00	18.89	2.78	3.11	3.33	3.52	3.92
0.66	24.90	27.89	29.83	31.57	35.09	11.49	12.87	13.77	14.57	16.19
0.74	27.61	30.92	33.07	34.99	38.90	2.70	3.03	3.24	3.43	3.81
0.77	29.00	32.48	34.73	36.75	40.85	1.39	1.56	1.66	1.76	1.96
0.80	30.01	33.61	35.95	38.04	42.28	1.01	1.14	1.21	1.29	1.43
0.82	30.80	34.50	36.89	39.04	43.39	0.79	0.88	0.94	1.00	1.11
0.88	33.05	37.02	39.59	41.90	46.57	2.25	2.52	2.70	2.86	3.18
0.95	35.76	40.05	42.83	45.32	50.38	2.70	3.03	3.24	3.43	3.81
1.00	37.56	42.07	44.99	47.61	52.92	1.80	2.02	2.16	2.29	2.54

Nota: En la tabla 20 se presenta la distribución de lluvia de acuerdo a un incremento de lluvia en (mm). (Autoría Propia).

Figura 42

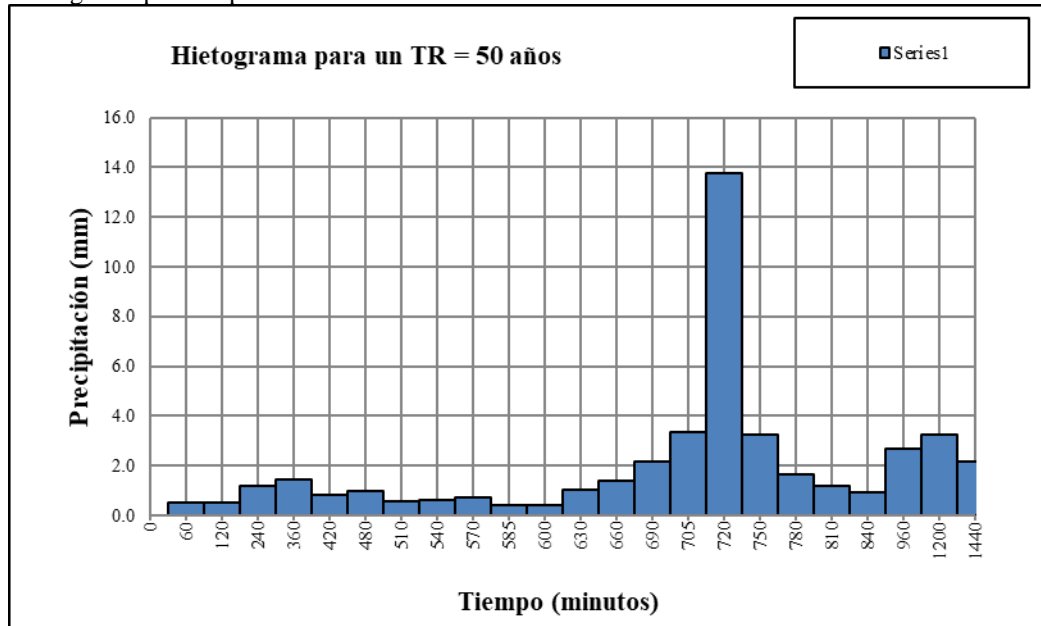
Hietograma para un periodo de retorno T=25años



Nota: En la figura 42, se muestra las barras de color azul donde representa el hietograma para un periodo de retorno de T=25años. (Autoría propia).

Figura 43

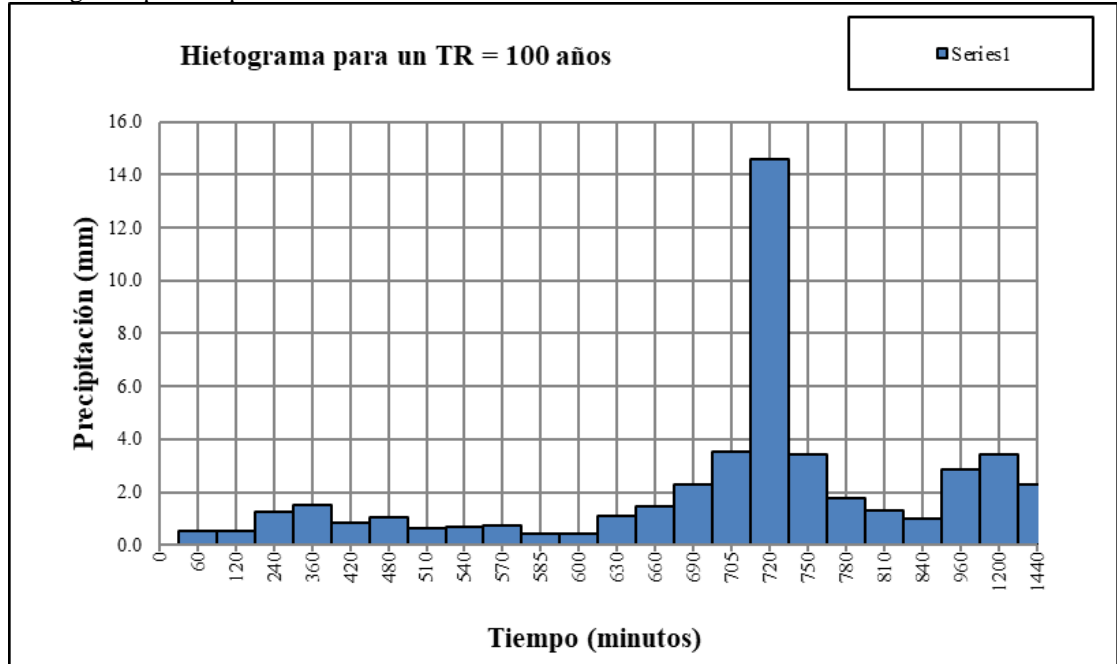
Hietograma para un periodo de retorno T=50años



Nota: En la figura 43, se muestra las barras de color azul donde representa el hietograma para un periodo de retorno de T=50años. (Autoría propia).

Figura 44

Hietograma para un periodo de retorno T=100años



Nota: En la figura 44, se muestra las barras de color azul donde representa el hietograma para un periodo de retorno de T=100años. (Autoría propia).

4.1.4. ESTIMACIÓN DE CAUDALES

“Cuando no existen datos de aforo, se utilizan los datos de precipitación como datos de entrada a una cuenca y que producen un caudal Q. cuando ocurre la lluvia, la cuenca se humedece de manera progresiva, infiltrándose una parte en el subsuelo y luego de un tiempo, el flujo se convierte en flujo superficial.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, pág. 40)

➤ **Método del hidrograma unitario SCS:**

Tiempo de concentración:

Tabla 21

Tiempo de concentración (hr) y precipitación máxima (mm)

MICROCUENCA	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (hr)					TLAG min	PRECIPITACION MAXIMA (mm)				
	KIRPICH	HATHAWAY	BRANSBY WILLIAMS	US CORP. ING.	MEDIA GEOME TRICA		PERIODO DE RETORNO				
							10	25	50	100	500
1	0.10	0.38	0.39	0.37	0.27		37.56	42.07	44.99	47.61	52.92
2	0.09	0.34	0.33	0.33	0.24	9.00	37.56	42.07	44.99	47.61	52.92
3	0.04	0.20	0.14	0.14	0.11	4.20	37.56	42.07	44.99	47.61	52.92
4	0.02	0.14	0.07	0.08	0.06	2.40	37.56	42.07	44.99	47.61	52.92
5	0.05	0.23	0.17	0.17	0.13	4.80	37.56	42.07	44.99	47.61	52.92
6	0.03	0.17	0.10	0.11	0.09	3.00	37.56	42.07	44.99	47.61	52.92
7	0.02	0.15	0.07	0.08	0.07	2.40	37.56	42.07	44.99	47.61	52.92
8	0.02	0.13	0.05	0.06	0.05	1.80	37.56	42.07	44.99	47.61	52.92
9	0.02	0.15	0.08	0.09	0.07	2.40	37.56	42.07	44.99	47.61	52.92
10	0.02	0.13	0.06	0.08	0.06	1.80	37.56	42.07	44.99	47.61	52.92
11	0.02	0.12	0.05	0.06	0.05	1.80	37.56	42.07	44.99	47.61	52.92
12	0.05	0.26	0.21	0.21	0.16	5.40	37.56	42.07	44.99	47.61	52.92
13	0.04	0.22	0.15	0.16	0.12	4.20	37.56	42.07	44.99	47.61	52.92

Nota: En la tabla 21 se presenta el tiempo de concentración (hr) y precipitación máxima (mm). (Autoría Propia).

TLAG = TIEMPO DE RETARDO

· **Fórmula de Kirpich:**

$$T_c = 0.06628 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

· **Fórmula del US Corps of Engineers (Temez):**

$$T_c = 0.3 \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

· **Fórmula de Bransby - Williams:**

$$T_c = 0.2433 \frac{L}{A^{0.1} S^{0.2}}$$

· **Fórmula de Hathaway**

$$T_c = 36.60 \frac{(L.n)^{0.467}}{S^{0.234}}$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración en horas.

L = Longitud del cauce en Km.

S = Pendiente en m/m.

A = Área Km².

Tabla 22

Áreas y caudales unitarios de las micro cuencas

MICROCUECA	AREA A KM2	TIEMPO DE RETRASO Tr (hr)	TIEMPO PICO Tp (hr)	TIEMPO BASE Tb (hr)	CAUDAL UNITARIO qp (m3/s/mm)	NUMERO DE CURVA N (*)
1	0.070	0.14	0.28	0.75	0.05	89.0
2	0.100	0.12	0.24	0.64	0.09	87.0
3	0.010	0.06	0.12	0.32	0.02	89.0
4	0.010	0.03	0.07	0.19	0.03	86.0
5	0.010	0.07	0.14	0.37	0.02	86.0
6	0.010	0.05	0.09	0.24	0.02	89.0
7	0.010	0.04	0.07	0.19	0.03	88.0
8	0.010	0.03	0.06	0.16	0.03	88.0
9	0.010	0.04	0.08	0.21	0.03	88.0
10	0.010	0.03	0.06	0.16	0.03	88.0
11	0.010	0.03	0.05	0.13	0.04	88.0
12	0.020	0.08	0.16	0.43	0.03	89.0
13	0.010	0.07	0.13	0.35	0.02	89.0

Nota: En la tabla 22 se presenta las áreas y caudales unitarios de las micro cuencas. (Autoría Propia).

Tabla 23

Altura de lluvia (mm) y lluvia efectiva Pe (mm)

ALTURA DE LLUVIA (mm) TR					LLUVIA EFECTIVA Pe (mm) TR				
10	25	50	100	500	10	25	50	100	500
37.56	42.07	44.99	47.61	52.92	15.61	19.07	21.38	23.49	27.88
37.56	42.07	44.99	47.61	52.92	13.22	16.41	18.56	20.54	24.67
37.56	42.07	44.99	47.61	52.92	15.61	19.07	21.38	23.49	27.88
37.56	42.07	44.99	47.61	52.92	12.15	15.20	17.27	19.18	23.18
37.56	42.07	44.99	47.61	52.92	12.15	15.20	17.27	19.18	23.18
37.56	42.07	44.99	47.61	52.92	15.61	19.07	21.38	23.49	27.88
37.56	42.07	44.99	47.61	52.92	14.38	17.70	19.93	21.97	26.24
37.56	42.07	44.99	47.61	52.92	14.38	17.70	19.93	21.97	26.24
37.56	42.07	44.99	47.61	52.92	14.38	17.70	19.93	21.97	26.24
37.56	42.07	44.99	47.61	52.92	14.38	17.70	19.93	21.97	26.24
37.56	42.07	44.99	47.61	52.92	15.61	19.07	21.38	23.49	27.88
37.56	42.07	44.99	47.61	52.92	15.61	19.07	21.38	23.49	27.88

Nota: En la tabla 23 se presenta Altura de lluvia (mm) y lluvia efectiva Pe (mm). (Autoría Propia).

Tabla 24

Caudal máximo (m³/s)

CAUDAL MAXIMO (m ³ /s) TR				
10	25	50	100	500
0.780	0.950	1.070	1.170	1.390
1.190	1.480	1.670	1.850	2.220
0.310	0.380	0.430	0.470	0.560
0.360	0.460	0.520	0.580	0.700
0.240	0.300	0.350	0.380	0.460
0.310	0.380	0.430	0.470	0.560
0.430	0.530	0.600	0.660	0.790
0.430	0.530	0.600	0.660	0.790
0.430	0.530	0.600	0.660	0.790
0.430	0.530	0.600	0.660	0.790
0.580	0.710	0.800	0.880	1.050
0.470	0.570	0.640	0.700	0.840
0.310	0.380	0.430	0.470	0.560

Nota: En la tabla 24 se presenta Caudal máximo (m³/s), para los periodos de retorno (TR) de 10, 25, 50, 100 y de 500 años. (Autoría Propia).

Método IILA

“Son escasas las estaciones que ofrecen información automatizada de registros pluviales, por lo que existe bastante dispersión en los datos. Con el método IILA, la intensidad de lluvia que tiene una duración t (en horas), para un periodo de retorno T (en años).” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Figura 45

Mapa de sub zonas

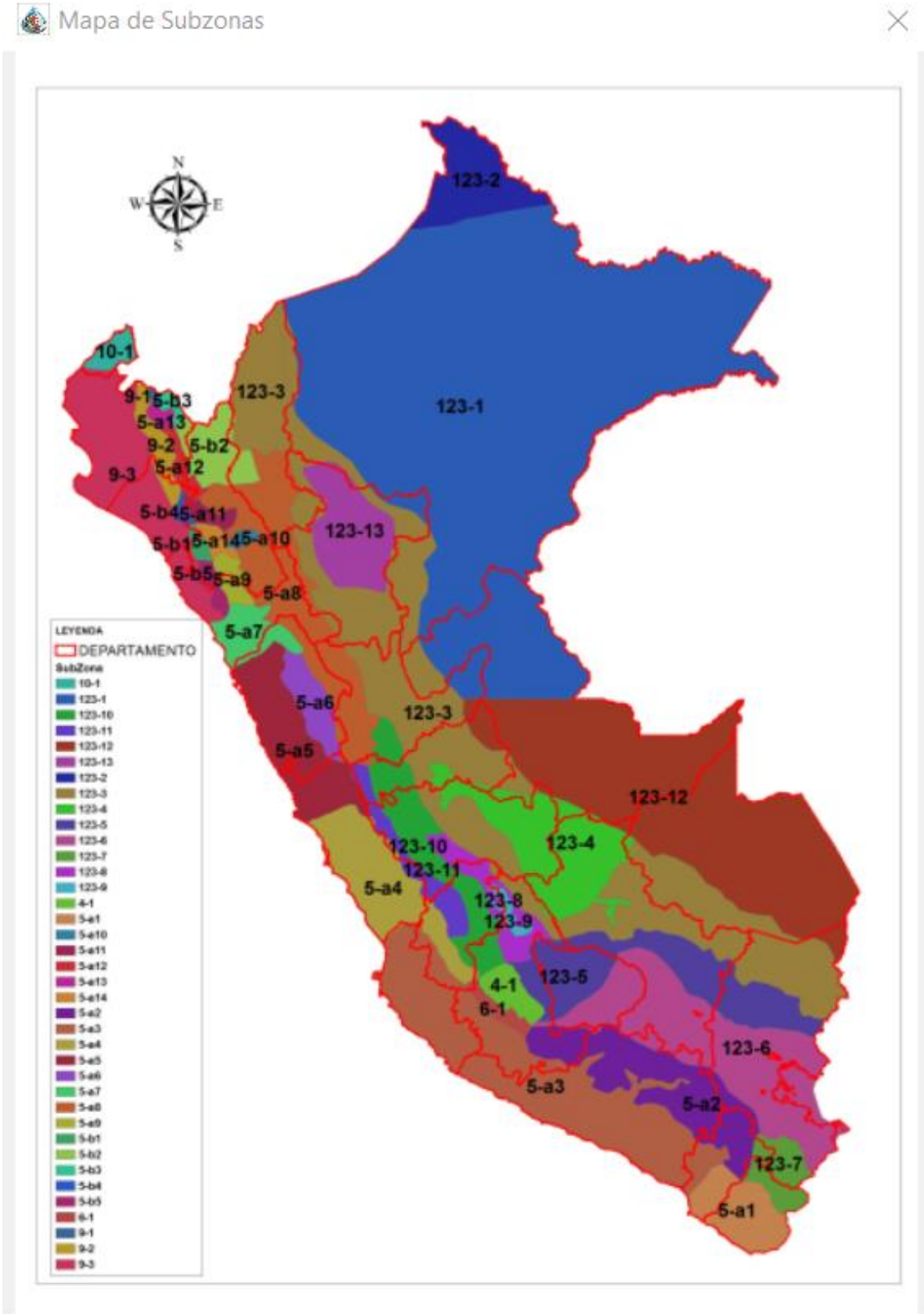


Figura 46

Resolución De La Fórmula Del Método IILA

HYDROIILA V1.0

Herramientas Ayudas

DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN

t < 3h

t >= 3h

$$i_{(t,T)} = a(1 + K_g \text{Log}T)(t + b)^{n-1}$$

DATOS DE ENTRADA

ZONA Costa Norte y Selva SUBZONA 5a_7

b = 0.2 Eg = 12.007 kg = 1.330 a = 12.007 Cota = 2001 n = 0

Dc = Dm = T = 100 t (min) = 170 Intervalo (min) = 5

	n	t(min)	i(mm/hr)	P(mm)	pi-pi(mm)	Int. Par	Prec. Alt
	1	5	155.1	12.93	12.93	155.1	0.09
	2	10	119.85	19.98	7.05	84.54	0.1
	3	15	97.66	24.41	4.43	53.21	0.11
	4	20	82.4	27.47	3.06	36.67	0.13
	5	25	71.26	29.69	2.22	26.68	0.15
	6	30	62.78	31.39	1.7	20.4	0.17
	7	35	56.1	32.73	1.34	16.03	0.2
	8	40	50.71	33.8	1.07	12.89	0.24
	9	45	46.26	34.69	0.89	10.73	0.3

Ejecutar Graficos

Exportar Limpiar

Salir

Autores:
-Helms K. Rodríguez Venegas
-Cristhian R. Esquen Lozano

Asesores:
-Ing. Juan P. García Rivera
-Doc. Hans Sánchez Tueros

Nota: En la figura 46, se muestra la resolución de la fórmula del método IILA, para una duración de precipitación menor a 3 horas. (Autoría propia).

Tabla 25

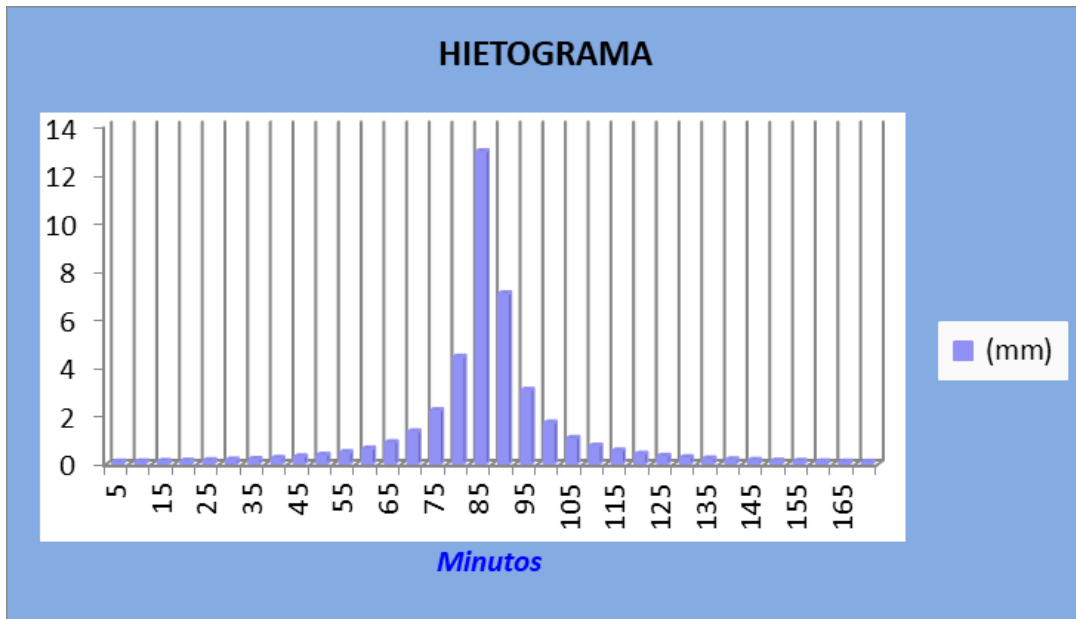
Valores obtenidos para el hietograma con el método IILA

n	t(min)	i(mm/hr)	P(mm)	pi-pi(mm)	Int. Par	Prec. Alt
1	5	155.1	12.93	12.93	155.1	0.09
2	10	119.85	19.98	7.05	84.54	0.1
3	15	97.66	24.41	4.43	53.21	0.11
4	20	82.4	27.47	3.06	36.67	0.13
5	25	71.26	29.69	2.22	26.68	0.15
6	30	62.78	31.39	1.7	20.4	0.17
7	35	56.1	32.73	1.34	16.03	0.2
8	40	50.71	33.8	1.07	12.89	0.24
9	45	46.26	34.69	0.89	10.73	0.3
10	50	42.53	35.44	0.75	9	0.37
11	55	39.35	36.07	0.63	7.62	0.48
12	60	36.62	36.62	0.55	6.62	0.63
13	65	34.24	37.1	0.48	5.72	0.89
14	70	32.16	37.51	0.41	4.97	1.34
15	75	30.31	37.88	0.37	4.49	2.22
16	80	28.66	38.21	0.33	4	4.43
17	85	27.18	38.51	0.3	3.59	12.93
18	90	25.85	38.78	0.27	3.19	7.05
19	95	24.64	39.02	0.24	2.85	3.06
20	100	23.54	39.24	0.22	2.61	1.7
21	105	22.54	39.44	0.2	2.38	1.07
22	110	21.61	39.62	0.18	2.2	0.75
23	115	20.76	39.79	0.17	2.08	0.55
24	120	19.98	39.95	0.16	1.93	0.41
25	125	19.25	40.1	0.15	1.76	0.33
26	130	18.57	40.23	0.13	1.58	0.27
27	135	17.94	40.36	0.13	1.54	0.22
28	140	17.35	40.48	0.12	1.39	0.18
29	145	16.79	40.59	0.11	1.28	0.16
30	150	16.28	40.69	0.1	1.2	0.13
31	155	15.79	40.79	0.1	1.17	0.12
32	160	15.33	40.88	0.09	1.08	0.1
33	165	14.9	40.97	0.09	1.04	0.09
34	170	14.49	41.05	0.08	0.94	0.08

Nota: En la tabla 25 se presenta Valores obtenidos para el hietograma con el método IILA.
(Autoría Propia).

Figura 47

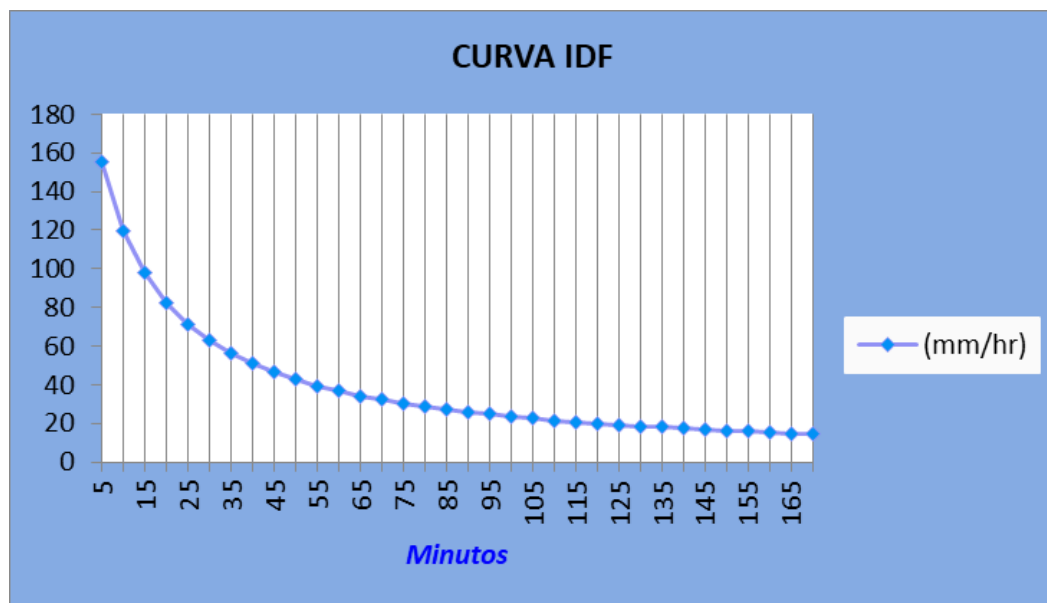
Hietograma método IILA



Nota: En la figura 47, hietograma del método IILA. (Autoría propia).

Figura 48

Curva IDF – Método IILA

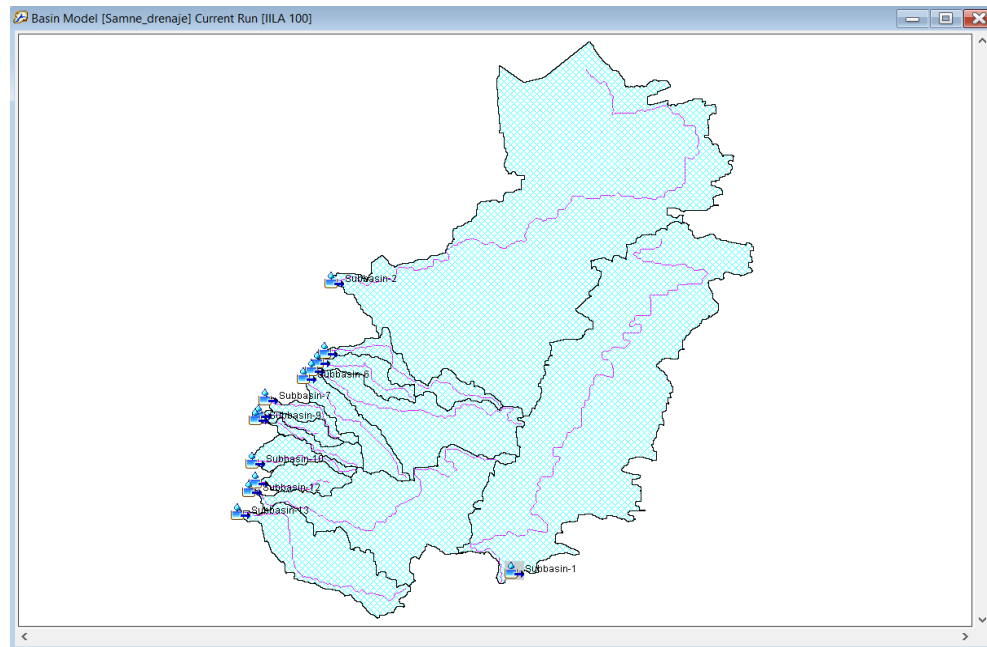


Nota: En la figura 48, curva IDF del método IILA. (Autoría propia).

4.1.5. SISTEMA DE MODELAMIENTO HIDROLÓGICO (HMS-HYDROLOGIC MODELING SYSTEM)

Figura 49

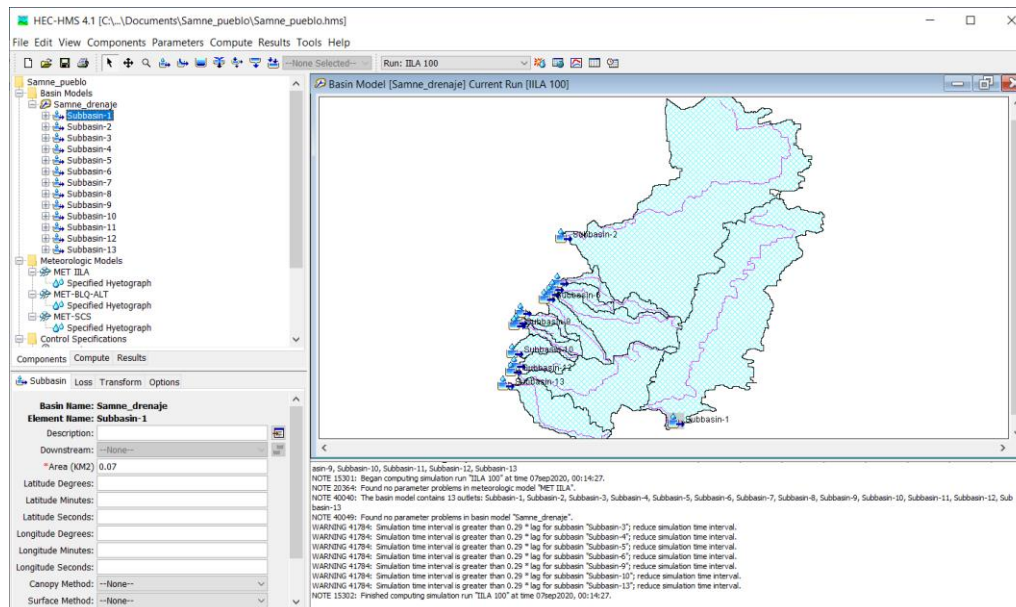
Modelo hidrológico de la cuenca en HEC - HMS



Nota: En la figura 49, se aprecia el modelo hidrológico de la cuenca en HEC - HMS. (Autoría propia).

Figura 50

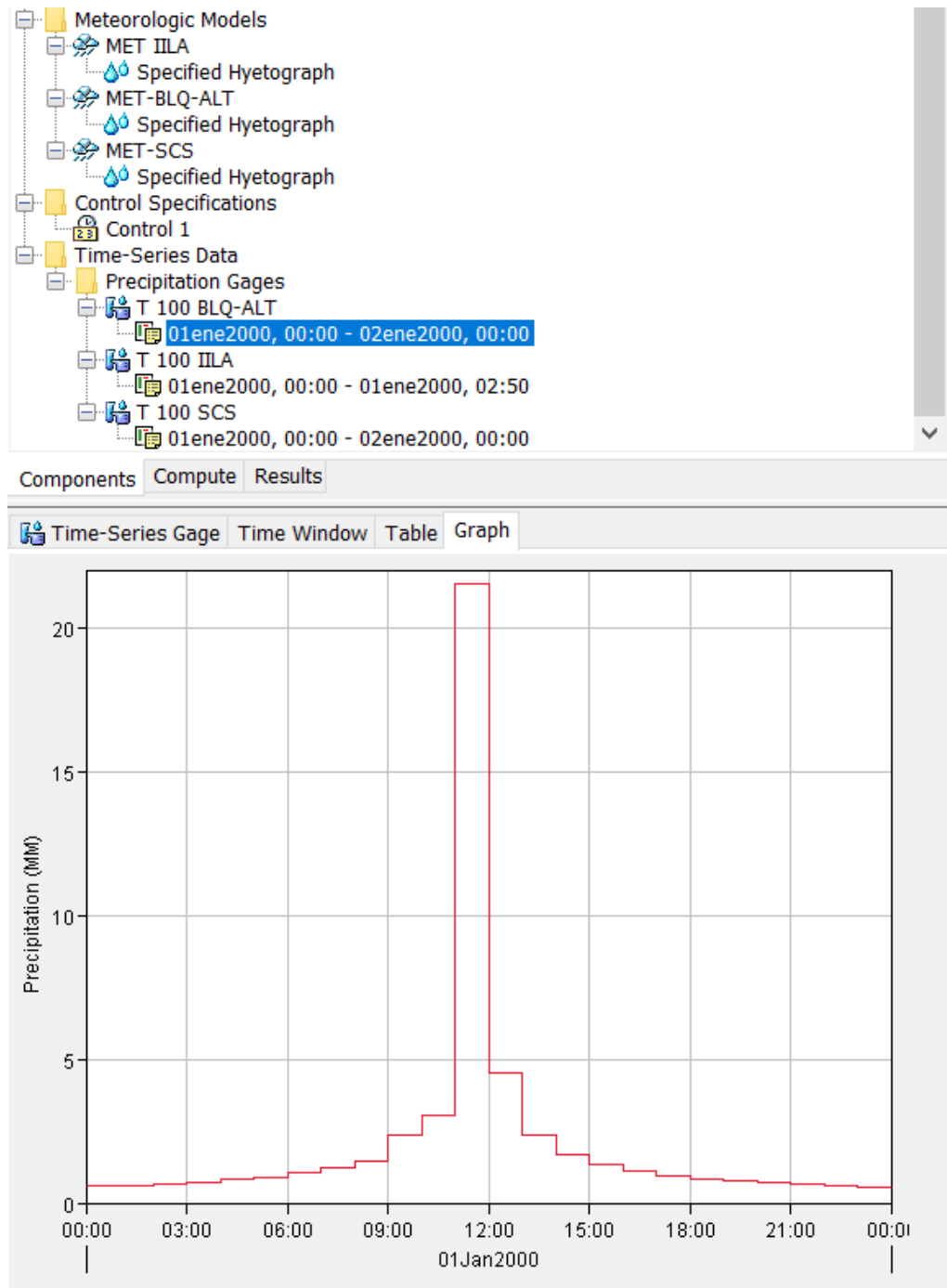
Micro cuencas en HEC - HMS



Nota: En la figura 50, se presenta las micro cuencas en HEC - HMS. (Autoría propia).

Figura 51

Resultado: Hietograma en HEC – HMS



Nota: En la figura 51, se presenta los resultados del hietograma en HEC – HMS, tanto para bloques alternos, método IILA, y el Soil Conservation Service (SCS). (Autoría propia).

Tabla 26

Resumen por el método IILA.

MicroCuenca	Área de Drenaje	Descarga Máxima	Volumen
	KM2	M3/S	MM
1	0.07	1.1	22.83
2	0.10	1.8	20.75
3	0.01	0.2	22.83
4	0.01	0.2	22.83
5	0.01	0.2	19.81
6	0.01	0.3	22.83
7	0.01	0.2	21.76
8	0.01	0.2	21.76
9	0.01	0.3	21.76
10	0.01	0.3	21.76
11	0.01	0.1	21.76
12	0.02	0.3	22.83
13	0.01	0.2	22.83

Nota: En la tabla 26 se presenta el resumen de los volúmenes por el el método IILA, para cada una de las 13 micro cuencas de la Sub cuenca Samne. (Autoría propia).

Tabla 27

Resumen por el método bloques alternos

MicroCuenca	Área de Drenaje	Descarga Máxima	Volumen
	KM2	M3/S	MM
1	0.07	0.3	31.06
2	0.10	0.4	28.62
3	0.01	0.0	31.14
4	0.01	0.0	27.49
5	0.01	0.0	31.15
6	0.01	0.0	29.84
7	0.01	0.0	29.84
8	0.01	0.0	29.87
9	0.01	0.0	29.87
10	0.01	0.0	29.87
11	0.01	0.0	29.77
12	0.02	0.1	31.08
13	0.01	0.0	31.13

Nota: En la tabla 27 se presenta el resumen de los volúmenes por el el método de Bloques Alternos, para cada una de las 13 micro cuencas de la Sub cuenca Samne. (Autoría propia).

Tabla 28
Resumen por el método Hidrograma Unitario SCS

MicroCuenca	Área de Drenaje	Descarga Máxima	Volumen
	KM2	M3/S	MM
1	0.07	0.2	32.43
2	0.10	0.3	30.13
3	0.01	0.0	32.80
4	0.01	0.0	29.10
5	0.01	0.0	29.04
6	0.01	0.0	32.84
7	0.01	0.0	31.41
8	0.01	0.0	31.41
9	0.01	0.0	31.53
10	0.01	0.0	31.54
11	0.01	0.0	31.07
12	0.02	0.1	32.55
13	0.01	0.0	32.79

Nota: En la tabla 28 se presenta el resumen de los volúmenes por el el método Hidrograma Unitario SCS, para cada una de las 13 micro cuencas de la Sub cuenca Samne. (Autoría propia).

MODELAMIENTO NUMÉRICO BIDIMENSIONAL

Figura 52

Configuración del análisis 2D en IBER.

Datos

Parámetros de Tiempo | General | Resultados | Peligrosidad personalizada | Turbulencia | Sedimentos | Via Inter

Análisis 2D

Número de procesadores: 12

Esquema Numérico: Primer Orden[Rápido]

CFL: 0.45

Incremento de tiempo máximo [s]: 1

Límite Seco-Mojado [m]: 0.01

Método de Secado: Por Defecto

Opciones generales: Ocultar

Aceptar Cerrar

Nota: En la figura 52, se presenta el ingreso de datos para la configuración del análisis 2D en IBER. (Autoría propia).

En esta etapa de la investigación, asignamos entre otros valores el incremento de tiempo máximo y el número de Courant, el I.T.M por defecto se encuentra definido en 1 segundo, y el CFL 0.45.

Para garantizar buenos resultados en la simulación, se sugiere llevar a cabo un modelo numéricamente estable, sin embargo, evaluaremos el modelo con los resultados pre definidos para obtener los valores máximos de las variables contemplados en la fórmula siguiente:

Figura 53

Fórmula de Courant-Friedrichs-Levy

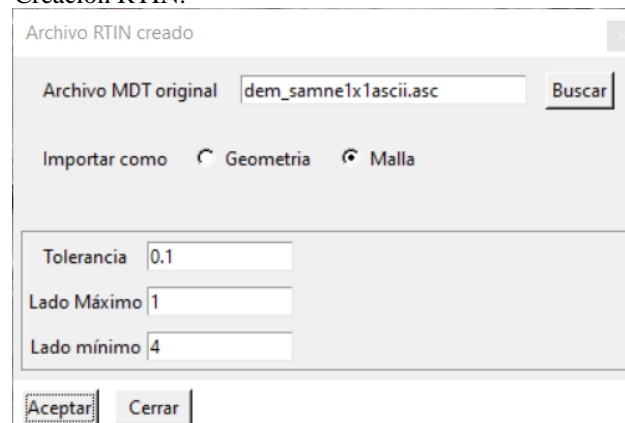
$$\Delta t < CFL \frac{\Delta x}{v + \sqrt{gh}}$$

Nota: En la figura 53, fórmula de Courant – Friedrichs - Levy Autoría. Tomado de (Flumen, 2014)

Para esta fórmula los valores representativos son: La velocidad, el tirante, la variación de tiempo, la gravedad, la variación de longitud en el mallado y finalmente el número de Courant.

Figura 54

Creación RTIN.

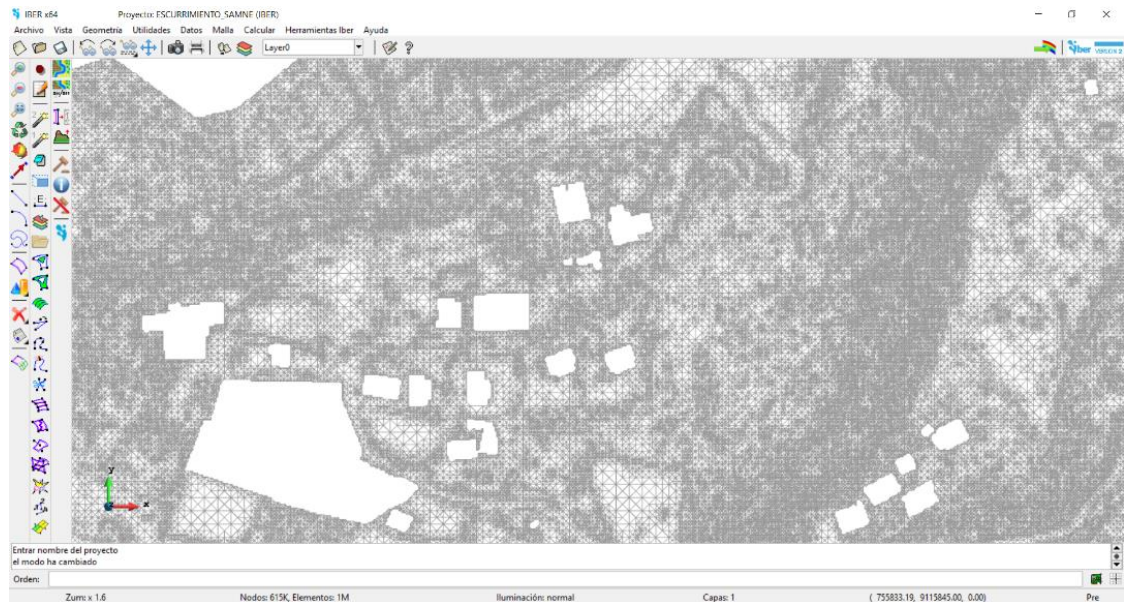


Nota: En la figura 54, se presenta la creación de la herramienta RTIN. (Autoría propia).

Debido a que la superficie se importará como objeto RTIN, se le asignará un intervalo de entre 1 y 4 m de ancho de mado.

Figura 55

Superficie TIN mallada.

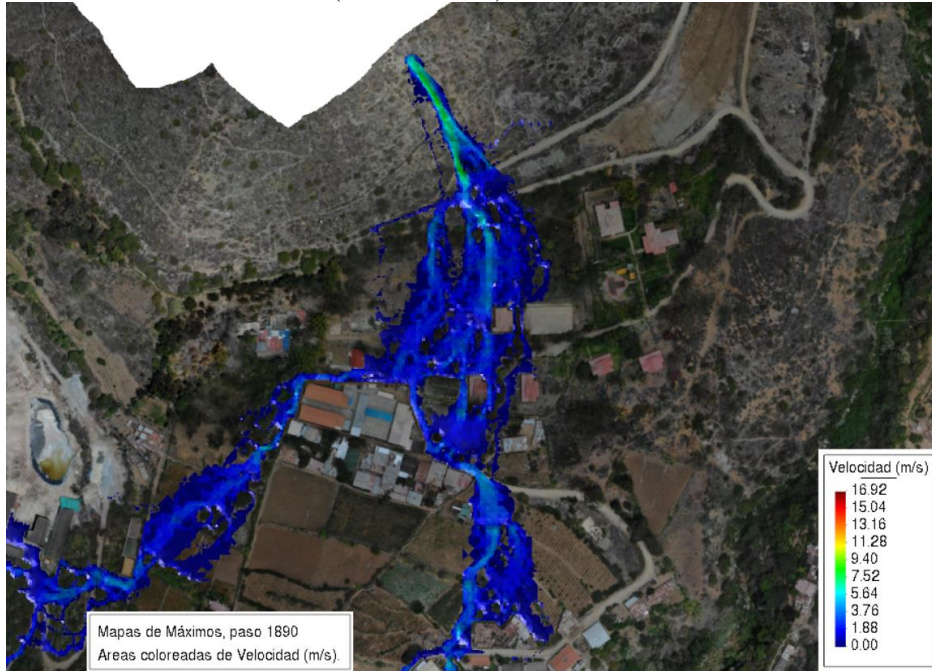


Nota: En la figura 55, se presenta la superficie TIN mallada, con intervalos de 1.0 a 4.0 metros. (Autoría propia).

Finalmente, tenemos el modelo representado en la interfaz gráfica del software, recortado en la zona donde se ubican las estructuras de viviendas existentes.

Figura 56

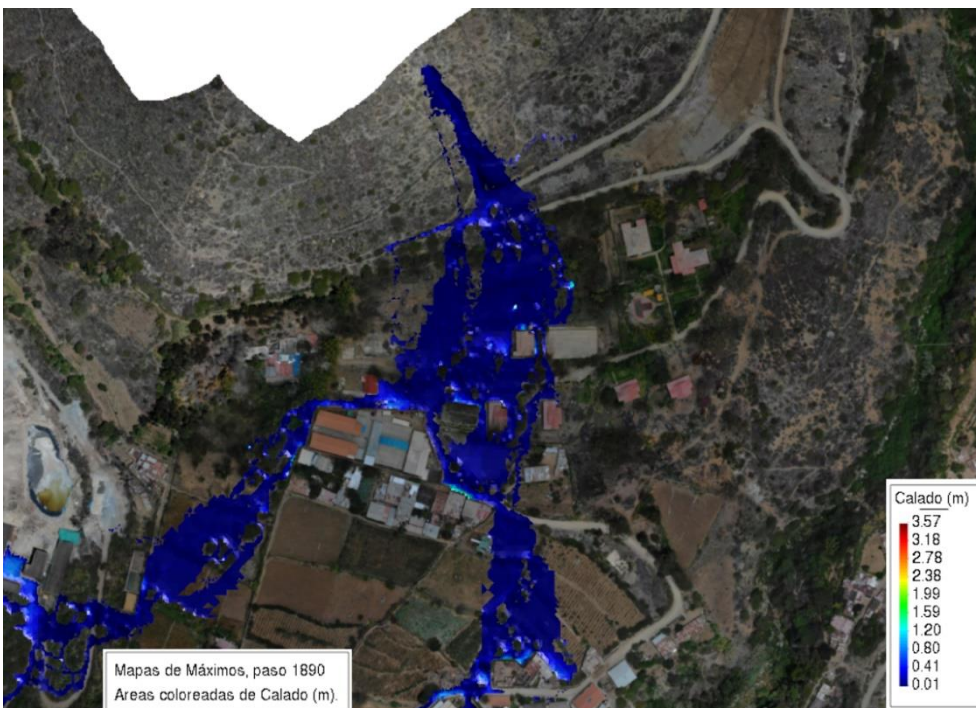
Resultados del modelamiento (Velocidad m/s).



Nota: En la figura 56, se presenta los resultados del modelamiento (Velocidad m/s). Donde se aprecia el escurrimiento superficial en la sub cuenca Samne. (Autoría propia).

Figura 57

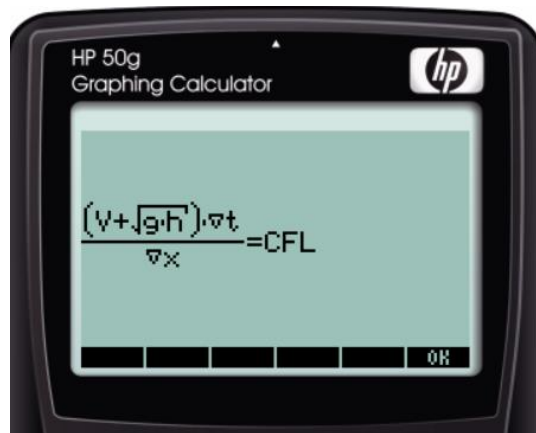
Resultados del modelamiento - Altura de tirante en metros.



Nota: En la figura 57, se presenta los resultados del modelamiento - Altura de tirante en metros. (Autoría propia).

Figura 58

Ingreso de la fórmula en la HP50G.

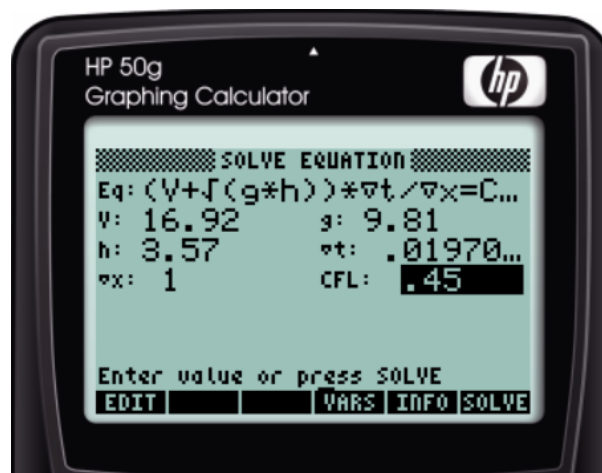


Nota: En la figura 58, se presenta el ingreso de la fórmula Courant-Friedrichs-Levy, en la HP50G. (Autoría propia).

Ingresamos la fórmula en la Calculadora HP50.

Figura 59

Resolución de la ecuación de Courant-Friedrichs-Levy -1.00m.

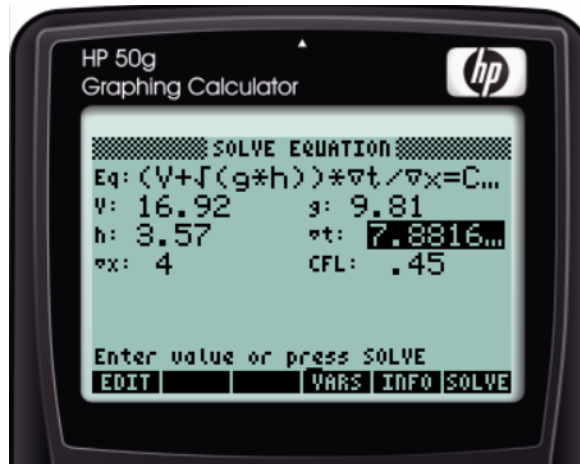


Nota: En la figura 59, se presenta solución de la ecuación de Courant-Friedrichs-Levy -1.00m. (Autoría propia).

Analizamos la estabilidad del modelo frente a una variación de espacio en el mallado de 1.00m, en lo que respecta a la variación de tiempo, la fórmula nos sugiere utilizar un valor de 0.019 s.

Figura 60

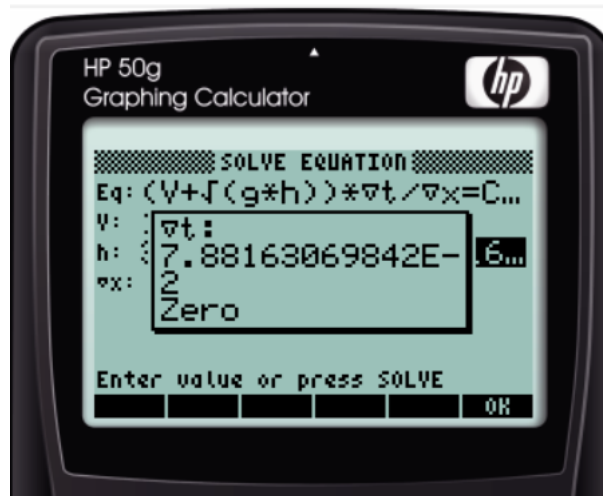
Resolución de la ecuación de Courant-Friedrichs-Levy - 4.00m



Nota: En la figura 60, se presenta solución de la ecuación de Courant-Friedrichs-Levy -4.00m. (Autoría propia).

Figura 61

Resolución del paso de tiempo para la simulación - 4.00m



Nota: En la figura 61, se presenta resolución el paso de tiempo para la simulación - 4.00m. (Autoría propia).

Para un espaciamiento de mado de 4.00m, la fórmula sugiere utilizar un valor de 0.078 s, para tener estabilidad en el modelo numérico.

Figura 62

Asignación del paso de tiempo para la simulación

Datos

Parámetros de Tiempo | General | Resultados | Peligrosidad personalizada | Turbulencia | Sedimentos | Via Inter▶

Análisis 2D

Número de procesadores: 12

Esquema Numérico: Primer Orden[Rápido] ▼

CFL: 0.45

Incremento de tiempo máximo [s]: 0.019

Límite Seco-Mojado [m]: 0.01

Método de Secado: Por Defecto ▼

Opciones generales: Ocultar ▼

Paso de tiempo para la simulación

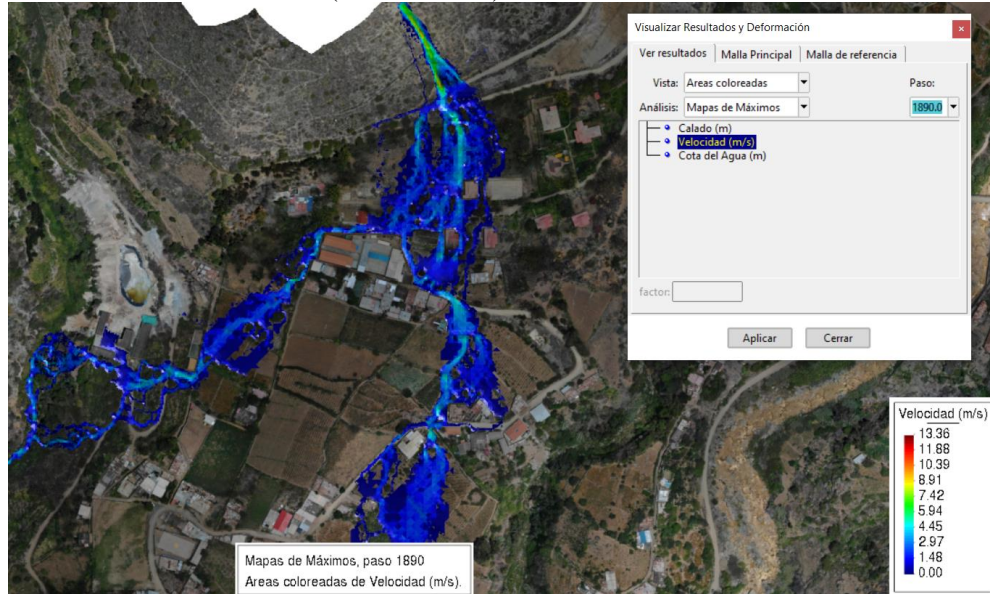
Aceptar Cerrar

Nota: En la figura 62, se presenta el ingreso de datos asignación del paso de tiempo para la simulación del análisis 2D en IBER. (Autoría propia).

Ingresamos el valor de 0.019, para el paso de tiempo en la simulación, de esta manera obtendremos un modelo de simulación numéricamente estable, es probable que el tiempo de procesamiento de la simulación se incremente sustancialmente.

Figura 63

Resultados del modelamiento (Velocidad m/s).

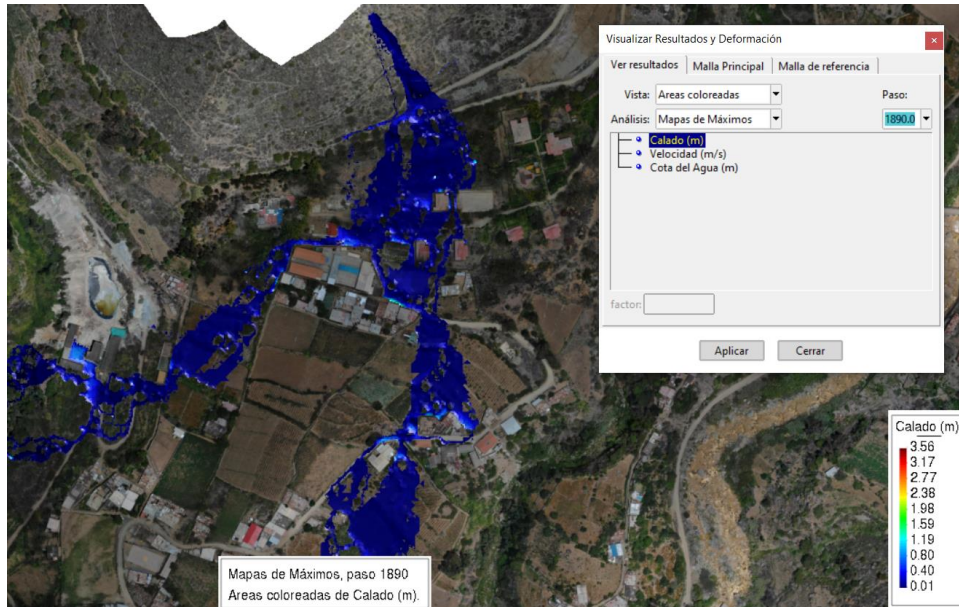


Nota: En la figura 63, se presenta los resultados del modelamiento (Velocidad m/s). (Autoría propia).

Se aprecia una variación importante en la velocidad máxima alcanzada por el flujo de agua en el modelo, reduciéndose sustancialmente de 16.92 m/s a 13.86 m/s.

Figura 64

Resultados del modelamiento - Altura de tirante en metros.



Nota: En la figura 64, se presenta los resultados del modelamiento (Altura del tirante en metros). (Autoría propia).

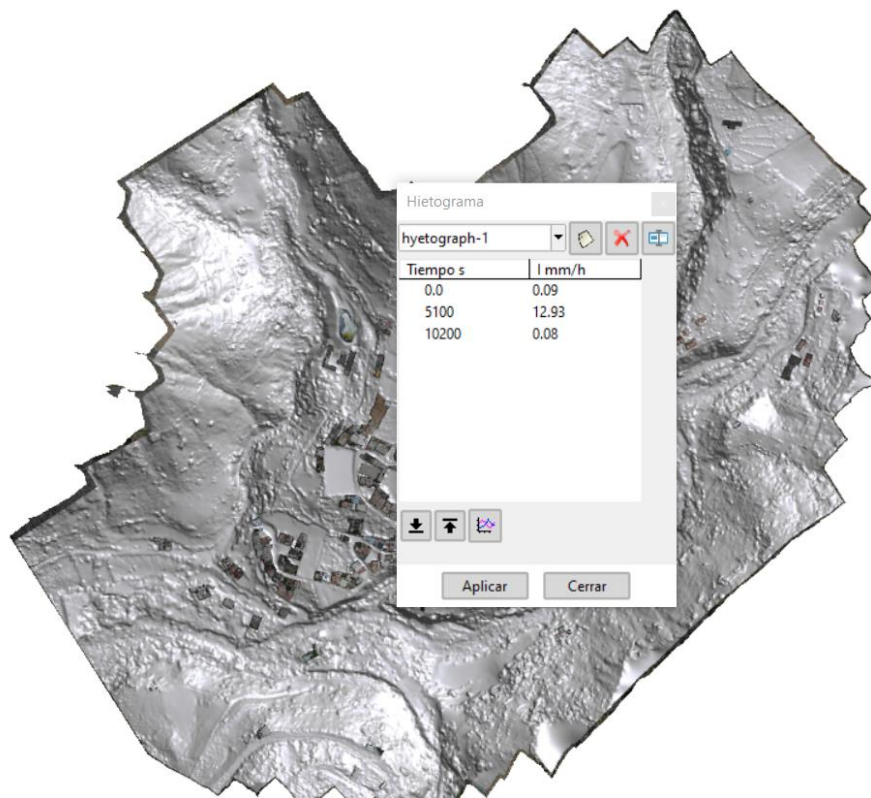
En lo que respecta al tirante, solo se ha variado 0.01 m.

4.1.6. SIMULACIÓN BIDIMENSIONAL - HIDROLÓGICA

De manera complementaria se ha realizado una simulación, empleando el módulo hidrológico que el software posee, obteniendo resultados que se acercan a los realizados con el módulo hidráulico, cabe resaltar que el modelo se ha hecho con el paso de tiempo corregido a 0.019s.

Figura 65

Asignación del Hietograma. T= 100 años - IILA

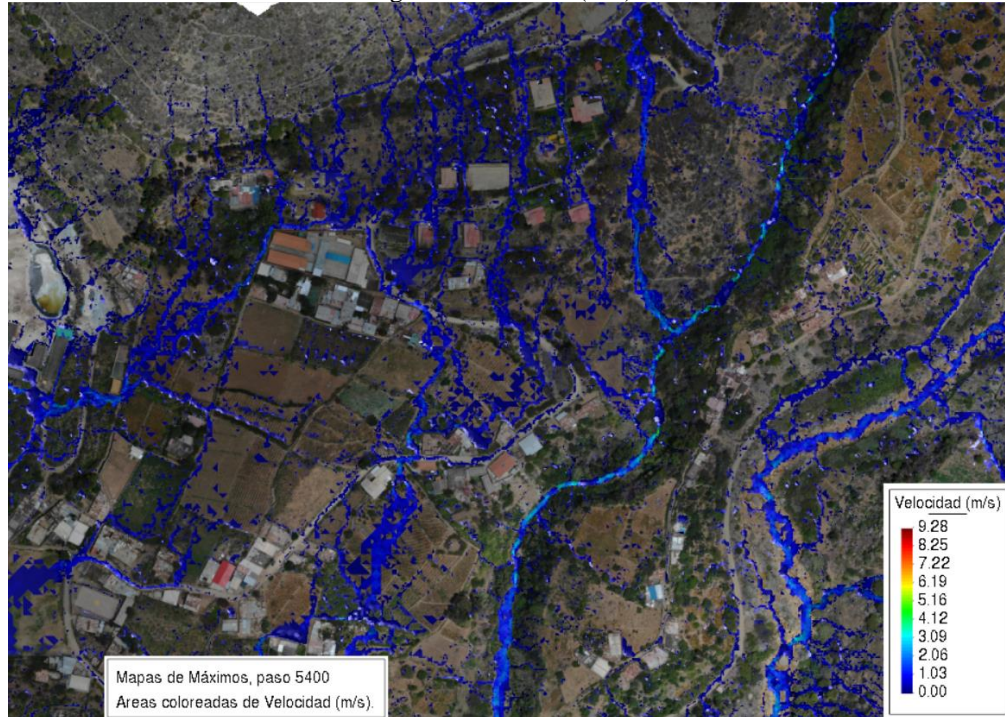


Nota: En la figura 65, se presenta la asignación del Hietograma. T= 100 años - IILA (Autoría propia).

Para fines prácticos, el hietograma asignado corresponde al determinado mediante la aplicación de la metodología del IILA.

Figura 66

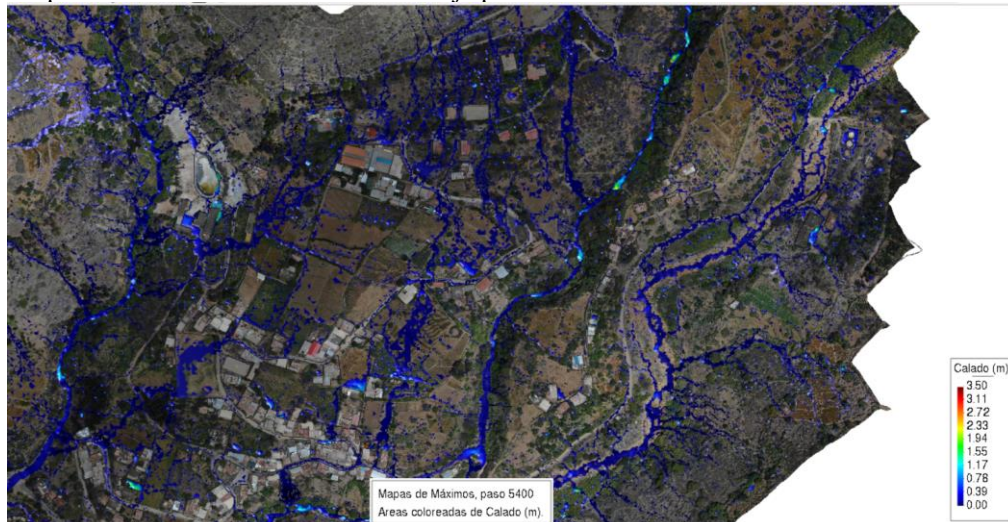
Resultados de la simulación hidrológica – Velocidad (m/s).



Nota: En la figura 66, se presenta los resultados de la simulación hidrológica - Velocidad (m/s), donde se aprecia el escurrimiento del agua superficial a nivel de las 13 micro cuencas pertenecientes a la sub cuenca Samne. (Autoría propia).

Figura 67

Mapa de inundación / acumulación de flujo para $t=100$ años.



Nota: En la figura 67, se presenta el mapa de inundación / acumulación de flujo para $t=100$ años, donde se aprecia el escurrimiento del agua superficial a nivel de las 13 micro cuencas pertenecientes a la sub cuenca Samne. (Autoría propia).

De la imagen superior se puede determinar las áreas de acumulación del flujo de agua con un tirante de hasta 3.50m en diferentes sectores, además de mostrarnos un panorama más amplio en cuanto al análisis de escurrimiento (hidráulico) sobre un sintetizado fenómeno del niño, como se puede apreciar en la imagen, coincide con las afirmaciones verbales de los pobladores y autoridades locales entrevistadas.

Figura 68

Acercamiento 2X, del mapa de inundación en el instante $t's=5400$

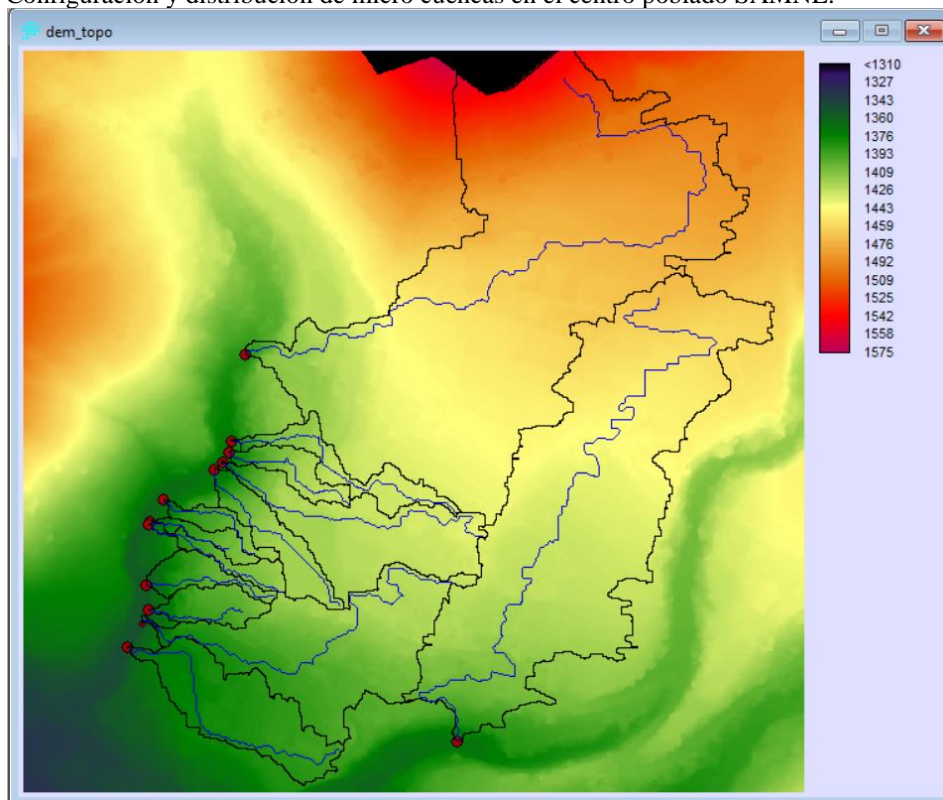


Nota: En la figura 68, se presenta un acercamiento 2X, del mapa de inundación en el instante $t's=5400$. (Autoría propia).

En la imagen superior, se ve con más claridad la zona afectada por la inundación, tanto en la parte alta como la parte baja del centro poblado.

Figura 69

Configuración y distribución de micro cuencas en el centro poblado SAMNE.



Nota: En la figura 69, se presenta configuración y distribución de micro cuencas en el centro poblado SAMNE (siendo 13 micro cuencas en total). (Autoría propia).

En la imagen superior hacemos un resumen de la ubicación y escorrentía principal de cada una de las sub cuencas que componen toda la extensión del centro poblado de SAMNE.

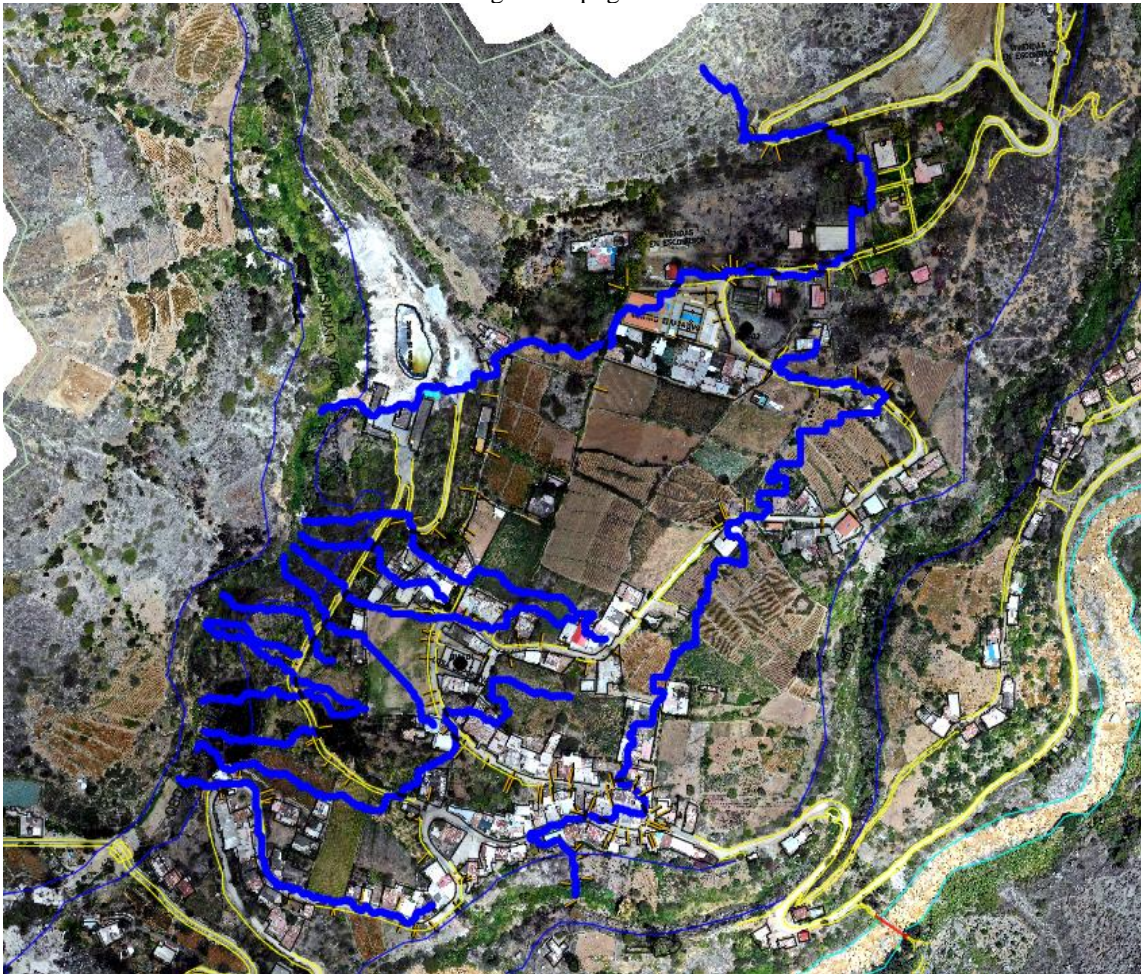
4.1.7. PROPUESTA DEL SISTEMA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA PARTE ALTA Y BAJA DEL CENTRO POBLADO

Antes de realizar la propuesta, primero haremos una evaluación, contrastando las escorrentías con la ortofotografía tomada con el Drone.

Como se puede notar, no todas las escorrentías pasan a través de los caminos, trochas y carreteras, algunas de ellas los atraviesan, e incluso se introducen en los campos de cultivos.

Figura 70

Contrastación de escorrentías con la orto fotografía topográfica.



Nota: En la figura 70, se presenta la contrastación de escorrentías con la orto fotografía topográfica. (Autoría propia).

Figura 71

Escorrentía de la microcuenca MC-01.



Nota: En la figura 71, se presenta la escorrentía de la micro cuenca MC-01. (Autoría propia).

De manera cómo se puede apreciar en la imagen superior, la escorrentía de la microcuenca MC-01, atraviesa terrenos de cultivos, y habría arrasado con todos ellos en el último fenómeno del niño del año 2017, de acuerdo a los cálculos hidrológicos transporta un caudal aproximado de 1.1 m³/s.

Figura 72

Escorrentía de la microcuenca MC-02.

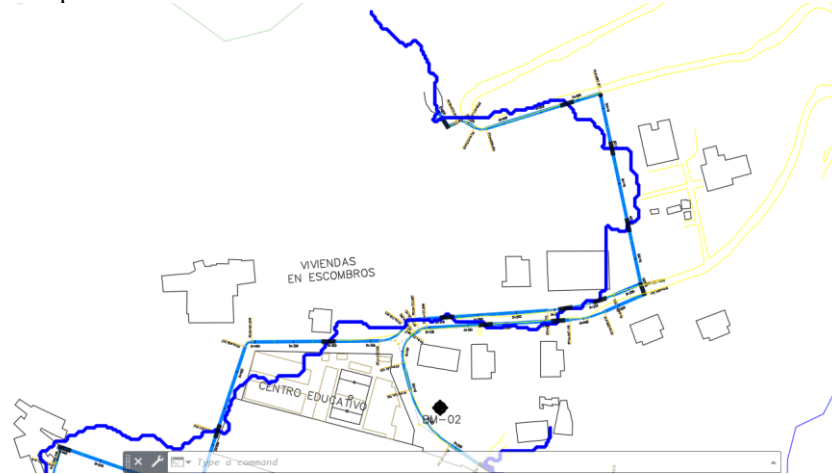


Nota: En la figura 72, se presenta la escorrentía de la micro cuenca MC-02. (Autoría propia).

La escorrentía de microcuenca MC-02, nace en la parte alta del centro poblado, esta escorrentía es la que mayor caudal transporta: 1.8 m³/s.

Figura 73

Propuesta del canal de evacuación en función a la escorrentía de la MC-02.



Nota: En la figura 73, se presenta la propuesta del canal de evacuación en función a la escorrentía de la MC-02. (Autoría propia).

Dadas las circunstancias, se establece que la mejor decisión para derivar el caudal de las escorrentías, es trazar y construir canales que tengan similitud la dirección de flujo, de tal manera que pueda interceptarlas y/o en el mejor de los casos, encauzarlas.

Figura 74

Propuesta del canal de evacuación en función a la escorrentía de la MC-01.

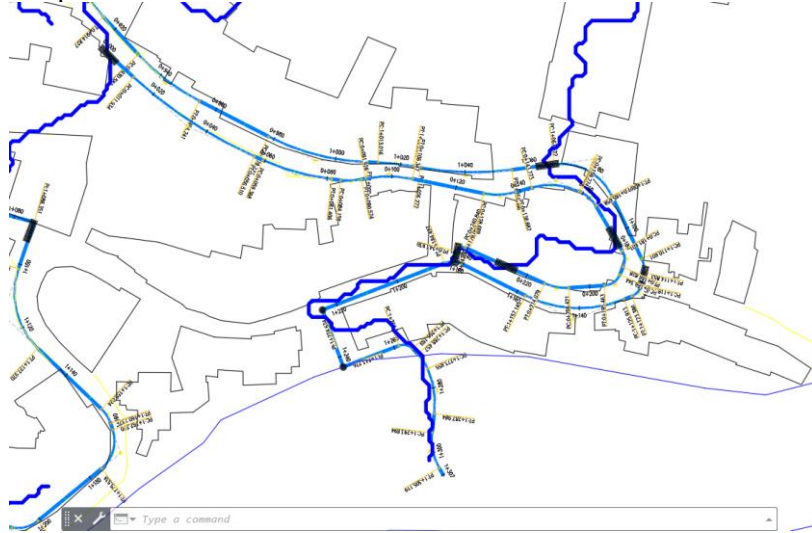


Nota: En la figura 74, se presenta la propuesta del canal de evacuación en función a la escorrentía de la MC-01. (Autoría propia).

Hemos repetido el patrón de trazo para la escorrentía MC-01.

Figura 75

Propuesta del canal de evacuación en función a la escorrentia de la MC-01.

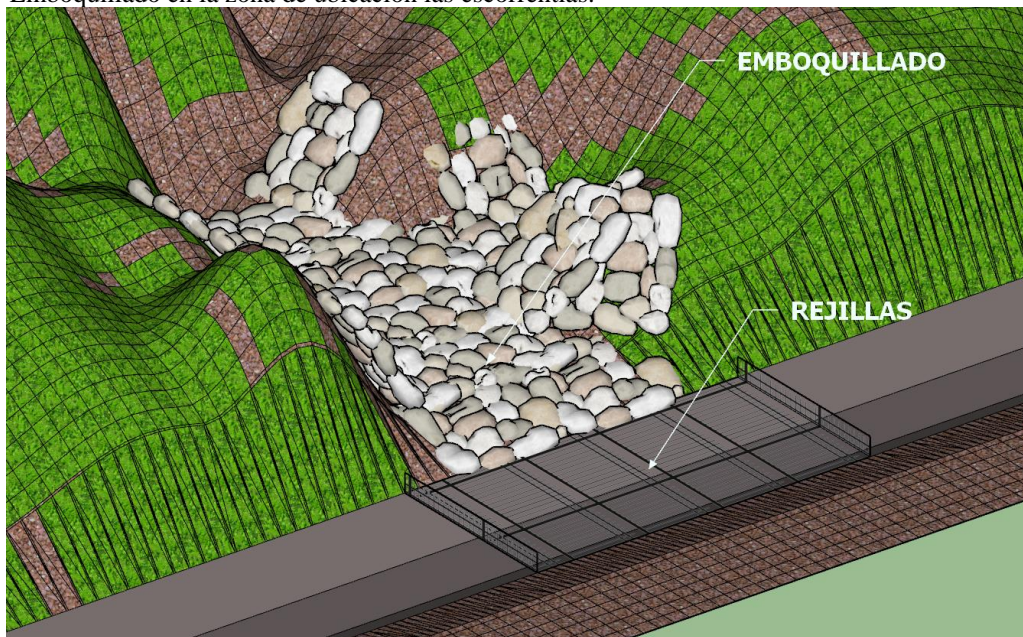


Nota: En la figura 75, se presenta la propuesta del canal de evacuación en función a la escorrentia de la MC-01. (Autoría propia).

Finalmente, el trazo se difumina en la zona donde se intercepta con la quebrada Uyunshugo.

Figura 76

Emboquillado en la zona de ubicación las escorrentías.



Nota: En la figura 76, se presenta el emboquillado en la zona de ubicación las escorrentías, considerando también rejillas en la intersección del emboquillado con la propuesta del canal. (Autoría propia).

Se piensa que es imperativo que, en cada intersección de escorrentía – Canal, se coloque un emboquillado para de esta manera canalizar el flujo de agua a través de las rejillas con la finalidad de retener la mayor cantidad de sólidos posible.

Figura 77

Emboquillado en la zona de ubicación las escorrentías.

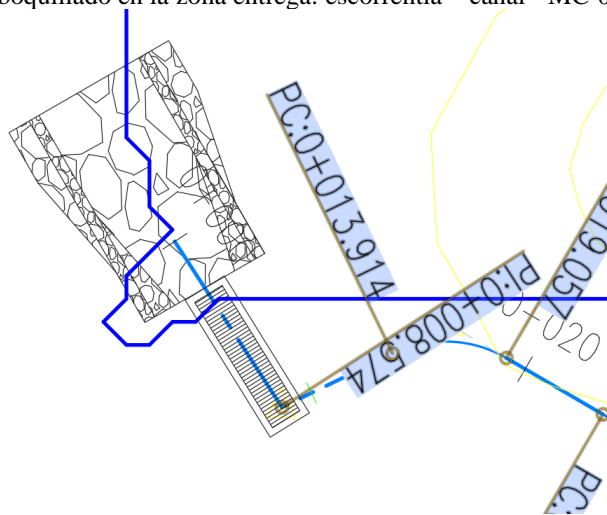


Nota: En la figura 77, se presenta el emboquillado en la zona de ubicación las escorrentías, considerando también rejillas en la intersección del emboquillado con la propuesta del canal. (Autoría propia).

La finalidad de las rejillas es retener sólidos que arrastra la escorrentía, de esta manera se evitará las obstrucciones a lo largo del canal.

Figura 78

Emboquillado en la zona entrega: escorrentía – canal - MC-02

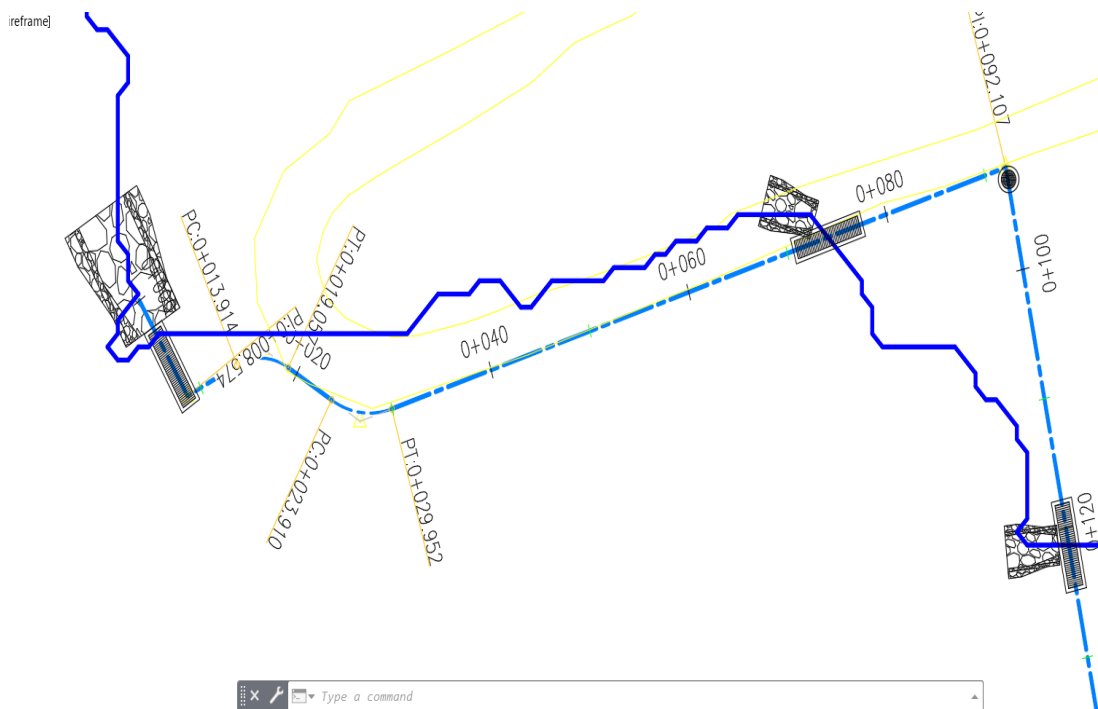


Nota: En la figura 78, se presenta la propuesta del emboquillado en la zona entrega: escorrentía – canal - MC-02. (Autoría propia).

En la Progresiva 0+000 para la escorrentía MC-02, se ha colocado un emboquillado con la finalidad de canalizar y concentrar el flujo de agua y que este se dirija directamente a través del canal.

Figura 79

Emboquillado en la zona de intersección – canal - MC-02



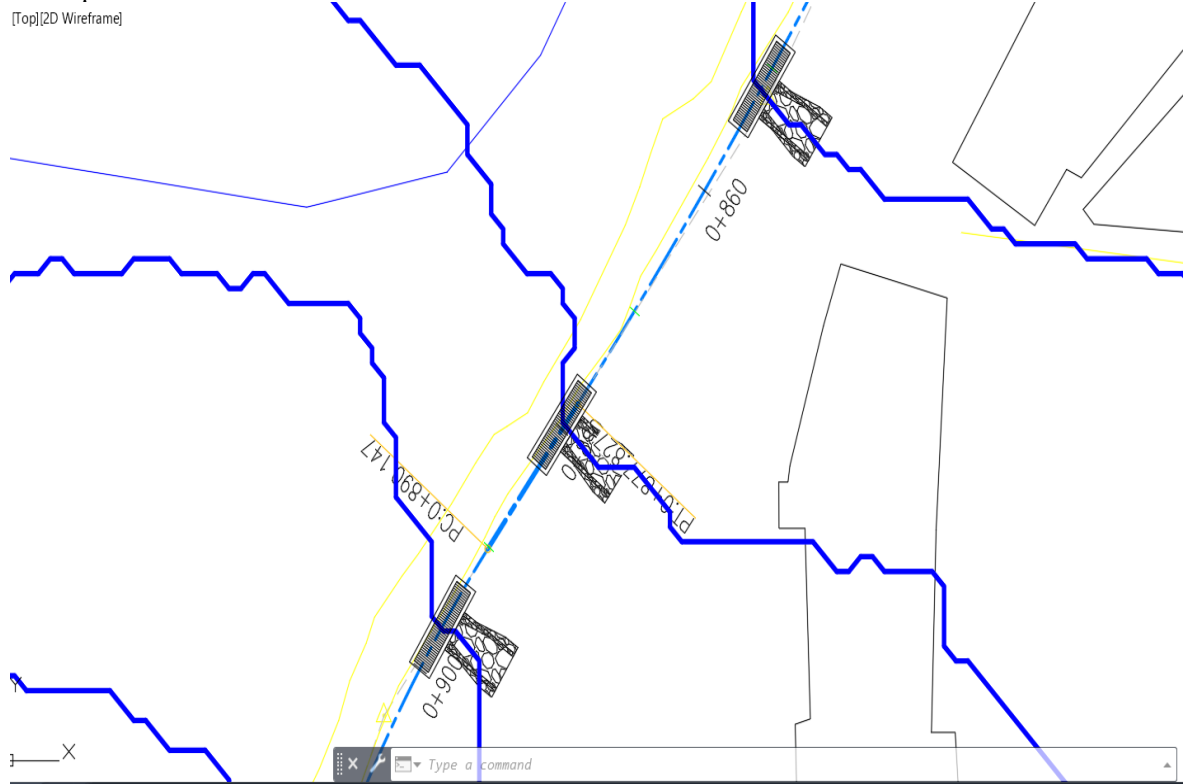
Nota: En la figura 79, se presenta el emboquillado en la zona de intersección – canal - MC-02. (Autoría propia).

Como se habla en líneas anteriores, el emboquillado también tiene como finalidad concentrar el flujo de la escorrentía y encauzar el caudal para conducirlo directamente al canal de derivación.

Figura 80

Emboquillado en la zona de intersección – canal - MC-01

[Top][2D Wireframe]



Nota: En la figura 80, se presenta el emboquillado en la zona de intersección – canal - MC-01.
(Autoría propia).

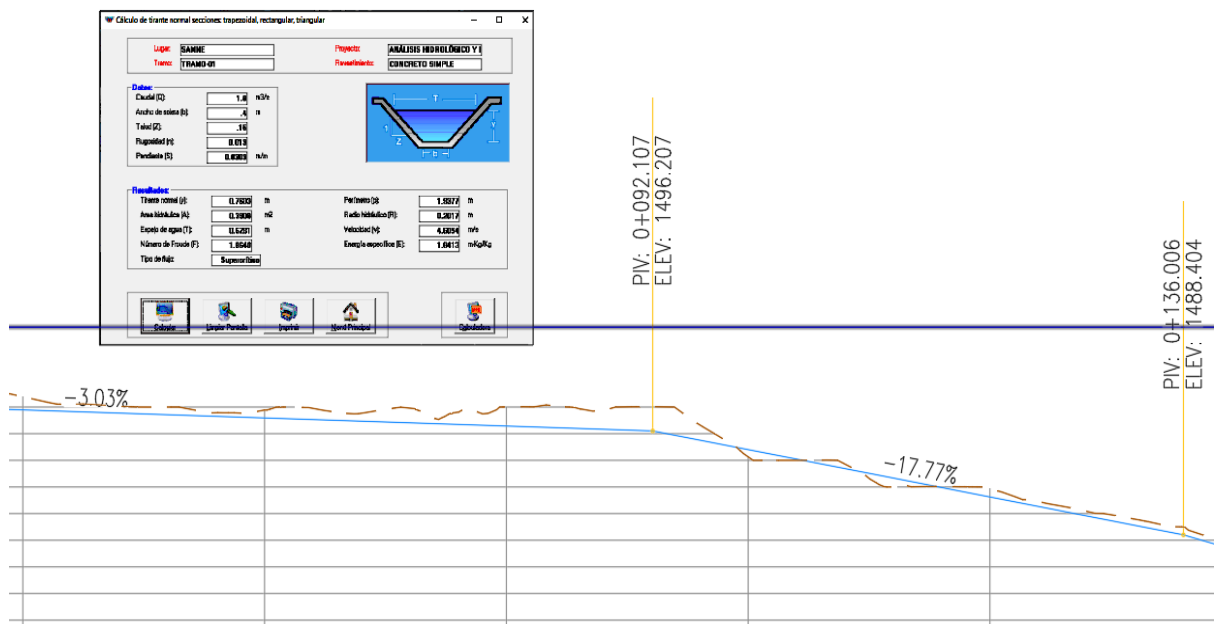
Por esta razón, se coloca aguas arriba de la escorrentía, justo antes de las rejillas colocadas en el canal interceptado.

4.1.8. DISEÑO DE LAS OBRAS DE ARTE DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

En esta etapa de la investigación, procesamos y dimensionamos las estructuras de arte complementarias, como rápidas y caídas, de tal manera que podamos adaptar la topografía en la que se desarrolla la red de canales, para un drenaje eficiente.

Figura 81

Perfil longitudinal, canal de ingreso – Tramo 01 – MC02.

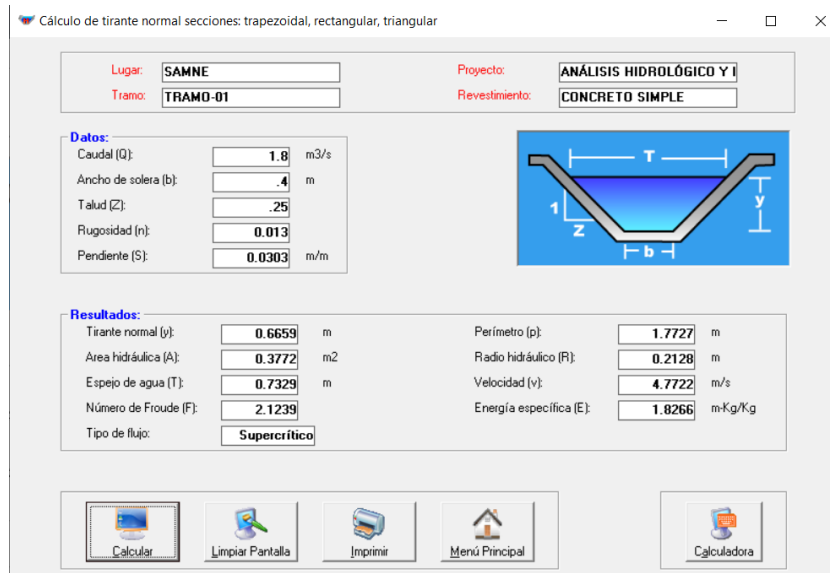


Nota: En la figura 81, se presenta el perfil longitudinal, canal de ingreso – Tramo 01 – MC02. (Autoría propia).

El ingreso de la primera escorrentía tiene una pendiente de -3.03% y el caudal ha sido estimado en 1.8 m³/s.

Figura 82

Diseño de canal de ingreso – Tramo 01 – MC02.

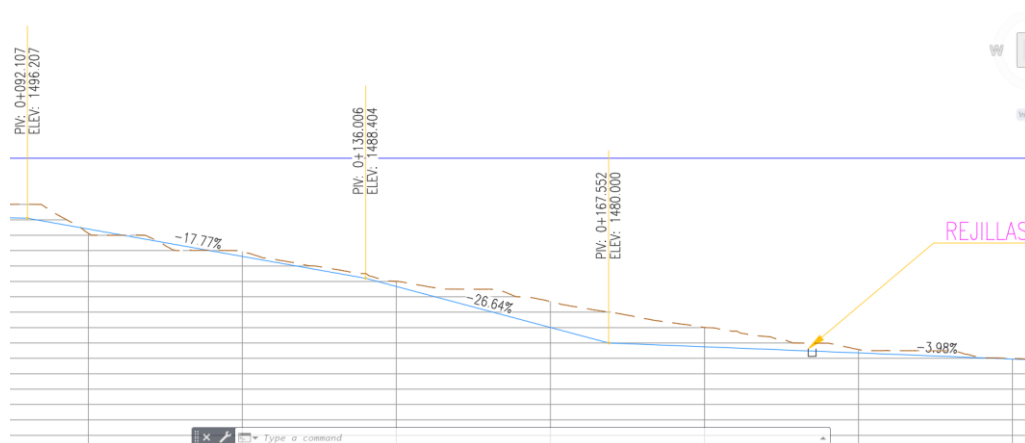


Nota: En la figura 82, se presenta el diseño de canal de ingreso – Tramo 01 – MC02. (Autoría propia).

Debido a que las calles son estrechas, para el canal de drenaje hemos contemplado un ancho de solera de 0.40m, para un talud de 0.25, obteniendo finalmente, un tirante de 0.66 m y un espejo de agua de 0.73 m. Es imperativo que el ancho final de la estructura del canal no supere 1.20m de ancho, caso contrario, supondría problemas para ubicarlo en el lateral de la trocha carrozable.

Figura 83

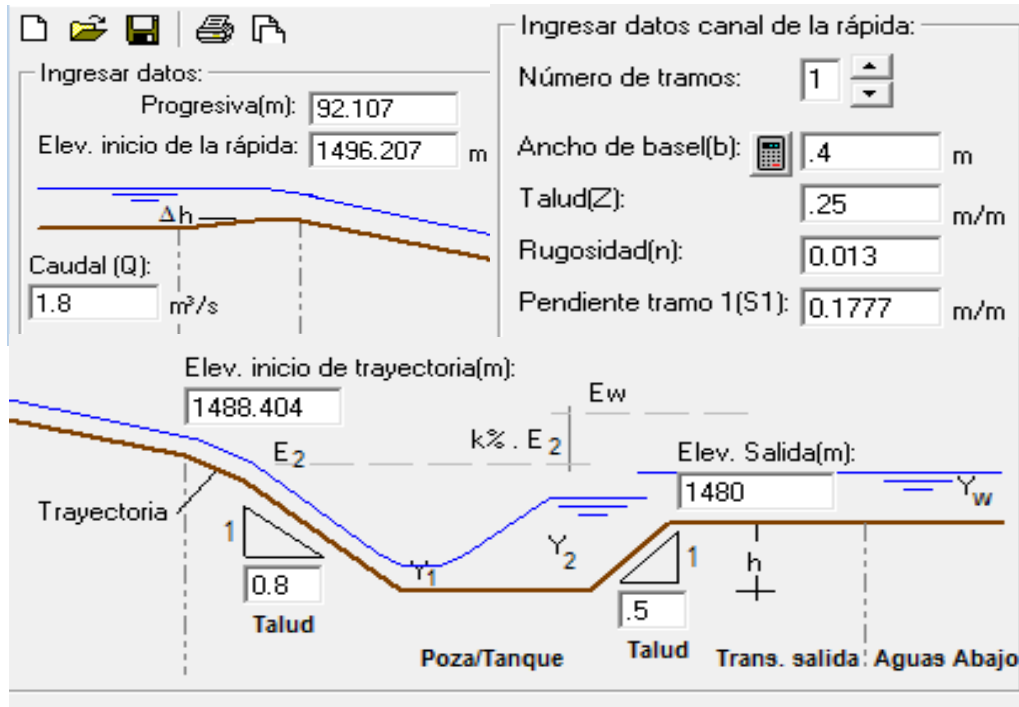
Perfil longitudinal para el diseño de la Rápida 01 – Canal Principal – MC02.



Nota: En la figura 83, se presenta el perfil longitudinal para el diseño de la Rápida 01 – Canal Principal – MC02. (Autoría propia).

Figura 84

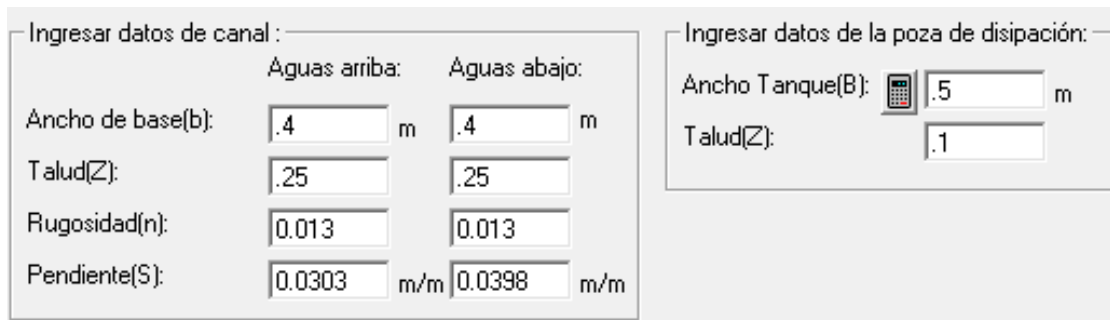
Ingreso de datos para el diseño de la Rápida 01 – Canal Principal – MC02.



Nota: En la figura 84, se presenta el ingreso de datos para el diseño de la Rápida 01 – Canal Principal – MC02. (Autoría propia).

Figura 85

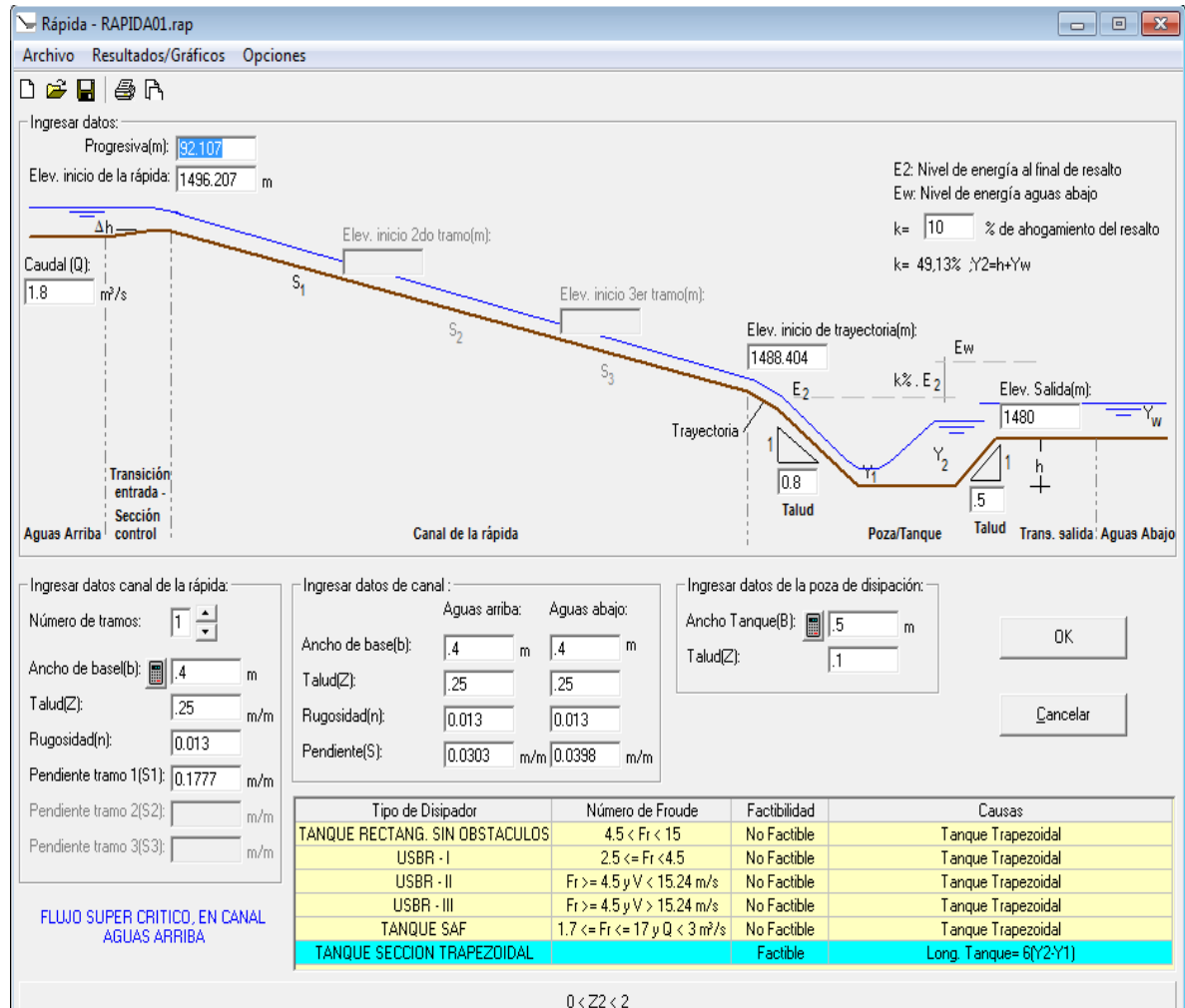
Ingreso de datos para el diseño de la Rápida 01 – Canal Principal – MC02.



Nota: En la figura 85, se presenta el ingreso de datos para el diseño de la Rápida 01 – Canal Principal – MC02. (Autoría propia).

Figura 86

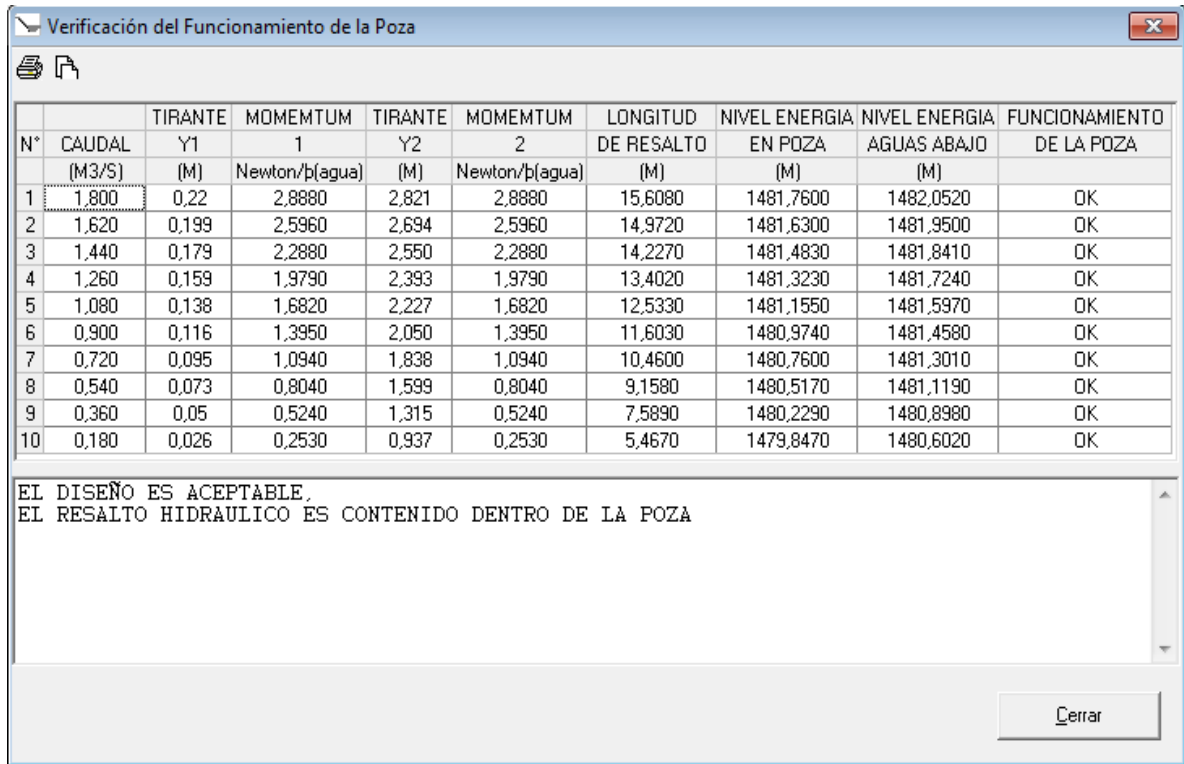
Dimensionamiento y cálculo de la rápida – 01. – Canal Principal – MC02.



Nota: En la figura 86, se presenta el dimensionamiento y cálculo de la rápida – 01. – Canal Principal – MC02. (Autoría propia).

Figura 87

Verificación del funcionamiento del colchón disipador de la rápida – 01. – Canal Principal – MC02.



The screenshot shows a software window titled "Verificación del Funcionamiento de la Poza". It contains a table with 10 rows of data and a text box below it. The table columns are: N°, CAUDAL (M3/S), TIRANTE Y1 (M), MOMENTUM 1 (Newton/p(agua)), TIRANTE Y2 (M), MOMENTUM 2 (Newton/p(agua)), LONGITUD DE RESALTO (M), NIVEL ENERGIA EN POZA (M), NIVEL ENERGIA AGUAS ABAJO (M), and FUNCIONAMIENTO DE LA POZA. The text box contains the message: "EL DISEÑO ES ACEPTABLE. EL RESALTO HIDRAULICO ES CONTENIDO DENTRO DE LA POZA". A "Cerrar" button is located at the bottom right of the window.

N°	CAUDAL (M3/S)	TIRANTE Y1 (M)	MOMENTUM 1 (Newton/p(agua))	TIRANTE Y2 (M)	MOMENTUM 2 (Newton/p(agua))	LONGITUD DE RESALTO (M)	NIVEL ENERGIA EN POZA (M)	NIVEL ENERGIA AGUAS ABAJO (M)	FUNCIONAMIENTO DE LA POZA
1	1,800	0,22	2,8880	2,821	2,8880	15,6080	1481,7600	1482,0520	OK
2	1,620	0,199	2,5960	2,694	2,5960	14,9720	1481,6300	1481,9500	OK
3	1,440	0,179	2,2880	2,550	2,2880	14,2270	1481,4830	1481,8410	OK
4	1,260	0,159	1,9790	2,393	1,9790	13,4020	1481,3230	1481,7240	OK
5	1,080	0,138	1,6820	2,227	1,6820	12,5330	1481,1550	1481,5970	OK
6	0,900	0,116	1,3950	2,050	1,3950	11,6030	1480,9740	1481,4580	OK
7	0,720	0,095	1,0940	1,838	1,0940	10,4600	1480,7600	1481,3010	OK
8	0,540	0,073	0,8040	1,599	0,8040	9,1580	1480,5170	1481,1190	OK
9	0,360	0,05	0,5240	1,315	0,5240	7,5890	1480,2290	1480,8980	OK
10	0,180	0,026	0,2530	0,937	0,2530	5,4670	1479,8470	1480,6020	OK

EL DISEÑO ES ACEPTABLE.
EL RESALTO HIDRAULICO ES CONTENIDO DENTRO DE LA POZA

Cerrar

Nota: En la figura 87, se presenta el dimensionamiento y cálculo de la rápida – 01. – Canal Principal – MC02. (Autoría propia).

Figura 88

Verificación de la estabilidad del flujo en el canal de la Rápida 01. – Canal Principal – MC02.

Estabilidad del flujo en el canal de la Rápida									
ESTACION (Km+m)	Q=1,8(M ³ /S)		TIPO DE REGIMEN	Q=0,9(M ³ /S)		TIPO DE REGIMEN	Q=0,36(M ³ /S)		TIPO DE REGIMEN
	Nv	M		Nv	M		Nv	M	
0+092,11									
0+092,55	1,5671	408,5488	Flujo Estable	1,1596	302,4962	Flujo Estable	0,989	190,8882	Flujo Estable
0+094,74	1,8937	43,6725	Flujo Estable	1,5716	32,381	Flujo Estable	1,6135	20,5128	Flujo Estable
0+096,94	2,1039	22,9283	Flujo Estable	1,8432	16,7554	Flujo Estable	2,0143	10,2221	Flujo Estable
0+099,13	2,2711	15,3317	Flujo Estable	2,0573	11,0541	Flujo Estable	2,3084	6,5407	Flujo Estable
0+101,33	2,4114	11,3888	Flujo Estable	2,2331	8,1139	Flujo Estable	2,5294	4,6843	Flujo Estable
0+103,52	2,5319	8,98	Flujo Estable	2,3799	6,3309	Flujo Estable	2,6965	3,5831	Flujo Estable
0+105,72	2,6368	7,3604	Flujo Estable	2,5034	5,1412	Flujo Estable	2,8229	2,8637	Flujo Estable
0+107,91	2,7288	6,2001	Flujo Estable	2,6079	4,2953	Flujo Estable	2,9187	2,3622	Flujo Estable
0+110,11	2,8099	5,3303	Flujo Estable	2,6964	3,6661	Flujo Estable	2,9912	1,996	Flujo Estable
0+112,31	2,8817	4,6558	Flujo Estable	2,7715	3,1819	Flujo Estable	3,046	1,7189	Flujo Estable
0+114,50	2,9453	4,1187	Flujo Estable	2,8354	2,799	Flujo Estable	3,0875	1,5033	Flujo Estable
0+116,70	3,0018	3,6818	Flujo Estable	2,8896	2,4899	Flujo Estable	3,1188	1,3316	Flujo Estable
0+118,89	3,052	3,3202	Flujo Estable	2,9358	2,2358	Flujo Estable	3,1426	1,1924	Flujo Estable
0+121,09	3,0968	3,0166	Flujo Estable	2,975	2,0238	Flujo Estable	3,1606	1,0776	Flujo Estable
0+123,28	3,1366	2,7585	Flujo Estable	3,0084	1,8448	Flujo Estable	3,1742	0,9816	Flujo Estable
0+125,48	3,1721	2,5367	Flujo Estable	3,0368	1,6919	Flujo Estable	3,1846	0,9004	Flujo Estable
0+127,67	3,2038	2,3444	Flujo Estable	3,061	1,5601	Flujo Estable	3,1924	0,831	Flujo Estable
0+129,87	3,2321	2,1762	Flujo Estable	3,0816	1,4455	Flujo Estable	3,1985	0,771	Flujo Estable
0+132,07	3,2573	2,0282	Flujo Estable	3,0991	1,3451	Flujo Estable	3,2031	0,7188	Flujo Estable
0+134,26	3,2798	1,897	Flujo Estable	3,114	1,2566	Flujo Estable	3,2066	0,673	Flujo Estable
0+136,02	3,2961	1,8013	Flujo Estable	3,1243	1,1925	Flujo Estable	3,2088	0,64	Flujo Estable

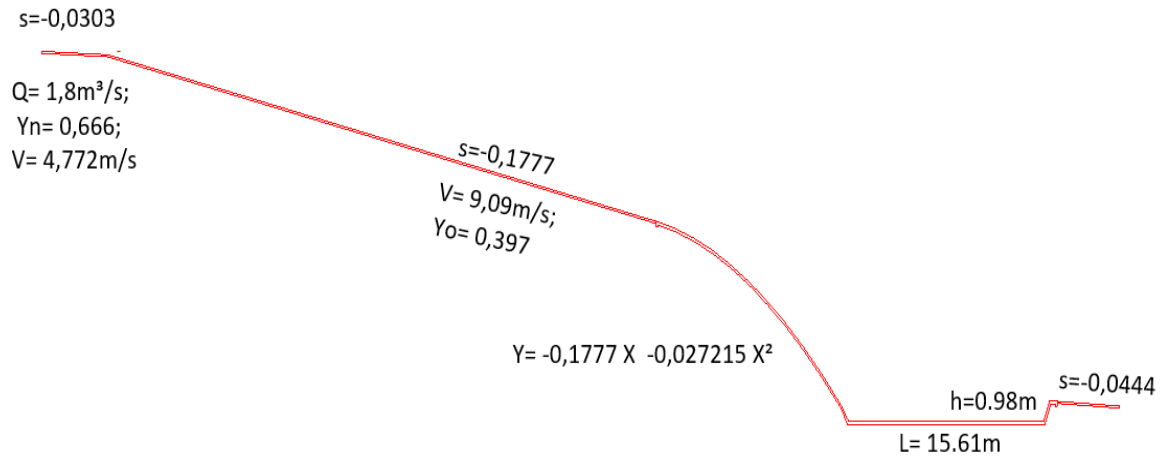
Nv: Número de Vedernikov
M: Número de Montouri

Cerrar

Nota: En la figura 88, se presenta el Verificación de la estabilidad del flujo en el canal de la Rápida 01. – Canal Principal – MC02. (Autoría propia).

Figura 89

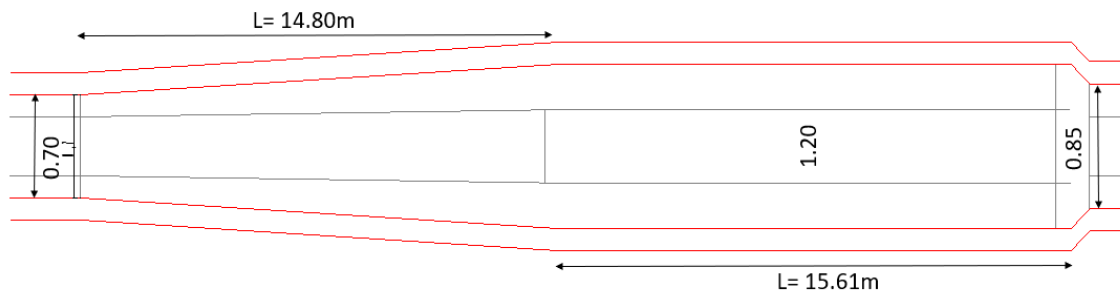
Perfil de diseño de la Rápida 01.



Nota: En la figura 89, se presenta la vista de perfil de diseño de la Rápida 01. (Autoría propia).

Figura 90

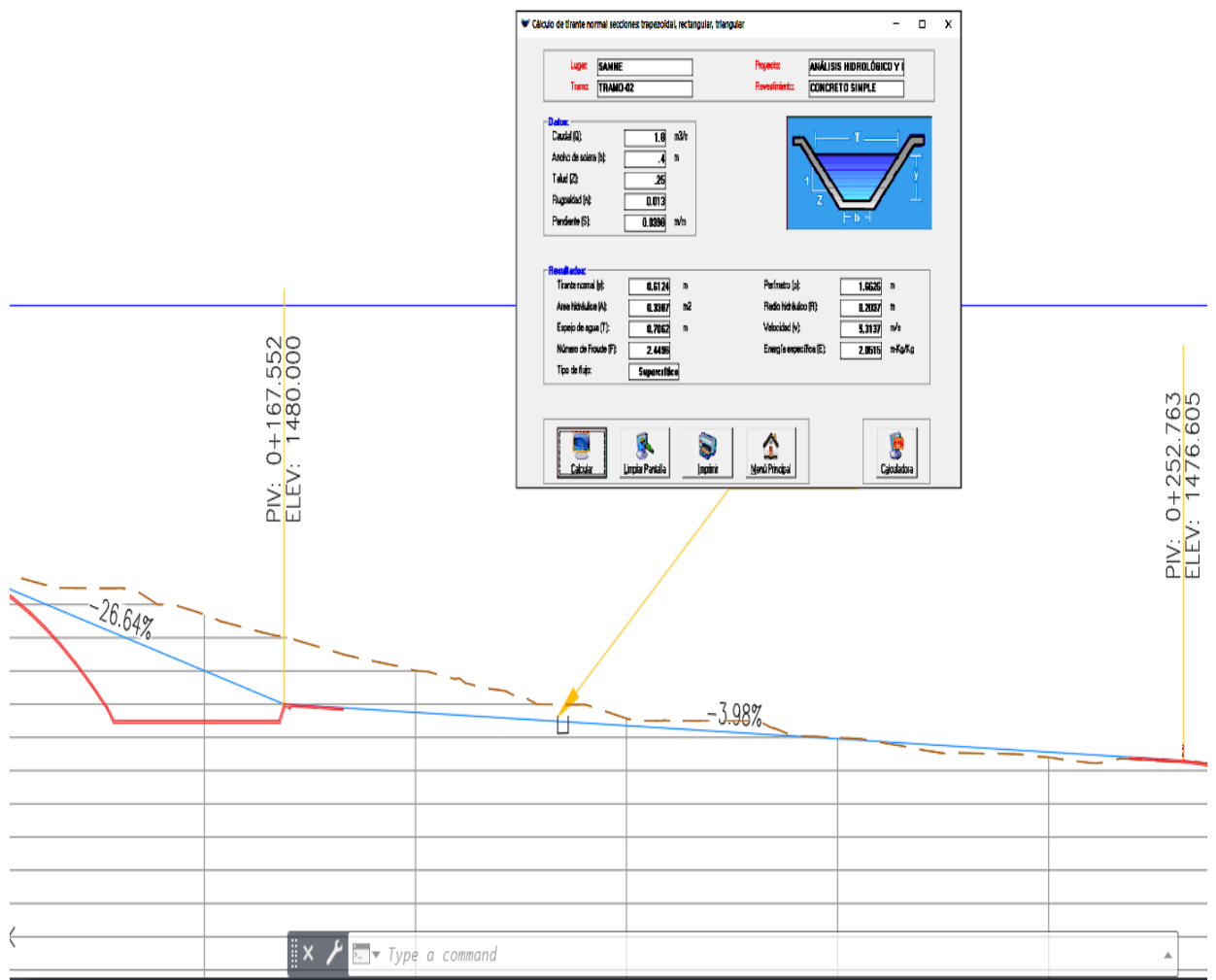
Planta de diseño de la Rápida 01.



Nota: En la figura 90, se presenta la vista en planta de diseño de la Rápida 01. (Autoría propia).

Figura 91

Perfil longitudinal, diseño del canal de ingreso de la Rápida 01. – Canal Principal – MC02.



Nota: En la figura 91, se presenta la vista de perfil longitudinal, diseño del canal de ingreso de la Rápida 01. – Canal Principal – MC02. (Autoría propia).

Figura 92

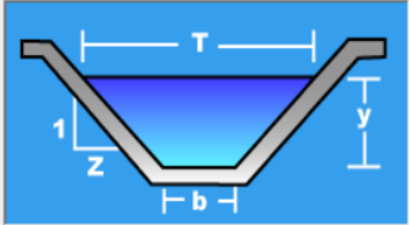
Diseño del canal de ingreso de la Rápida 01. – Canal Principal – MC02.

Calculadora de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	SAMNE	Proyecto:	ANÁLISIS HIDROLÓGICO Y I
Tramo:	TRAMO-02	Revestimiento:	CONCRETO SIMPLE

Datos:

Caudal (Q):	1.8	m ³ /s
Ancho de solera (b):	.4	m
Talud (Z):	.25	
Rugosidad (n):	0.013	
Pendiente (S):	0.0398	m/m



Resultados:

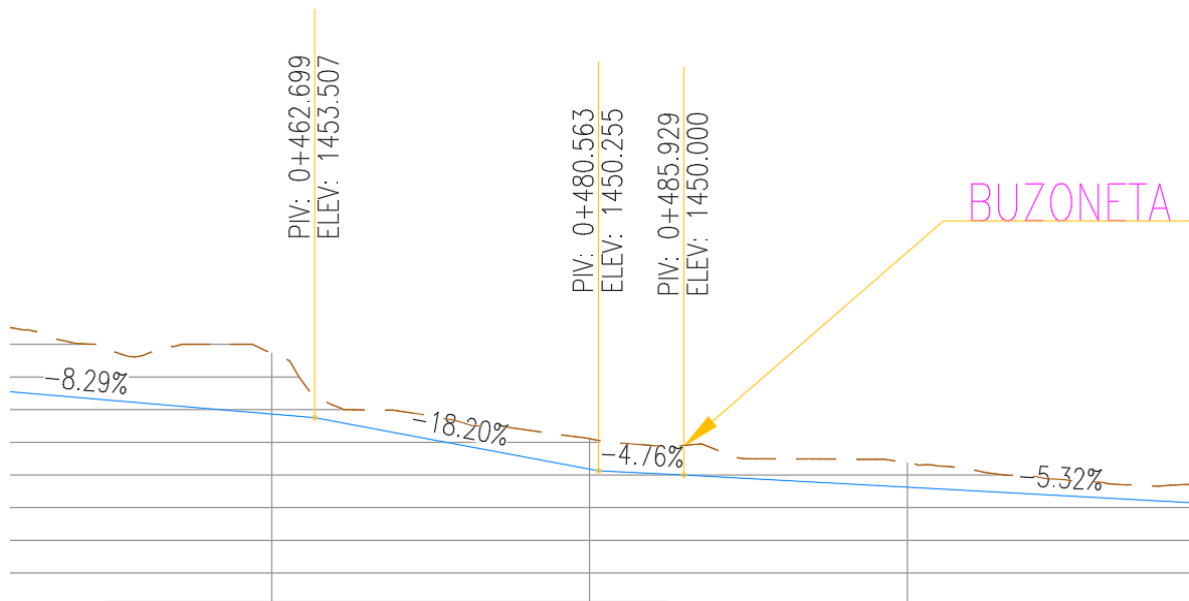
Tirante normal (y):	0.6124	m	Perímetro (p):	1.6626	m
Área hidráulica (A):	0.3387	m ²	Radio hidráulico (R):	0.2037	m
Espejo de agua (T):	0.7062	m	Velocidad (v):	5.3137	m/s
Número de Froude (F):	2.4496		Energía específica (E):	2.0515	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Nota: En la figura 92, se presenta el diseño del canal de ingreso de la Rápida 01. – Canal Principal – MC02. (Autoría propia).

Figura 93

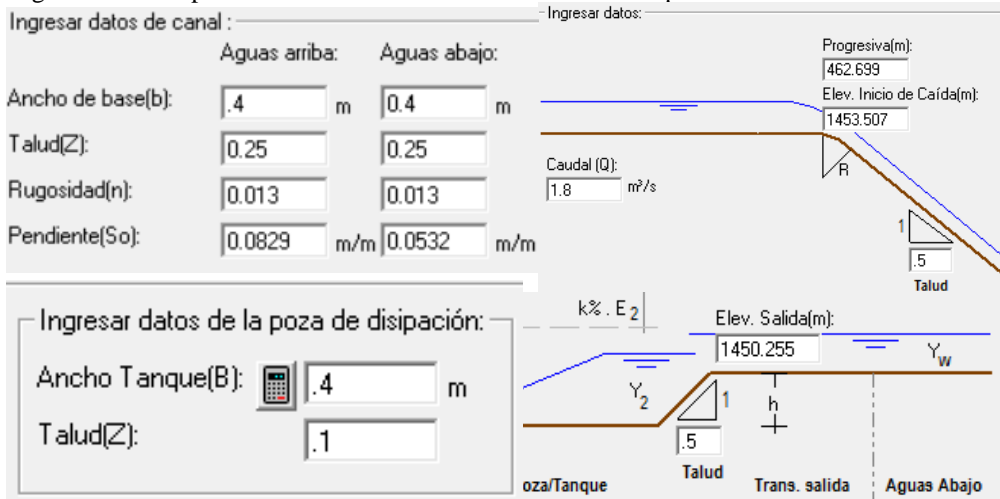
Perfil longitudinal, diseño del canal de ingreso de la Caída 01. – Canal Principal – MC02.



Nota: En la figura 93, se presenta la vista de perfil longitudinal, diseño del canal de ingreso de la Caída 01. – Canal Principal – MC02. (Autoría propia).

Figura 94

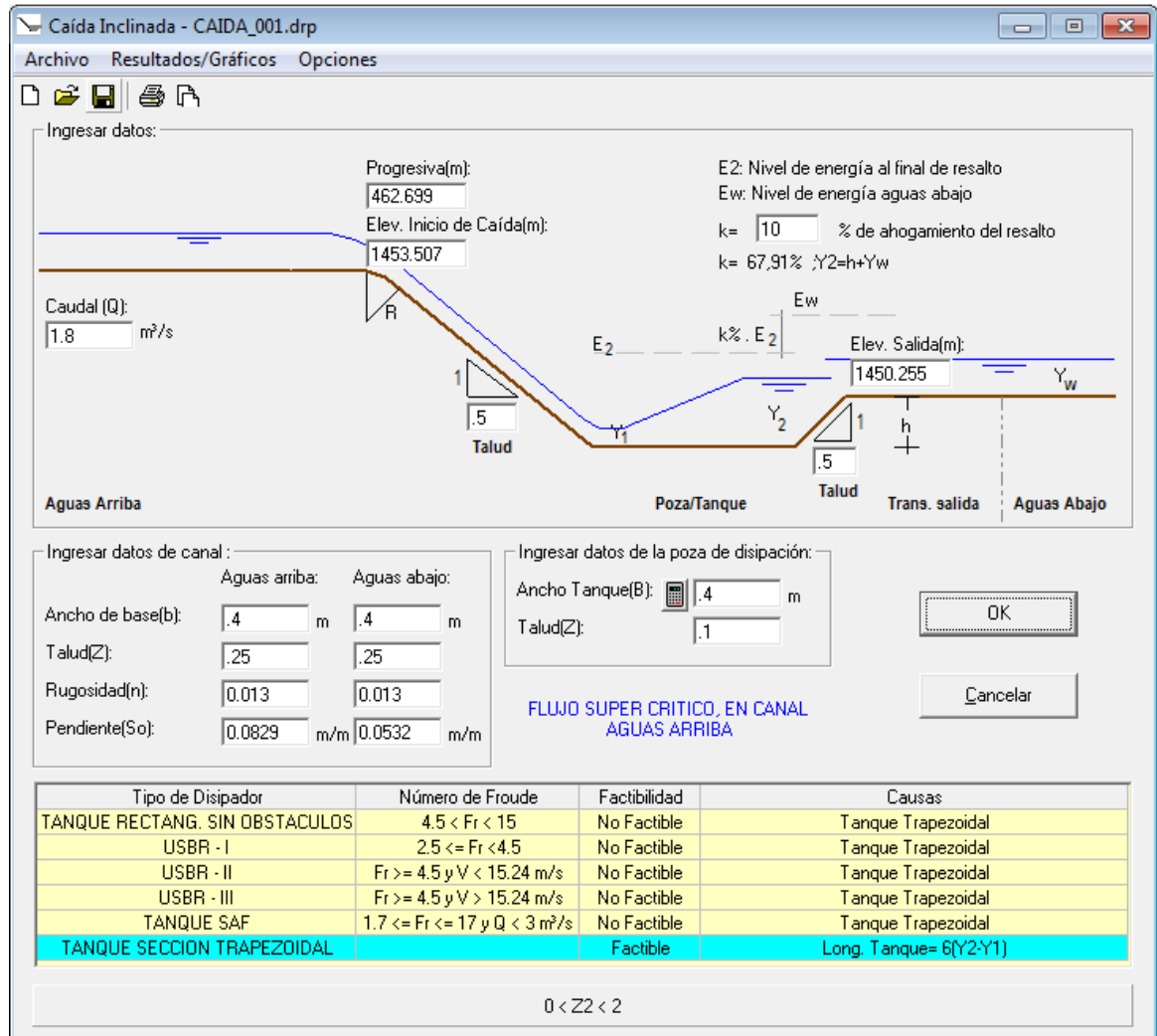
Ingreso de datos para el diseño de la Caída 01. – Canal Principal – MC02.



Nota: En la figura 94, se presenta el ingreso de datos del canal para el diseño de la Caída 01. – Canal Principal – MC02. (Autoría propia).

Figura 95

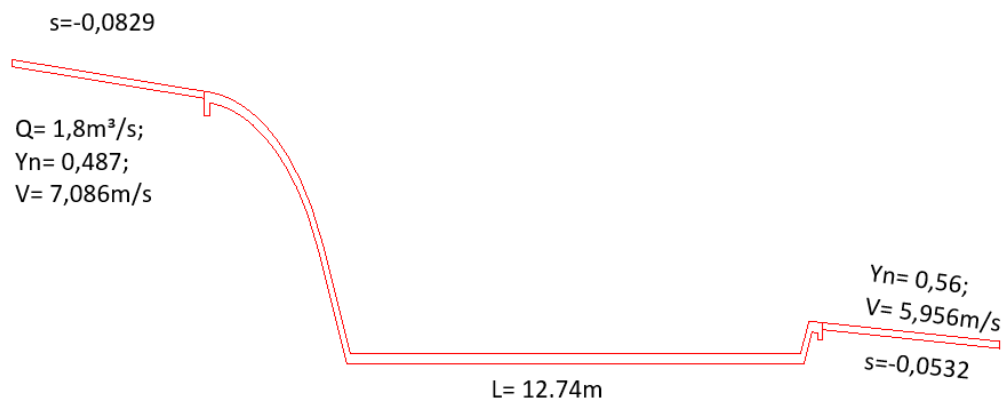
Dimensionamiento y cálculo de la caída – 01. – Canal Principal – MC02.



Nota: En la figura 95, se presenta el dimensionamiento y cálculo de la caída – 01. – Canal Principal – MC02. (Autoría propia).

Figura 96

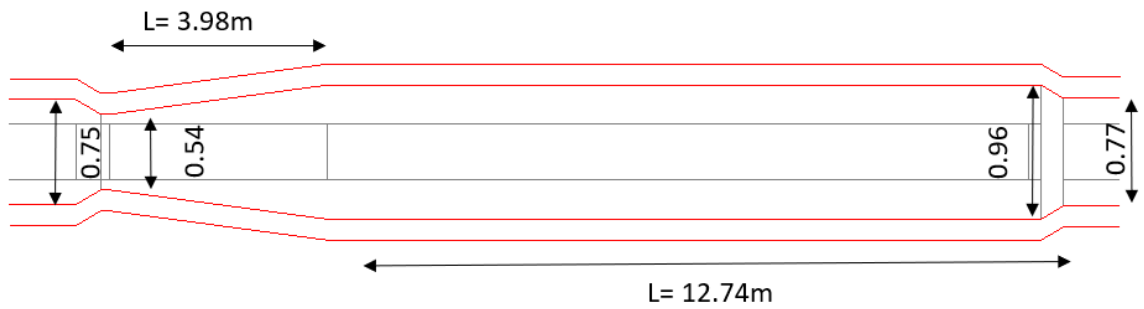
Perfil de diseño de la Caída 01.



Nota: En la figura 96, se presenta la vista de perfil de diseño de la Caída 01. (Autoría propia).

Figura 97

Planta de diseño de la Caída 01.



Nota: En la figura 97, se presenta la vista en planta de diseño de la Caída 01. (Autoría propia).

4.2. Docimasia de hipótesis

Un sistema de drenaje pluvial mediante obras de arte podría permitirnos evacuar el caudal de aporte de la cuenca Samne en el centro poblado, se establece como un determinante positivo, ya que se ha logrado diseñar una red de evacuación que logra evacuar el caudal generado por las precipitaciones en el centro poblado de SAMNE.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- El levantamiento topográfico ha sido realizado durante la exploración con un dron de mapeo topográfico, durante el vuelo que duró en promedio alrededor de 20 minutos, se sobrevoló el centro poblado, tanto la parte alta como la parte baja y sus alrededores, incluyendo las quebradas Capracancha, Uyunshugo y parte del río Otuzco como confluencia de las quebradas ya mencionadas. En total se recorrió un perímetro de 5621.7 metros lineales y un área de 134.163 hectáreas, el relieve de todo el centro poblado es escarpado y la orografía en la parte alta bastante accidentada, tiene sectores llanos, aunque inclinados al plano horizontal, esta naturaleza del terreno permite el escurrimiento de cargas de agua, sin embargo debido a las pendientes elevadas, las velocidades alcanzadas podrían ser perjudiciales ya que arrastrarían todo lo que encuentren a su paso, como referencia tenemos algunos escombros de viviendas registrados en las fotografías hechas con el Dron.
- El centro poblado de Samne se trató como como una sub cuenca, por su particularidad, ubicación y pendiente natural, además para entender su comportamiento frente a cargas de agua era necesario conocer las escorrentías principales, para esta etapa de la investigación se realizó un estudio hidrológico con la finalidad de identificar las microcuencas que componen la sub cuenca del centro poblado, lo que resultó en encontrar 13 microcuencas, cada una de ellas de diferente tamaño, como era de esperar yendo de la más grande a la más pequeña, siendo la más grande la cuenca

que denominamos MC-01, cuya extensión era de 0.07, la segunda identificada fue denominada como MC-02, con una extensión de 0.10 Km², de igual manera se hizo con las microcuencas restantes. La siguiente etapa inició analizando las precipitaciones máximas en la zona registradas por las estaciones cercanas al lugar, estas precipitaciones corresponden a un registro diario que sirvió finalmente para sintetizar un fenómeno natural conocido como “niño costero”, para lograr mejores resultados, se hizo el estudio mediante diferentes metodologías, entre las cuales consideramos métodos estadísticos para las precipitaciones, y métodos empíricos como por ejemplo curvas IDF, Bloques alternos para crear los hietogramas sintéticos, finalmente, IILA, SCS para generar los caudales de cada microcuenca, las principales fueron de 1,10 m³/s y 1,80 m³/s para la MC-01 y MC-02 respetivamente.

- Una vez conocidos los caudales e identificadas las 13 microcuencas, incluyendo sus cauces principales (escorrentías), se procedió a evaluar su comportamiento hidráulico frente a las cargas de agua producidas por las precipitaciones máximas, para ello empleamos un modelo matemático en 2 dimensiones, asistido por computadora, el software que lo procesa es IBER en su versión 4.3, el cual posee una interfaz interactiva en idioma español para facilitar su manejo. Trabajamos con la superficie topográfica levantada con el drone, construyendo un mallado de 1 a 4 metros de lado, y para garantizar la estabilidad del modelo, nos aseguramos de estimar las condiciones para la convergencia de las ecuaciones diferenciales de Saint Venant y conservación de Momento, con los valores del número de Courant en 0.45, pero con las variaciones de tiempo de 0.019 segundos, por otro lado antes de realizar esta acción iterativa, se trabajó con los valores predeterminados que nos arrojó una velocidad máxima en el modelo de 16.92 m/s y un tirante máximo de 3.57m, analizados en el paso 1890s, finalmente, ingresada la nueva variación temporal, obtuvimos una velocidad máxima de 13.86m que reduce sustancialmente la registrada en la primera simulación, en cuanto al tirante, solo varía en 0.01m.

- Se ha trazado un canal al que hemos denominado canal principal, el cual se bifurca convenientemente en las direcciones establecidas por las escorrentías principales de las microcuencas, de hecho, nos hemos basado en las microcuencas de mayor importancia y magnitud, por lo tanto, el canal principal corresponde a la MC-02, y las derivaciones se van acoplando a la MC-01 y consecuentes. De manera complementaria, se ha establecido que cada intersección del canal con las microcuencas, necesita un emboquillamiento, aguas arriba, por lo tanto, estos últimos han sido colocados de manera estratégica en los diferentes puntos del canal de drenaje, finalmente, para acoplar sin problemas los canales propuestos, se ha tratado de limitar el ancho de su estructura por debajo de 1.20m, inclusive para los tramos con el máximo caudal de 3.60 m³/s, estos detalles se encuentran en los planos adjuntos.

- El sistema de evacuación pluvial en su totalidad está compuesto por 07 rápidas y 03 caídas, colocadas estratégicamente con la finalidad de reducir la energía potencial generada por la gravedad como consecuencia del tránsito del agua a través del canal proyectado, sin embargo, también se tiene buzones de inspección en las zonas donde de manera fortuita se ha tenido que doblar el canal en 90°, por ejemplo, algunos cruces de calles, donde además se cuenta con rejillas que complementan el sistema. Por otro lado, las caídas en todos los casos no exceden los 4.00 metros de diferencia de altura entre los tramos del canal.

CONCLUSIONES

- El levantamiento topográfico en cuestión de planimetría abarca una extensión de 134.16 hectáreas y un perímetro de 5 621.7 metros lineales, además, el sistema de coordenadas está adaptado al DATUM WGS84, y la zona UTM o HUSO corresponde al número 17, latitud SUR; el centro poblado se encuentra ubicado entre los puntos: 9116448N; 755 896 E y 9115020N; 755431E; en lo que respecta a la altimetría, el área levantada está entre las cotas 1580 msnm y 1310 msnm, con evidentes pendientes fuertes en el terreno debido a la presencia de acantilados en las zonas adyacentes a las quebradas, para llegar a estos resultados se procesó la información como elementos ráster, es decir, se elaboró un modelo digital de elevaciones, tratando la superficie como una imagen compuesta donde la resolución del pixel alcanzó los 20 cm, con intención de que los resultados sean lo más cercano posible a la realidad, además como producto del levantamiento, se generó también una fotografía ortogonal de todo el centro poblado, que nos ha guiado en el diseño de los canales.
- El estudio de suelos concluye que según la clasificación SUCS, se trata de un suelo Arena-arcilloso, con contenido de limos y gravas, de color marrón, de compacidad media y de baja plasticidad, con 35.81% que pasa por la malla #200, los diámetros característicos son: $D_{10}=1.10\text{mm}$, $D_{30}= 0.12\text{mm}$, $D_{60}=2.36\text{mm}$, con un $CC=0.006$ y $CU=2.15$, finalmente el peso específico se determinó en 2.64 ton/m³.
- Se realizó un estudio hidrológico de la sub cuenca del centro poblado, obteniéndose 13 microcuencas, cuyas características principales son: Área de 0.07 km², 0.1 km², para las micro cuencas MC-01y MC-02, respectivamente y alrededor de 0.01 km² (de la MC-03 – MC-11 y 13), finalmente 0.022 km² para la MC-12; siendo las más relevantes por su tamaño MC-01 y MC-02; como estación más cercana se tomó la estación SALPO, ubicada a menos de

9 km del centro poblado de SAMNE, respecto a la estación Otuzco, ubicada a 16 km aproximadamente, no obstante, la densidad de datos de la estación SALPO asciende a 55 años, lo cual está por encima del mínimo exigido por el manual de hidrología del MTC, del estudio hidrológico se obtuvieron los valores para precipitación máxima IILA de 12.96 mm siendo un T=100 años, duración de tormenta de 2.5h, Bloques alternos de 21.51 mm, siendo un T=100 Años, Método del SCS, 16.19mm, los hietogramas para los métodos de SCS, y Bloques alternos, se desarrollan con una distribución de tormenta de 24 horas, finalmente los caudales obtenidos más relevantes para las microcuencas MC-01 y MC-2, son: IILA – Q= 1.10 m³/s y Q= 1.80 m³/s respectivamente; SCS – Q= 0.2 m³/s y 0.3 m³/s, Bloq. Altr. Q=0.3 m³/s y Q= 0.4 m³/s.

- Se realizó un modelo hidráulico asistido por computadora mediante el Software IBER. 2.4.3, empleando un mallado con intervalo de 1 a 4m, esto es debido a la extensión del terreno y a las limitaciones técnicas del hardware, sin embargo, se tuvo cuidado en la estabilidad, despejando mediante el número de Courant CFL=0.45, el intervalo de paso de tiempo para la simulación, estableciéndose en 0.019 s, para un procesamiento de cálculo estable, además, se ingresaron los caudales más desfavorables, que han sido obtenidos del método IILA, ingresando el valor como la sumatoria de cada microcuenca, obteniendo un total de 5.4 m³/s, la razón de esta decisión es que es necesario estudiar el escurrimiento del caudal por todo el centro poblado, y debido a la ubicación de las microcuencas, se tuvo que concentrar el caudal en la parte alta, para así auscultar y evaluar su tránsito hasta la parte baja y/o confluencia con el río Otuzco, así mismo también con las quebradas Capracancha y Uyunshugo, los valores obtenidos para la velocidad máxima en el modelo es de 13.86 m/s y en el tirante de 3.56 m, para complementar el estudio, se hizo una simulación con el componente hidrológico del software, obteniendo una velocidad máxima de 9.28 m/s en el modelo y un tirante

máximo de 3.50m, dichos valores se aproximan a los obtenidos con el modelo hidráulico.

- Se realizó el diseño del sistema de drenaje basado en canales de derivación, cuya finalidad es recoger los caudales aportados por las escorrentías de las microcuencas y evacuarlos hacia las quebradas adyacentes, las características geométricas generales del canal son: Ancho de solera: 0.40m para todos los tramos, talud: 0.25, rugosidad: 0.013 (correspondiente al concreto), pendiente y caudal variables, de acuerdo a la ubicación de cada tramo, siendo el canal principal con un caudal de 3.6 m³/s, y el canal de derivación con un caudal de 2.9 m³/s, este último evacúa el caudal perteneciente a las microcuencas MC-01 y MC-02, sin embargo el canal principal, se bifurca, en la zona media, y a partir de la progresiva 0+700, se encuentran aglomeradas las microcuencas desde la MC-03 al MC-13, por este motivo, el caudal que transportaría este último tramo es de 4.3 m³/s, ya que es la sumatoria de los caudales de las microcuencas mencionadas anteriormente.
- Se diseñaron las obras de arte complementarias del sistema de drenaje pluvial, que consisten en 07 rápidas y 03 caídas inclinadas, todas ellas de acuerdo a las características topográficas de cada tramo de canal, como por ejemplo pendientes de ingreso/salida y desniveles, con la finalidad de reducir la gradiente de energía específica entre los tramos del canal de derivación; para el diseño de las estructuras se utilizó el software Rápidas V1.0, basado en las fórmulas de (Aisenbrey, Hayes, Warren, Winsett, & Young, 1978, pág. 124), la rápida 01 con un caudal de 1.8 m³/s, obtuvo los siguientes resultados: Longitud del colchón: 15.65m, ancho de la poza de disipación: 1.13m, profundidad del colchón: 1.10m, longitud de la transición de entrada: 14.803m, dicha estructura se encuentra localizada en la progresiva 0+092.11m y a una altura de 1496.207 msnm; la caída 01, obtuvo los siguientes resultados: Longitud del colchón: 12.74m, ancho de la poza de disipación: 0.96m,

profundidad del colchón: 0.45m, longitud de la transición de entrada: 3.20m, dicha estructura se encuentra localizada en la progresiva 0+462.70m y a una altura de 1453.507 msnm, de esta manera se diseñaron las estructuras restantes cuyos resultados se manifiestan en los planos anexos al informe de tesis.

RECOMENDACIONES

- Debido a que no se cuenta con información hidrológica consistente en nuestro país, no podemos garantizar que el caudal máximo calculado pueda ser el más probable en transitar a través de las escorrentías del centro poblado, por lo tanto, se recomienda que en investigaciones similares se utilice más de una estación climática.
- Debido a la complejidad del sistema de evacuación de aguas pluviales, se recomienda evaluar de manera conjunta mediante un diseño a escala funcional, o en su defecto un modelo hidráulico tridimensional.
- Para obtener mejores resultados en cuanto al levantamiento topográfico, se recomienda colocar puntos de control revisados y aprobados por el IGN, sin embargo, debido a limitaciones presupuestales, y acciones gubernamentales por COVID19, no hemos podido contar con dicha información.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Lima: Laboratorio DEE.
- Agua, A. N. (2010). *Criterios de Diseños de Obras Hidraulicas para la Formulación de Proyectos Hidraulicos Multisecoriales y de Afianzamiento*. LIMA: ANA.
- Aisenbrey, A. J., Hayes, R. B., Warren, H. J., Winsett, D. L., & Young, R. B. (1978). *Design of small canal structures*. Denver, Colorado: Bureau o Reclamation United States - Water Resources Technical Publication.
- Chow, V. T. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Colombia: MCGRAW-HILL.
- Chow, V. T. (Enero de 2000). *Hidrología Aplicada*. Santa fe de Bogotá, Colombia: MCGRAW-HILL.
- EDIFICACIONES, R. N. (23 de MAYO de 2006). DRENAJE PLUVIAL URBANO. *EL PERUANO*, págs. 54,55.
- Flumen, I. (2014). *Manual de referencia hidráulico de Iber*. Catalunya: Grupo de Ingeniería, agua y medioambiente.
- Miranda, K. &. (2020). *VULNERABILIDAD FÍSICA DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE FRENTE A UN EVENTO SÍSMICO EN EL CASERÍO DE SAMNE - DISTRITO DE OTUZCO - PROVINCIA DE OTUZCO - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, 2020. (Tesis de título profesional)*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23812>
- Rubia, H. A. (2008). *Estructuras Hidráulicas*. Lima: Obras de Arte.
- Villón Bejar, M. (2002). *Hidrología*. Cartago, Costa Rica: MaxSoft.

ANEXOS

Constancia de asesoramiento

COMPROMISO DEL ASESOR

Mg. RICARDO ANDRES NARVAEZ ARANDA, docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil identificado con ID 000000672 debidamente colegiado y habilitado con CIP 58776, me comprometo a asesorar el proyecto de tesis titulado "ANALISIS HIDROLOGICO Y PROPUESTA DE SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL MEDIANTE OBRAS DE ARTE EN LA CUENCA ALTA Y BAJA DEL CENTRO POBLADO SAMNE, LA LIBERTAD 2020" cuyos autores son los bachilleres JARA CARRANZA ITALO PARIS y VELA CHAPPA MANUELA ROSARIO; hasta la sustentación de la misma.

Trujillo, 03 de marzo del 2020



Mg. RICARDO ANDRES NARVAEZ ARANDA
CIP 58776

c.c. Archivo

Fotos de visita al centro poblado Samne

La vista al lugar se realizó el 20 de diciembre del 2019 para poder empezar con la realización del proyecto, se tuvo la oportunidad de conversar con muchos pobladores y a su vez se realizó una entrevista a la Juez de Paz Sr. Olinda Castillo, de ahí en adelante no se volvió a realizar alguna visita a campo, debido a acciones gubernamentales por COVID-19.



