



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Determinación de caudales máximos de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la cuenca del río Ilave, Puno – 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Vilca Velasquez, Aderly (orcid.org/0000-0002-5174-8890)

ASESOR:

Dr. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (orcid.org/0000-0002-4136-7189)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2022

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mi querida familia quienes me apoyan y confían en mí para lograr la meta principal que es el título profesional

AGRADECIMIENTO

A mis padres, quienes me apoyaron en todo momento y que hicieron posible que pueda lograr terminar la carrera, a la Universidad Cesar Vallejo, que nos ayuda a lograr la meta de la titulación, al Dr. Luis Alberto Vargas Chacaltana; quien nos guió a lograr la anhelada titulación.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen.....	8
Abstract.....	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MARCO TEÓRICO.....	11
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	15
3.2 Variables y operacionalización.....	15
3.3. Población, muestra y muestreo.....	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
3.5. Procedimientos.....	19
3.6. Método de análisis de datos.....	19
3.7. Aspectos éticos.....	19
IV. RESULTADOS	20
V. DISCUSIÓN	84
VI. CONCLUSIONES.....	87
VII. RECOMENDACIONES.....	91
REFERENCIAS	114
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1.	Áreas referenciales de unidades hirográficas.....	22
Tabla 2.	Accesibilidad a la zona de estudio.....	40
Tabla 3.	Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno estación mazocruz software hidroesta	43
Tabla 4.	Pruebas de bondad de kolmogorov smirnov estación mazocruz software hidroesta.....	43
Tabla 5.	Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno estación Mazocruz software Easyfit.....	46
Tabla 6.	Pruebas de bondad de kolmogorov smirnov estación Mazocruz sotware Easyfit.....	46
Tabla 7.	Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno estación Chilligua software hidroesta	48
Tabla 8.	Pruebas de bondad de kolmogórov smirnov estación Chilligua software Hidroesta.....	49
Tabla 9.	Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno estación Chilligua Software Easyfit..... Marcador no definido.....	¡Error! 51
Tabla 10.	Pruebas de bondad de kolmogorov smirnov estación Chilligua software Easyfit.....	52
Tabla 11.	Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno estación Laraqueri software Hidroesta.....	54
Tabla 12.	Pruebas de bondad de kolmogorov smirnov estación Laraqueri software Hidroesta	54
Tabla 13.	Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno estación Laraqueri software Easyfit.....	57
Tabla 14.	Pruebas de bondad de kolmogorov smirnov estación Laraqueri software Easyfit.....	57

Tabla 15.	Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno estación llave software Hidroesta	59
Tabla 16.	Pruebas de bondad de kolmogorov smirnov estación llave software Hidroesta.....	60
Tabla 17.	Precipitaciones máximas de diseño en cada tiempo de retorno estación llave software Easyfit	62
Tabla 18.	Pruebas de bondad de kolmogorov smirnov estación llave software Easyfit	63
Tabla 19.	Caudales máximos obtenidos del software HEC-HMS	78
Tabla 20.	Precipitaciones máximas de diseño para T=5 años.....	81
Tabla 21.	Precipitaciones máximas de diseño para T=10 años.....	82
Tabla 22.	Precipitaciones máximas de diseño para T=20 años.....	84
Tabla 23.	Precipitaciones máximas de diseño para T=40 años.....	85
Tabla 24.	Precipitaciones máximas de diseño para T=50 años.....	87
Tabla 25.	Precipitaciones máximas de diseño para T=100 años.....	88
Tabla 26.	Precipitaciones máximas de diseño para T=200 años.....	90
Tabla 27.	Precipitaciones máximas de diseño para T=500 años.....	91
Tabla 28.	Reporte de periodos de transición	93

Índice de gráficos y figuras

Figura 1.	Partes de una cuenca hidrográfica	21
Figura 2.	Ciclo hidrológico del agua	22
Figura 3.	Procedimiento para el calculo de cauales máximos de diseño a partir de precipitaciones máximas.	31
Figura 4.	EProcedimiento para determinar los caudales máximos de diseño a partir de datos hidrométricos	33
Figura 5.	Procedimiento para diseñar la propuesta de diseño de defensa ribereña.....	34
Figura 6.	Mapa de ubicación política.	37
Figura 7.	Ubicación hidrográfica de la cuenca del rio llave.....	39
Figura 8.	Mapa de ubicación de la ruta.....	40
Figura 9.	Polígonos de Thiessen en la cuenca del rio llave.....	41
Figura 10.	Software Hidroesta ingreso de datos estación Mazocruz.	42
Figura 11.	Grafico de resultados obtenidos Hidroesta estación Mazocruz.....	44
Figura 12.	Software Easyfit ingreso de datos estación Mazocruz.....	45
Figura 13.	Software Easyfit muestra de las distribuciones estación mazocruz. ..	45
Figura 14.	Gráfico de resultados software Hidroesta estación Mazocruz.	47
Figura 15.	Itroducción de datos software Hidroesta.....	48
Figura 16.	Gráfico e resultaos software Hidroesta estación Chilligua.....	49
Figura 17.	Introducción de datos software Easyfit.....	50
Figura 18.	Software Easyfit muestra de las distribuciones estación Chilligua.....	51
Figura 19.	Gráfico de resultados software Easyfit estación Chilligua.....	52
Figura 20.	Indtroducción de datos software Hiroesta estación Laraqueri.....	53
Figura 21.	Gráfico de resultados software Hidroesta estación Laraqueri.....	55

Figura 22.	Introducción de datos software Easyfit estación Laraqueri.....	56
Figura 23.	Software Easyfit muestra de las distribuciones estación Laraqueri...56	
Figura 24.	Gráfico de resultados software Easyfit estación Laraqueri.....	58
Figura 25.	Introducción de datos software Hidroesta estación llave.....	59
Figura 26.	Gráfico de resultados software Hidroesta estación llave.....	60
Figura 27.	Introducción de datos software Easyfit estación llave.....	61
Figura 28.	Software Easyfit muestra de las distribuciones estación llave.....	62
Figura 29.	Gráfico de resultados software Easyfit estación llave.....	63
Figura 30.	Curvas IDF modificadas estación Mazocruz.....	65
Figura 31.	Curvas IDF modificadas estación Laraqueri.....	65
Figura 32.	Curvas IDF modificadas estación Chilligua.....	66
Figura 33.	Curvas IDF modificadas estación llave.....	66
Figura 34.	Hietogramas unitarios tormenta de diseño estación Mazocruz.....	67
Figura 35.	Hietogramas unitarios tormenta de diseño estación Laraqueri.....	68
Figura 36.	Hietogramas unitarios tormenta de diseño estación Chilligua.....	68
Figura 37.	Hietogramas unitarios tormenta de diseño estación llave.....	69
Figura 38.	Introduccion de datos software HEC-HMS.....	69
Figura 39.	Resultados software HEC-HMS T=5 años.....	70
Figura 40.	Curva de flujo de escorrentia de la cuanta T=5 años.....	70
Figura 41.	Resultados software HEC-HMS T=10 años.....	71
Figura 42.	Curva de flujo de escorrentia de la cuanta T=10 años.....	71
Figura 43.	Resultados software HEC-HMS T=20 años.....	72

Figura 44.	Curva de flujo de esorrentia de la cuanta T=20 años.....	72
Figura 45.	Resultados software HEC-HMS T=40 años.....	73
Figura 46.	Curva de flujo de esorrentia de la cuanta T=40 años.....	73
Figura 47.	Resultados software HEC-HMS T=50 años.....	74
Figura 48.	Curva de flujo de esorrentia de la cuanta T=50 años.....	74
Figura 49.	Resultados software HEC-HMS T=100 años.....	75
Figura 50.	Curva de flujo de esorrentia de la cuanta T=100 años.....	75
Figura 51.	Resultados software HEC-HMS T=200 años.....	76
Figura 52.	Curva de flujo de esorrentia de la cuanta T=200 años.....	76
Figura 53.	Resultados software HEC-HMS T=500 años.....	77
Figura 54.	Curva de flujo de esorrentia de la cuanta T=500 años.....	77
Figura 55.	Caudales máximos obtenidos en HEC-HMS.....	78
Figura 56.	Introducción de datos hidrométricos softwre Easyfit.....	80
Figura 57.	Muestra de curvas probabilísticas software Easyfit.....	80
Figura 58.	Resultado de caudales software Hidroesta T=5 años.....	81
Figura 59.	Resultado de caudales software Easyfit T=5 años.....	82
Figura 60.	Resultado de caudales software Hidroesta T=10 años.....	83
Figura 61.	Resultado de caudales software Easyfit T=10 años.....	83
Figura 62.	Resultado de caudales software Hidroesta T=20 años.....	84
Figura 63.	Resultado de caudales software Easyfit T=20 años.....	85

Figura 64.	Resultado de caudales software Hidroesta T=40 años.....	86
Figura 65.	Resultado de caudales software Easyfit T=40 años.....	86
Figura 66.	Resultado de caudales software Hidroesta T=50 años.....	87
Figura 67.	Resultado de caudales software Easyfit T=50 años.....	88
Figura 68.	Resultado de caudales software Hidroesta T=100 años.....	89
Figura 69.	Resultado de caudales software Easyfit T=100 años.....	89
Figura 70.	Resultado de caudales software Hidroesta T=200 años.....	90
Figura 71.	Resultado de caudales software Easyfit T=200 años.....	91
Figura 72.	Resultado de caudales software Hidroesta T=500 años.....	92
Figura 73.	Resultado de caudales software Easyfit T=500 años.....	92
Figura 74.	Caudales máximos de diseño dist. Gamma 2P.....	93
Figura 75.	Levantamiento topográfico de un segmento del rio llave.....	95
Figura 76.	Monumento de punto de estación ST-01.....	95
Figura 77.	Procesamiento de datos software Autocad Civil 3D.....	96
Figura 78.	Introducción de datos software HEC-RAS.....	97
Figura 79.	Modelamiento de parte baja de cuenca software HEC-RAS.....	97
Figura 80.	Resultado de modelamiento en software HEC-RAS.....	98
Figura 81.	Introducción de datos software RIVER	99
Figura 82.	Consideraciones de diseño software RIVER	99
Figura 81.	Diseño de defensa rivereña	100

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar los caudales máximos de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos de la cuenca del río llave – Puno, La metodología utilizada es de nivel explicativo, así como un enfoque cuantitativo, la población de estudio es toda la cuenca del río llave, así como la muestra es toda la cuenca ya que será analizada toda la cuenca, los instrumentos de recolección de datos fueron las fichas de recolección de datos, de forma que se procesó esta información haciendo uso de los software Easyfit así como Hidroesta, siendo estos aplicativos para procesar datos hidrológicos y así obtener los caudales máximos de diseño, para la primera parte se utilizó datos de precipitaciones máximas en 24 hr, con estos datos obtenidos de la entidad SENAMHI, los cuales se obtuvo datos de los últimos 30 años de esta manera proyectarlos usando las distribuciones recomendadas por el manual de Hidrología del MTC, siguiendo este procedimiento se obtuvo los datos de escorrentía de la cuenca, asimismo, luego se utilizó los datos hidrométricos de la cuenca, es decir, los caudales del río llave que se encuentra la parte baja de la cuenca para luego desembocar en el lago Titicaca, de esta manera comparar los datos, y haciendo uso de los mismos métodos estadísticos determinando de esta manera que los datos hidrométricos nos dan mejores resultados en los tiempos de retorno requeridos, una vez determinados los datos establecidos, se desarrolló una propuesta de diseño de defensa riverseña para poder mitigar el impacto de las posibles inundaciones futuras proyectadas en este trabajo de investigación, este último trabajo se realizó con datos obtenidos en visita a campo y levantamiento topográfico para poder tener datos reales y tener un mejor panorama de diseño propuesto.

Palabras clave: Caudales máximos, métodos probabilísticos, método hidrológico, método hidrométrico.

ABSTRACT

The objective of this research work is to determine the maximum design flows by means of conventional probabilistic methods of the Ilave - Puno river basin. The methodology used is of an explanatory level, as well as a quantitative approach, the study population is the entire river basin. Ilave River, as well as the sample is the entire basin since the entire basin will be analyzed, the data collection instruments were the data collection sheets, so that this information was processed using the Easyfit software as well as Hidroesta, being these applications to process hydrological data and thus obtain the maximum design flows, for the first part maximum rainfall data were obtained in 24 hr, with these data obtained from the SENAMHI entity, which data were obtained from the last 30 years of this way project them using the distributions recommended by the MTC Hydrology manual, following this procedure the runoff data of the basin was obtained, similar, then the hydrometric data of the basin were obtained, that is, the flows of the Ilave river that is found in the lower part of the basin and then empties into Lake Titicaca, from this comparing the data, and making use of the same statistical methods determining in this way that the hydrometric data give us better results in the required return times, once the established data was determined, a river defense design proposal disappeared to be able to mitigate the impact of possible future floods projected in this research work, this last work was carried out with data obtained in a field visit and topographical survey in order to have real data and have a better overview of the proposed design.

Keywords: Maximum flows, probabilistic methods, hydrological method, hydrometric method.

I. INTRODUCCIÓN

A **nivel internacional**; considerando que “el caudal máximo se refiere al aumento extraordinario de los eventos extremos, superando los valores medios normales”¹. “La precipitación de veinticuatro horas, se usan para el uso de cálculos de caudales máximos para el diseño de obras hidráulicas.”² “siempre ha sido una controversia debido a que los métodos analizados como caudales máximos, debiendo realizar una proyección con escenarios asociados a los tiempos de retorno”³, “aplicando teoría de probabilidades, con un alto grado de incertidumbre”.⁴ “La información hidrológica permite realizar el análisis de la oferta hídrica de la cuenca, posteriormente se puede utilizar para caudales máximos para distintos períodos de retorno, así obtener el caudal de diseño para las obras hidráulicas”⁵; “Estos eventos pueden ocurrir debido al comportamiento natural de los ríos o amplificados por el efecto de la alteración producida por el hombre en la urbanización al impermeabilizar superficies y canalizar ríos.”⁶

A **nivel Nacional**, en el Perú siendo un país diversas regionales naturales, tendiendo diferentes tipos de obras hidráulicas y estructurales referidos a la hidráulica, tales como diques, obras de irrigación y puentes, algunas estructuras en la sierra o selva “cuando existen precipitaciones intensas además el suelo carece de buena capacidad de infiltración, gran porcentaje es todo fluye y se drena por canales, excediendo así la capacidad de flujo natural.”⁷ “El excedente del volumen de las precipitaciones que no logra drenar, ocupa la llanura de inundación, de acuerdo con la topografía de las áreas cercanas a los ríos.”⁸ Dichos eventos ocurren de forma aleatoria de acuerdo a los procesos climáticos locales y regionales. A la inundación de ríos se le denomina según ese libro inundación ribereña.

A **nivel regional**, teniendo en consideración que la región Puno es una zona lluviosa, es común tener obras referidas a la hidráulica como irrigaciones y puentes, teniendo conocimiento escenarios de “caudales máximos, ayuda a

¹ (HAAN, 1994)

² (CHOW, 1994, FATTORELLI, 2011)

³ (CHEN, 1983, BREÑA Y JACOBO, 2006)

⁴ (AGUILERA, 2007)

⁵ (CHOW, 1994)

⁶ (TUCCI, 2003)

⁷ (RIGHETTO, 1998)

⁸ (uehara, 1980, chen, 1983)

diseñar óptimamente las obras hidráulicas que tiene una relación directa con el tiempo de vida de dicha infraestructura”⁹. Uno de los efectos positivos de este trabajo de investigación en obras hidráulicas que podrían implementar en el río llave, esta clase de trabajos de investigación en el área de hidráulica son importantes para conocer las propiedades necesarias para el desarrollo de proyectos hidráulicos, tales como, caudales, previendo algunas posibles inundaciones en algunos tramos del río, desde la perspectiva del tiempo de respuesta creando posibilidades de mejora y prevención en las viviendas de las zonas aledañas al río; Actualmente se tiene poca información hidrológica que pueda ser de gran ayuda, por lo que frecuentemente se considera el caudal medio, es debido a esto que en este trabajo se podrá poner disponible los caudales máximos para poder optimizar el panorama de las obras hidráulicas, todo esto con la finalidad de crear acciones que beneficien a los pobladores en las zonas aledañas a los sectores medio y bajo del río llave.

Por lo expuesto, se plantea el **problema general**: ¿Cuáles son los valores de los caudales máximos de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos? De la misma manera se formulan los **problemas específicos**: ¿Cuánto son los Caudales máximos de diseño mediante la distribución Gumbel en la cuenca llave, Puno - 2022?, ¿Cuánto son los Caudales máximos de diseño mediante la distribución normal en la subcuenca llave, Puno - 2022?, ¿Cuánto son los Caudales máximos de diseño mediante Gamma (Pearson Tipo III) en la subcuenca llave, Puno - 2022?

Se tiene la **justificación teórica**; en este estudio se determinará los caudales máximos de la sub cuenca llave usando metodologías convencionales para luego ser usado en el diseño de obras relacionadas con la hidráulica, por lo que se obtendrá un aporte para futuros diseños de estructuras hidráulicas. Se tiene **justificación metodológica** siendo que para lograr los objetivos planteados “se tiene que aplicar el proceso metodológico ordenado de acuerdo a guías metodológicas de la investigación, se utilizarán diversos métodos y funciones de distribución de probabilidad teóricas para determinar dichas probabilidades”¹⁰; para el presente trabajo de investigación son las distribuciones probabilísticas:

⁹ (WILLIAMS Y SINGH, 1995, SRINIVASAN, 1998)

¹⁰ (LLAMAS, 1993, VILLÓN, 2004, MEJÍA, 2012)

distribución Gamma(Pearson tipo III), distribución normal o Gaussiana y Gumbel. **Justificación técnica**; si bien se tiene antecedentes principalmente de caudales de diseño para abastecimiento de agua potable de ciudades o pequeñas poblaciones, es un hecho calcular el caudal para que el diseño de la estructura hidráulica sea óptimo, en tal sentido esta investigación será un dato útil para los diseños de estructuras hidráulicas a lo largo del río de la sub cuenca llave. La **justificación social** del presente proyecto de investigación es que esto beneficia de directamente al sector de la cuenca del río llave, dando un dato necesario para ejecutar obras hidráulicas que serán en beneficio de la población aledaña al río de dicha subcuenca, de esta manera optimizar la calidad de vida de los pobladores de estas localidades. Esta investigación cuenta con **justificación ambiental** porque esta investigación y sus efectos no perjudican directamente al medio ambiente contemplado en la investigación, ya que esta investigación no realizará modificaciones en el medio ambiente relacionado a al río de la subcuenca.

Tenemos como **objetivo general**: Determinar los caudales máximos de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la cuenca del río llave, Puno – 2022, para obtener el valor de diseño para obras del tipo hidráulica en la cuenca del río llave, considerando los siguientes **objetivos específicos**; estimar los caudales máximos de diseño mediante la distribución Gumbel; calcular los caudales máximos de diseño mediante la distribución normal y estimar los caudales máximos de diseño mediante Gamma (Pearson Tipo III).

La **Hipótesis general**: los caudales máximos de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos son iguales en la subcuenca llave, El Collao, Puno. Las **hipótesis específicas** serán: Los caudales máximos de diseño mediante la distribución Gumbel, son similares a los demás métodos, los caudales máximos de diseño mediante la distribución normal, son iguales a los demás métodos, los caudales máximos de diseño mediante Gamma (Pearson Tipo III), son iguales a los demás métodos

II. MARCO TEÓRICO

Para hacer posible esta investigación se recurrió a trabajos anteriores En los trabajos previos como antecedentes, en el **ámbito internacional**, está **YANZA (2019)** en su tesis indica que su **objetivo** es determinar la velocidad, caudal y profundidad de los rio verde, Bulubulu y Estereo Galápagos del cantón El triunfo usando el molinete, aplicándose una **metodología** con enfoque descriptivo de nivel bibliográfica, porque se buscó información en la CIA de la universidad agraria del Ecuador campus Guayaquil y Milagro, biblioteca de INIAP, secretaria de agua, INAMHI entre otras en las cuales se revisaron libros, folletos, revistas, periódicos que ayudaron al desarrollo de la investigación, además de revisar sitios en la web, obteniéndose los siguientes **resultados**; El cálculo del caudal del Rio verde se lo realizo utilizando dos métodos con el molinete dando como resultado un caudal de 0.07776 m³/s en cuanto que con el uso del flotador su caudal fue de 624,926053 Litros/s, observándose diferencias entre los dos métodos. De igual manera se midió el caudal del río Bulu Bulu Obteniéndose diferencia en los datos del caudal es así que con el molinete el caudal fue de 30179.27m³/s o 30.17927 litros/segundo y con el flotador de 5500 Litros/segundo. En cuanto al caudal del estero Galápagos al realizar los cálculos con el uso del molinete este alcanzó un valor de 25.614 m³/s, mientras que con el uso de flotador el caudal fue de 1.461031472cm³/s notándose diferencias en los caudales, se **concluye** que en el cálculo del caudal utilizando el molinete se observa que da una mejor precisión debido a que se midió la velocidad a dos profundidades caso que no se puede realizar con el método del flotador además de que en este último influyen factores ambientales como es la dirección del viento. No obstante, se puede usar el método del flotador en caudales pequeños y sin problemas de malezas;

es importante medir los caudales de los ríos porque esto da la certeza de conocer su cauce, su velocidad, profundidad y que va a depender de la época (seca o lluviosa) en que tomaran los datos.

MEDINA (2018) en su estudio manifiesta que su **objetivo** es Realizar la evaluación hidráulica del curso del rio La Paz (Norte); sector puente encuentro de los ríos Choqueyapu e Irpavi hasta la confluencia con el rio Huayñajahuir, para una avenida máxima de 50 años de retorno y propuesta de medidas de prevención de desbordes e inundaciones, aplicándose una **metodología** que

consiste en el recojo de datos meteorológicos, caracterizaciones climáticas, delimitación de la cuenca, morfometría de la cuenca, determinación de parámetros morfo métricos del río, generación del modelo de dinámica fluvial con IBER, determinación de la capacidad hidráulica del río para avenida TR 50 años; obteniéndose los siguientes **resultados**: el caudal pico de 57 m³/s (corrida_q57_1_4) en lo corresponde a la Cota de Agua y Velocidad de Agua sobrepuesta a la representación gráfica del cuerpo de agua para el caudal máximo del año 2017 supera en pequeña proporción y no muestra tendencia a desborde del río, se **concluye** que los ríos de Irpavi y Achumani arrastran gran cantidad de material a través de los vertederos abiertos hasta unos 67 m. aguas abajo del puente encuentro de los ríos Irpavi y Choqueyapu, lugar donde se presenta un salto hidráulico de 25 m aproximadamente, aquí la escorrentía pierde fuerza debido a la reducción de la pendiente, así mismo se dispersa el material que fue arrastrado, de esta manera forma un abanico aluvial, aumentando el ancho del cauce del río.

LOPEZ (2018), en su estudio señala que su **objetivo** es realización de modelaciones hidrológicas e hidráulicas requeridas para un manejo del recurso hídrico durante eventos hidrológicos extremos; haciendo uso de una **metodología** de modelo numérico que permite estimar las relaciones entre velocidades medias y velocidades medias superficiales en cursos fluviales, parámetro fundamental para el cálculo de caudal a partir de la aplicación de técnicas de velocimetría por imagen, para luego obtener los siguientes **resultados** de la modelación hidrológica de la cuenca alta del Río Tercero, pudo calibrarse y validarse un modelo que de ahora en adelante puede ser utilizado para un adecuado manejo de la cuenca completa. También pudo analizarse la sensibilidad del mismo ante diferentes situaciones de humedad antecedente en la cuenca; y como varía la erogación de Fitz Simon ante diferentes cotas iniciales de los embalses del sistema, por lo que se **concluye** que la herramienta unidimensional de HEC RAS 1D, no representa el efecto de la curva generado en el flujo, con lo cual no es una herramienta que genere resultados representativos del comportamiento de este tipo de flujo. En cuanto a las modelaciones bidimensionales podemos destacar su muy buen funcionamiento para caracterizar este flujo analizado.

En el **ámbito nacional**, **Zela (2021)**, en su tesis señala que su **objetivo** es

determinar que caudales máximos se obtienen, aplicando metodologías probabilísticas e hidrometeorológicas, en el río Salcca, Canchis, Cusco – 2021, con una **metodología** tipo aplicada que presenta un diseño no experimental, siendo de nivel explicativo, que tiene un enfoque cuantitativo, teniendo como población la cuenca Urubamba Vilcanota, la muestra está constituida por la cuenca Salcca, el muestreo es de tipo no probabilístico, siendo la unidad de análisis el conjunto de micro-cuencas, obteniéndose los siguientes **resultados**: Teniendo los periodos de retorno de 10 y 20 años, se obtuvieron caudales similares, así mismo, para los periodos de retorno: 2, 5, 50, 100, 200, y 500 años se obtienen resultados distintos, con una variación media de 26.35%, para los resultados obtenidos en las dos metodologías, **concluyendo** que este trabajo de investigación propuso medidas estructurales para los tramos que están en riesgo según los resultados, haciendo uso los caudales máximos de diseño que se obtuvo en la presente investigación, es decir el sector Huantura; en estos sectores se propuso: laterales con RIVER – ANA, encausamiento del río Salcca, diques longitudinales.

Vallejos (2018), en su trabajo de investigación señala que el **objetivo** principal es evaluar el caudal de la cuenca del río Cumbaza, a través de data climatológica en el período 1986 a 2016, en la cual usa una **metodología** con un diseño descriptivo utilizando la casilla única, evaluando el caudal del río Cumbaza, basado en la información climatológica, teniendo como población el registro climatológico de las estaciones meteorológicas, teniendo como muestra registros de las estaciones meteorológicas de los 30 últimos años (1986-2016), obteniendo como **resultados**: Se obtuvo una relación positiva entre la precipitación y caudal de $R=0.38$, esto significa que los datos de precipitación y la variación del valor del caudal hay una correlación positiva, teniendo una influencia representativa del 15% a diferencia del otro de 85% restante siendo influenciado por otros aspectos climáticos; **concluyendo** que estos datos de caudales basados en los registros de 22 años otorgados por el SENAMHI, estos registros se mostraron de forma lineal mostrando una disminución clara del caudal, que se dio durante los últimos 9 años entre los años 2003 - 2011. Mostrando resultados de disminución hasta de -65% del caudal registrado en los años 2001 a 2002.

Mamani (2021), en su tesis señala que su objetivo es determinar los caudales

máximos de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la subcuenca Ayaviri, Puno – 2020, usando una **metodología** de tipo aplicada a nivel explicativo, usando un diseño no experimental, con una población, caudales máximos para los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años, la muestra son estaciones pluviométricas, con una técnica de observación directa, usando como instrumento, ficha de recopilación de información, dando como **resultado**, El caudal máximo obtenido para los siguientes tiempos de retorno: 50, 100 y 200 años respectivamente, usando el método Mac-Math fueron de 270.305, 293.135 y 315.893 m³/s respectivamente; por la distribución gumbel, y por la distribución probabilística fueron 206.161, 213.012 y 219.250 m³/s respectivamente, por la distribución gamma fueron 353.419, 431.451 y 512.886 m³/s respectivamente, de esta manera se tiene como **conclusión** Las pruebas: t estacionariedad de Sperman, se realizó al subdividir en dos periodos: de 1963 a 1993 seguido del periodo de 1994 a 2023, de los cuales se puede concluir que los valores de t en la prueba de estacionariedad de Sperman resultaron en un rango entre $t_{2.5\%} = - 1.96$ y $t_{97.5\%} = + 1.96$, concluyéndose de esta manera que esta serie estacionaria es estacionaria.

Para un mejor estudio sobre este tema se considerará algunos **artículos de investigación** siguientes: este desarrollado por **A.L. Kay (2020)**, cuyo **objetivo** es: Averiguar los aumentos probables futuros de las inundaciones causados por al cambio climático, además deben considerarse al momento de diseñar defensas para inundaciones o planear nueva infraestructura y mejoras para viviendas; da como **resultado**: la aplicación un modelo hidrológico que se basa en cuadrículas a gran escala de nivel nacional, creando superficies de respuesta a modelos de inundaciones en cada cuadrícula de 1km de lado y cada uno de las cuadrículas fueron comparadas con la proyección del cambio climático actual, en tres periodos temporales; se **concluye** que: para el presente trabajo se debe crear varios modelos hidrológicos y analizar las diferencias entre los diferentes modelos contra las diferencias entre modelos estructurados y su nivel de desempeño en la línea base.

Correia (2020), cuyo **objetivo** es: “Evaluar diferentes distribuciones de

probabilidad de lluvias intensas y determinación del IDF”¹¹; da como **resultado**: “Para el dimensionamiento, diseño y análisis de obras de ingeniería hidráulica, la estimación de la precipitación es primordial en el proyecto. Se hicieron uso de varias funciones de probabilidad, como las distribuciones empíricas y teóricas, dentro de los cuales se analizaron las distribuciones de Gumbel (GUM), dos parámetros Log- Normal (LN2P), Valor Extremo Generalizado (GEV) y la distribución Gamma (GAM2P), para ello se hizo uso de una serie de datos proporcionados por la Agencia Nacional de Agua de estado de Pernambuco – Brasil, posteriormente se realizaron las pruebas de ajuste como son las de Kolmogorov Smirnov (KS) y Chicuadrado de Pearson (χ^2); se **concluye** que: Es importante realizar el análisis de los datos históricos y se determinó que las distribuciones de probabilidad que mejor destacaron fueron las GEV, LN2P y GUM.”¹²

Stella y Anagnostou (2018), señala que su **objetivo** principal es: crear un modelo hidrológico para determinar la respuesta a las inundaciones en la cuenca sub tropical en el sur de Florida; por lo que tiene como resultado **resultado**: Efectúa un pronóstico de los eventos naturales, así como inundaciones en cuencas, siendo esta un área de estudio importante dentro de la investigación relacionada a la hidrología, en la que se considera las lluvias intensas sobre cuencas, estos son considerados para el uso de determinación de impactos potenciales en la gestión de cuencas hidrográficas, teniendo mayor uso en la época de mayores caudales. En el presente proyecto se usó el modelo HEC-HMS, para evaluar y aproximar la acumulación de descargas en la cuenca de West Palm Beach, al sur de Florida, EEUU. Así mismo, el modelo usado ha sido calibrado para periodos de 5 años; se **concluye** que: Basado en el estudio, así como la simulación muy precisa de caudales acumulados en la cuenca West Palm Beach al sur de Florida, EE.UU., siendo este modelo aceptable para poder ser usado en la determinación de diferentes escenarios en la condición de caudales altos.

Como **bases teóricas** tenemos como principales teorías relacionadas con el

¹¹ (Correia, 2020)

¹² (ZELA, 2021)

tema de la presente investigación: **La cuenca hidrográfica**; “la hidrología lo define como, un sistema, área o territorio natural, delimitado por líneas topográficas, que se ubica en la cima de los cerros principalmente o denominados Divortium Aquarium, esta área recoge las precipitaciones y las encausa (drena - agua de escorrentía) llevándolas a un colector común, que se designa generalmente como río principal.”¹³ Las cuencas alto andinas (la presente investigación) por lo general presentan 3 partes que se detalla a continuación: Parte alta, esta área reúne el mayor volumen de agua, provenientes de nevados y lluvias, en consecuencia este espacio reúne la mayor cantidad de precipitaciones. Parte media, en esta parte se encuentran los valles interandinos, caracterizados por su clima variado y templado, siendo su principal función el escurrimiento por la superficie del agua. Parte baja, dentro de esta zona se encuentran las áreas agrícolas extensas, así como principales emplazamientos tales como ciudades y centros poblados.

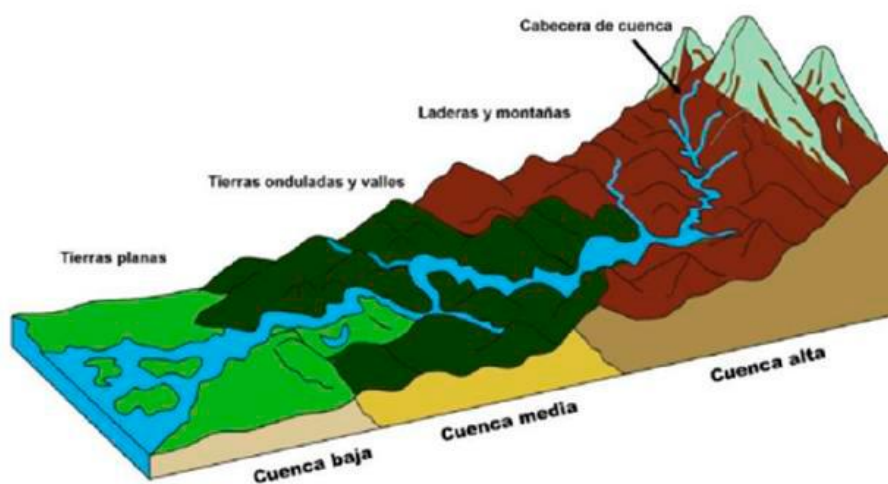


Figura 1: Partes de una cuenca hidrográfica

Adaptado de Vásquez et al, 2016, pag 21

Las cuencas hidrográficas generalmente se subdividen: Cuencas, Sub Cuencas y Microcuencas, basándose en su área, como se muestra a continuación:

¹³ (Vásquez, 2016, cap. 1.1)

Tabla 1: Áreas referenciales de unidades hidrográficas

Unidad Hidrográfica	Área Miles de Hectáreas	Área Km ²
Cuenca	> 50	> 500
Sub cuenca	5 a 50	50 a 500
Micro cuenca	< 5	< 50

Fuente: Adaptado de Vásquez et al, 2016

El **ciclo hidrológico**; “Es definido como el pilar del estudio de la hidrología, ya que no cuenta con un principio o final y todos los sucesos ocurren de forma continua.”¹⁴ La Figura 2 muestra el transcurso del ciclo del agua y su espacio.



Figura 2: Ciclo hidrológico del agua

Adaptado de Chow et al, 1994, cap. 1.1

El **caudal**; “Como definición general, se conoce como caudal, a la cantidad de fluido que circula a través de una sección de un ducto, ya sea tubería, cañería, oleoducto, río, canal, por unidad de tiempo. Generalmente, el caudal se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área determinada en una unidad de tiempo específica”.

El **periodo de retorno (T)**; “Es el tiempo de estudio generado, en que el valor del máximo caudal de una creciente determinada es igualado o superado una

¹⁴ (CHOW, 1994, cap. 1.1)

vez cada T años; Se le denomina Período de Retorno (T).¹⁵ El T permite dar algún valor a la probabilidad de que ocurra un acontecimiento extremo, para lo cual se aplicará la siguiente fórmula:

$$P Q \leq q = 1 - 1/T \quad (1)$$

Dónde: P: probabilidad de ocurrencia de evento; T: Tiempo de retorno (años).

Los **métodos probabilísticos**; estas “están basadas en análisis de frecuencias que tienen como finalidad la estimación de precipitaciones, intensidades y caudales máximos, según la investigación o estudio lo requiera, estos valores son estimados para diferentes periodos de retorno. Dentro de la probabilística y/o estadística existen diversas fórmulas o también llamadas distribución teórica; recomendándose el uso de diversas funciones.”¹⁶ “El análisis de frecuencia (Probabilística o estadística) es un instrumento que se basa en pronosticar el comportamiento de los caudales y de las precipitaciones para un determinado tiempo (futuro) y para un determinado lugar (espacio de interés), a partir del registro de series históricas de caudales y de precipitaciones. Es una metodología basada en técnicas estadísticas que permiten estimar o determinar la importancia y magnitud de las series históricas que se ven interrelacionados a un periodo de retorno. Su veracidad dependerá en qué medida se estudian los parámetros de calidad y longitud de la serie histórica”¹⁷; A continuación, se tienen: “Distribución Gamma 3 Parámetros, Distribución Normal, Distribución Log Normal de 3 Parámetros, Distribución Log Pearson Tipo III, Distribución Valor Tipo I (Gumbel).”¹⁸:

- **Distribución Gamma (Pearson tipo III)**

Contempla lo siguiente:

Xo : Origen de (x), posición

Y : forma

B : escala en la que ($\beta > 0$)

Por lo que muestra en la siguiente función:

$$f x = \frac{(x-x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)} \quad (2)$$

¹⁵ (MTC, 2011, cap. 3.6)

¹⁶ (MTC, 2011, cap. 3.7)

¹⁷ (PAREDES PINTO, 2015)

¹⁸ (MTC, 2011 pág. 18)

- **Distribución normal**

Contempla lo siguiente:

- x : Variable
- μ : localización
- s : escala

Por lo que se muestra la siguiente función:

$$f(x) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \frac{(x-\mu)^2}{s^2}} \quad (3)$$

- **Distribución Gumbel (valor tipo I)**, también conocida como distribución de valores extremos, se muestra de la siguiente forma:

$$f(x) = -e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad (4)$$

Que, usando el método de momentos nos da como resultado:

$$\beta = \mu - 0.45\sigma \quad (5)$$

$$\alpha = \frac{1.285}{\sigma} \quad (6)$$

Dónde:

α : Concentración

β : Localización

- **Pruebas de bondad de ajuste**

“Llamadas también como pruebas de hipótesis, por lo general son utilizadas para valorar si un conjunto de series históricas (datos) son una muestra independiente de la distribución elegida. En la bibliografía estadística, se presentan diversas funciones, pero las recomendadas y quizá conocidas son la de: La prueba de chi cuadrado, la prueba Kolmogorov – Smirnov, ”¹⁹

¹⁹ (MTC, 2011, Pág. 23)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

Tipo de investigación: Aplicada, determinando su causalidad y sus implicaciones, es decir, “el tipo de investigación viene siendo la aplicación de un plan detallado de métodos que nos ayuden a apreciar un mayor campo conceptual sobre los problemas que pueda contar la sociedad, así como también dar pase a nuevas soluciones que necesite un determinado lugar”.²⁰, Este trabajo de investigación es de tipo aplicada, es decir, se aplicará conceptos y procedimientos ya descritos.

Diseño de investigación: No experimental, Debido a que el presente trabajo es de observación de los fenómenos naturales en su estado natural, sin intervenir en su proceso

Nivel de investigación: Descriptivo, este tipo de trabajos “Están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables.”, en este estudio se busca explicar mediante las variables independientes qué efecto causa sobre la variable dependiente y cómo se refleja en el área física de estudio.

Enfoque de investigación: es Cuantitativo, dado que en “la presente investigación utilizaremos la recolección de valores numéricos para probar la hipótesis, en el estudio se comparará los datos numéricos obtenidos en los ensayos realizados.”²¹

3.2. Variables y operacionalización

Variables de estudio: Para el presente trabajo de investigación se plantea las siguientes variables, que se encuentran en función al problema que se aborda, así como el objetivo y la hipótesis; se tienen:

²⁰ (HERNANDEZ-SAMPIERI & MENDOZA, 2018, pág. 93)

²¹ (BAENA, 2017)

Variable Independiente: Métodos convencionales

Variable dependiente: Caudales máximos

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

La población está definida por la cuenca del río llave

Criterios de inclusión

“El criterio de inclusión, es la delimitación de la población, considerando todos sus aspectos, propiedades y características de la población en estudio.”²²

Dentro de la cuenca del río llave, que es el área de estudio, se encuentran subcuencas, tales como, Alto llave, Llusta, Medio Alto llave, Medio llave Ayupalca, Conduriri, Aguas calientes, Medio bajo llave, Bajo llave.

Muestra

a la muestra le considera un subconjunto representativo de un universo o población para ser estudiado o realizar la investigación; se describe en este ítem la población y sus características, el tamaño y la forma de selección de la muestra, considerando el tipo de muestreo, verificando la homogeneidad, o las pruebas necesarias para que se use adecuadamente durante la investigación para su análisis correspondiente.²³

Para efectos de este trabajo de investigación se trabaja con datos de estaciones pluviométricas considerando la precipitación máxima de 24 horas para luego transformarse en el caudal máximo para el diseño de obras hidráulicas, haciendo uso de métodos convencionales probabilísticos en la cuenca del río llave.

²² (ARIAS, 2012, pág. 81)

²³ (Ibidem)

Muestreo

“El muestreo es una decisión práctica, donde se realiza el muestro de datos, este elemento recoge los datos de forma representativo. Se usa cuando la población es demasiado grande como para captar todas las variables necesarias para la investigación.”²⁴

En nuestro trabajo de investigación el muestreo es no probabilístico de los caudales máximos, siendo que se evaluará en distintos tiempos de retorno.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección

Técnica de investigación

“Son las maneras de obtener de los datos o la información necesaria para la investigación, considerando la observación directa, la encuesta oral y la encuesta escrita, la entrevista, entre otros.”²⁵

Observación directa

Menciona que “La observación directa es donde el mismo investigador recolecta información; sin abordar los temas en cuestión; aprovecha directamente tu sentido de observación

Instrumentos de recolección de datos

“Los instrumentos son los materiales que son usados para recolectar, recoger y almacenar la información durante la investigación, de los cuales se considera las fichas, formatos de cuestionario, guía de entrevista, lista de cotejo, grabador de audio, cámara fotográfica, cámara de video, entre otros.”²⁶

Como herramienta para esta investigación se hará uso de hojas de cálculo, es decir, Excel y sistemas de información geográfica, así como también Easyfit que gestiona datos estadísticos y

²⁴ (WOOD Y SMITH, 2017)

²⁵ (ARIAS,2012)

²⁶ (Ibidem)

probabilísticos, permitiendo realizar cálculos y georreferenciación de los mapas necesarios para este trabajo.

Validez

“La validez se centra en hasta qué punto los métodos pueden considerarse como algo fiable y preciso dentro del contexto de la investigación en la que se usan, es considerado una afirmación que se realiza en una investigación y está vinculado a los métodos de investigación que se han usado; la validez se ha entendido de diversas maneras en relación al vínculo entre afirmaciones y métodos.”²⁷

“La validez se conecta a tres dimensiones principales: construcción del test (mide las dimensiones que se pretenden valorar), contenido (muestra si las preguntas incluidas en este instrumento reflejan lo que se pretende medir) y el criterio (muestra la correlación entre las puntuaciones de las pruebas realizadas). Los instrumentos pueden presentar cuatro tipos de validez: de contenido, predictiva, concurrente, y de constructo.”²⁸

Confiabilidad

La investigación realizada es confiable; “la información debe ser calculada y realizar el análisis de toda la información recolectada; además, debe de estar debidamente citada.”²⁹ “Se recomiendan que se debe tener cuidado en la digitalización de los datos”³⁰, teniendo la información otorgada por el ANA y el SENAMHI, se tiene la confiabilidad necesaria para este trabajo, por lo que los resultados de esta investigación serán confiables.

²⁷ (WOOD Y SMITH, 2017)

²⁸ (DOMINGUEZ, 2018)

²⁹ (HERNANDEZ, 2014)

³⁰ (DOMINGUEZ, MIAS, 2018)

3.5. Procedimientos

Durante el desarrollo del presente trabajo de investigación se empleó los siguientes procedimientos:

Un inicio de este proceso de la determinación de caudales en la cuenca del río llave, determinando los límites de la cuenca para luego continuar, con la obtención de información requerida para la investigación, es decir, solicitar los datos de precipitaciones máximas en 24 horas anuales y caudales máximos anuales que fueron otorgados por el SENAMHI los datos de las estaciones: llave, Mazocruz, Chilligua, Laraqueri, los datos requeridos fueron solicitados a la direccional Zonal 13, que es del departamento de Puno, cumpliendo con los requisitos establecidos por la institución usando el medio virtual, es decir mediante los correos de la institución, debido a la coyuntura del COVID, que aún no se encuentra completamente libre de esta pandemia, estos datos será procesados haciendo uso de softwares que serán necesarios para poder lograr los objetivos del presente trabajo siendo estos los siguientes:

- a. Estimar los caudales máximos de diseño mediante métodos probabilísticos e hidrológicos en la cuenca del río llave
- b. Estimar los caudales máximos de diseño mediante métodos probabilísticos en el río llave
- c. Proponer medidas estructurales preventivas para los caudales máximos resultantes en el río llave.

Con respecto al objetivo específico 01 – uso de los métodos probabilísticos e hidrológicos, se hizo lo siguiente:

Con el registro de datos obtenidos del SENAMHI, de las estaciones Mazocruz, la estación de Laraqueri, la estación de Chilligua y la estación de llave, siendo estos las precipitaciones máximas en 24 horas en ciclos anuales, estos datos en un intervalo desde 1990 hasta 2021, siendo un periodo de 32 años, lo cual es suficiente para realizar un estudio probabilístico con resultados con un porcentaje considerable de confianza, para lo cual haremos uso de algunos softwares que nos facilitarán los

cálculos además de ser más precisos a diferencia de realizarlos a mano, estos softwares son Arc Gis, Easyfit, Hidroesta y HEC – HMS.

Continuando con el procedimiento se procede a determinar los límites de la cuenca haciendo uso del software Arc Gis, con los datos obtenidos del Ministerio de Agricultura que está a cargo de estos datos, ya que con ayuda de la Autoridad Nacional del Agua, realizan un control de las zonas que pertenecen a su área de gestión por zonas, a partir de estos datos obtenidos del ANA se obtiene parámetros geomorfológicos necesarios para realizar los cálculos necesarios para la investigación, tales como, área de la cuenca, diámetro de la cuenca, longitud de los cauces principales de la cuenca y subcuencas, pendiente media de estos cauces, una vez obtenidos estos datos, empezamos con realizar el análisis con los métodos probabilísticos o de frecuencia empleando los softwares Hidroesta y Easyfit en las cuales introducimos los datos, en este caso los 32 datos, realizamos esta operación para cada una de las estaciones que se encuentran en la cuenca del río llave, es decir para las estaciones: Mazocruz, Laraqueri, Chilligua, llave, y en cada una de estas estaciones realizar los análisis de las distribuciones recomendadas por el manual de hidrología del MTC, siendo estas distribuciones: Normal, Log normal de 2 parámetros, log normal de 3 parámetros, Gamma, gamma de 3 parámetros, log Pearson tipo III, Gumbel y log Gumbel, en cada una de estas distribuciones se realiza las pruebas de bondad de ajuste de kormogorov smirnov así también en cada estación analizada con ello se obtuvo los resultados para los tiempos de retorno de 5 años, 10 años, 20 años, 40 años, 50 años, 100 años, 200 años, 500 años, en la siguiente figura podemos observar la secuencia de la metodología probabilística y también la hidrológica.

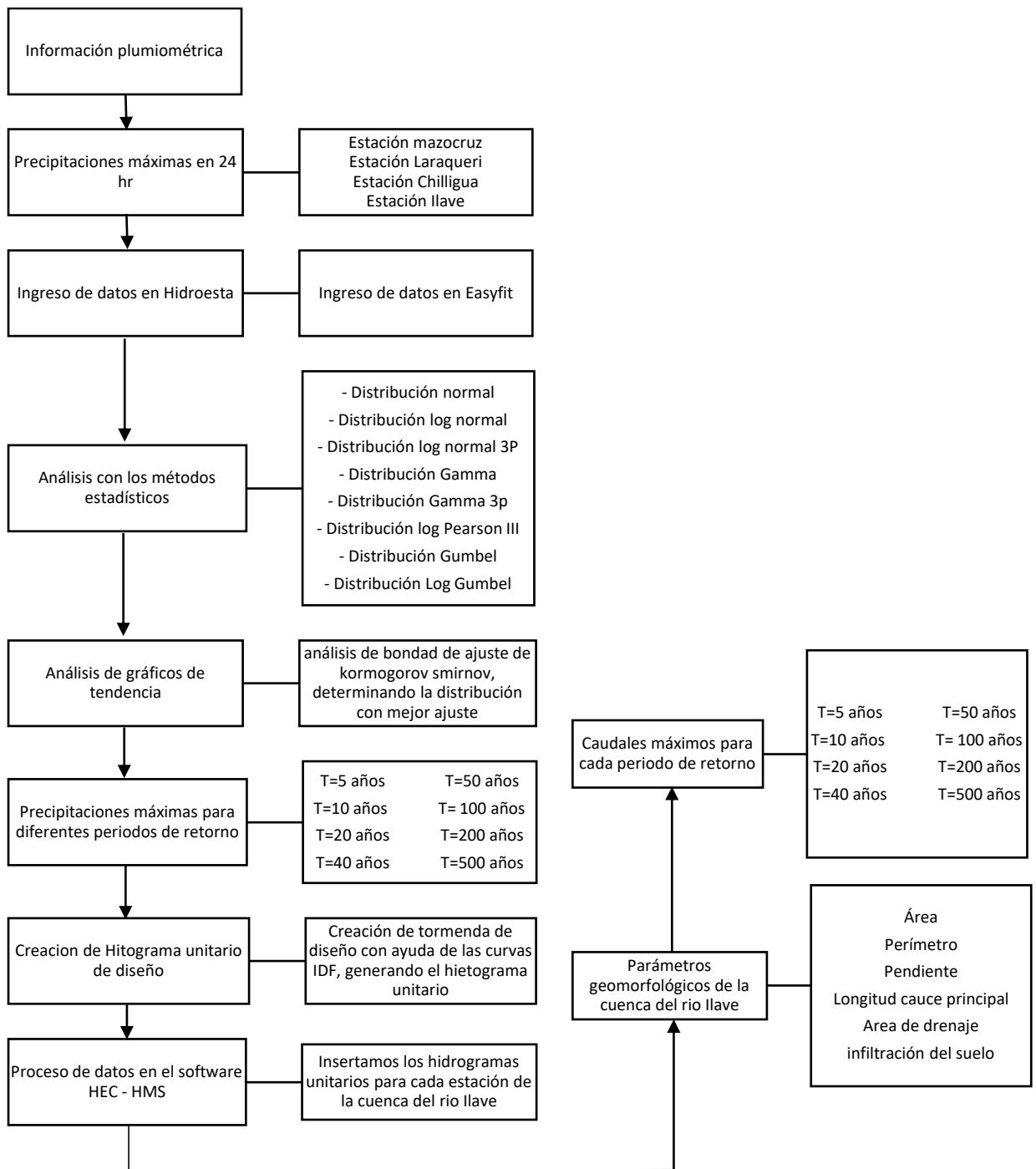


Figura 3: Procedimiento para caudales máximos a partir de las precipitaciones máximas

Con respecto al objetivo específico 02 – uso de los métodos probabilísticos con los datos hidrométricos, se hizo lo siguiente:

Utilizando los datos obtenidos del SENAMHI en la parte baja de la cuenca del río Llave siendo la estación hidrométrica de Llave de la cual se tomó los datos de caudales máximos en periodos anuales, tomando los datos en el intervalo desde 1990 hasta el 2021 siendo en total 32 años, lo cual es suficiente para realizar un estudio probabilístico con resultados con un porcentaje considerable de confianza, para lo cual haremos uso de algunos softwares que nos facilitarán los cálculos, además de tener mayor precisión a diferencia de realizarlos manualmente, estos softwares son: Hidroesta y Easyfit.

Continuando con el procedimiento se continúa realizando la introducción de los datos de la estación a los softwares Hidroesta y Easyfit para poder iniciar con los cálculos para los métodos probabilísticos, siendo estos dos softwares diseñados para realizar este tipo de procesos, sin embargo, se busca comparar resultados siendo Easyfit un software dedicado a realizar operaciones estadísticas, esto significa que su aplicación tiene un área muy amplia, pudiéndose aplicar para diferentes campos y propósitos, y el software Hidroesta fue diseñado para trabajos relacionados a la hidrología e hidráulica, limitándose específicamente a este entorno, teniendo como parámetros algunas condiciones particulares y fórmulas que se contemplan esta región de América, en estos dos softwares aplicaremos las distribuciones recomendadas en el manual de hidrología del MTC, siendo estas las siguientes distribuciones: normal, Log normal, Log normal 3P, Gamma, Gamma 3P, Log Pearson tipo III, Gumbel, Log Gumbel. Realizando estos procesos para cada tiempo de retorno, es decir para 5 años, 10 años, 20 años, 40 años, 50 años, 100 años, 200 años, 500 años, una vez obtenidos los resultados, se realiza los cálculos de bondad de ajuste para cada distribución, estos se obtienen en cada software, teniendo diferentes resultados, sin embargo, se tomará los resultados de Hidroesta, así mismo, para poder tener una referencia se comparará los resultados en ambos softwares, para futuras referencias; presentamos el siguiente diagrama que presenta el procedimiento de forma gráfica:

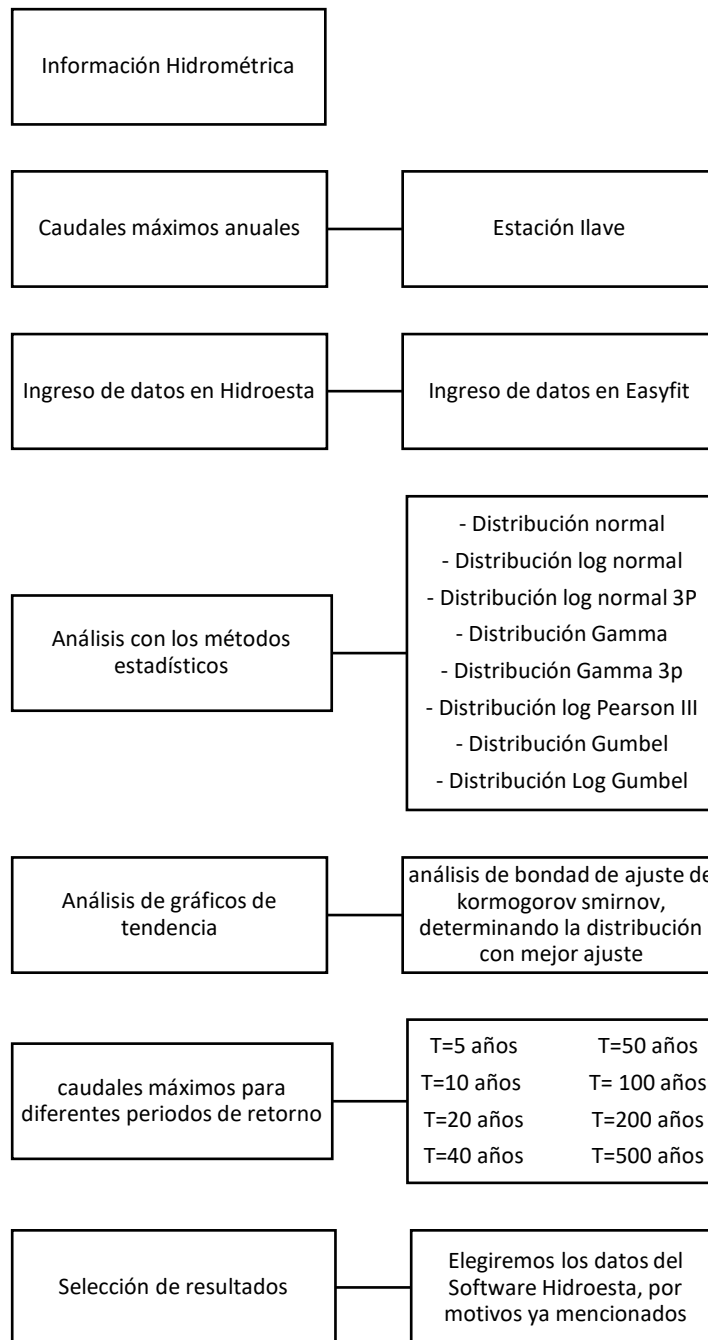


Figura 4: Procedimientos para determinar los caudales máximos de diseño a partir de datos hidrométricos.

Con respecto al objetivo específico 03 – Proposición de medidas estructurales preventivas, se hizo lo siguiente:

El diseño de obras estructurales preventivas es inherente a este tipo de estudios por lo que en este trabajo de investigación se procede a diseñar a partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo, además de realizar un trabajo de

campo en la que se recolecta información topográfica que será necesaria para un diseño más preciso de esta manera obtener mejores resultados, haciendo uso de la informática para poder procesar la información y obtener de la mejor manera los resultados requeridos, los trabajos de campo se realizaron con una estación total, este equipo reúne información con gran precisión que se necesita para tener dimensiones reales y lo más precisa posible, tomando se un segmento del río, el cual es propenso a sufrir inundaciones, en la comunidad de Tara que está a orillas del lago y que tienen sectores agrícolas, los cuales se encuentran en riesgo de sufrir el impacto negativo, seguidamente llevamos esta información recolectada en el río para poder procesarla en el software Autocad Civil 3D, en este software damos forma a los datos numéricos insertados, es decir, generar la superficie que pueda ser visualizable y manipulable para los propósitos de este trabajo, determinando el ancho y el eje del río, para luego generar las secciones del río, con estos datos obtenidos se exporta un archivo para poder procesar esta información en HEC – RAS,

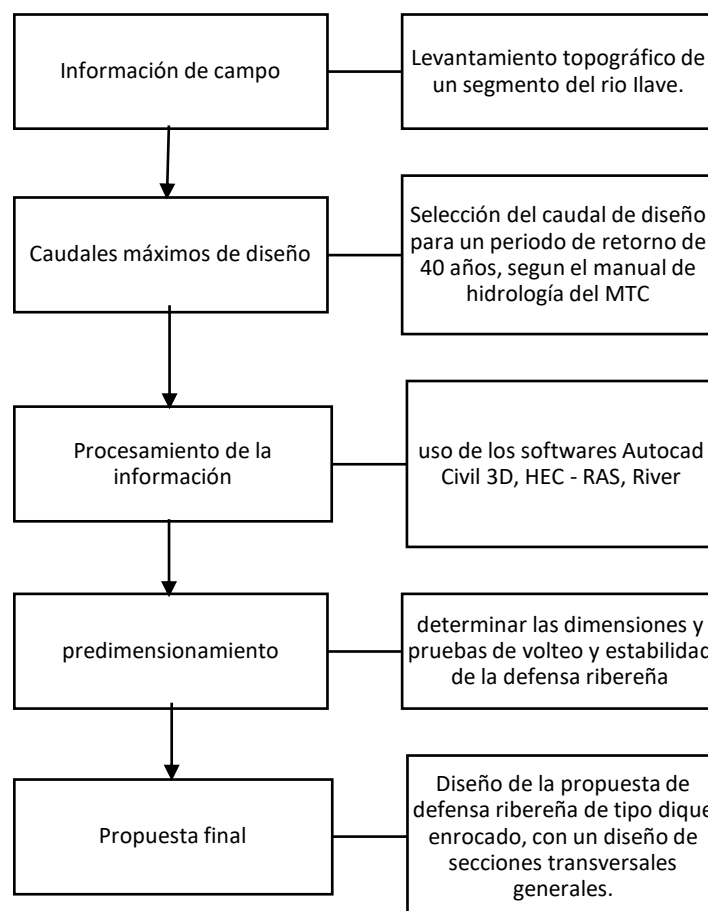


Figura 5: Procedimientos para diseñar la propuesta de diseño de defensa ribereña.

3.6. Método de análisis de datos

Se hará uso de software de análisis de datos, tales como EXCEL y Easyfit.

3.7. Aspectos éticos

El presente trabajo de investigación cumple con los principios de autenticidad y veracidad, garantizando de esta manera la integridad del presente trabajo de investigación

IV. RESULTADOS

Aspectos generales

Nombre de la tesis

“Determinación de caudales máximos de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la cuenca del río llave, Puno – 2022”

Ubicación de la zona de estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la provincia El Collao de la región Puno a una altura promedio de 3900 m.s.n.m., que presenta una topografía accidentada por la zona que es cordillerana.

Clima

El clima de la zona está definido por la intensa radiación solar de día, la baja capacidad de almacenamiento calorífico por una escasa cobertura vegetal y la baja humedad relativa crean drásticos cambios de temperatura durante el día y la noche. Los valores de temperatura durante el año oscilan entre una máxima de 17.20 °C y una mínima de -4.2 °C con un promedio de 6.5 °C durante el año. Presenta temporadas con marcadas lluvias y presencia de nieve de noviembre a abril, y de secas de mayo a octubre presentando cielo azul y sol radiante. Las precipitaciones promedio durante el año oscilan entre los 695 mm dando como resultado para esta zona un clima lluvioso, frío y seco. Según la clasificación climática de Thornthwaite (1931) y del SENAMHI (1988).

UBICACIÓN

Ubicación Política.

El presente trabajo se realizó en la siguiente ubicación

Departamento : Puno
Provincia : El Collao, Chucuito y Puno
Distrito : llave, Huacullani, Juli, Capazo, Mazocruz, Conduriri, Acora, Platería, Chucuito, Laraqueri, Puno y San Antonio.

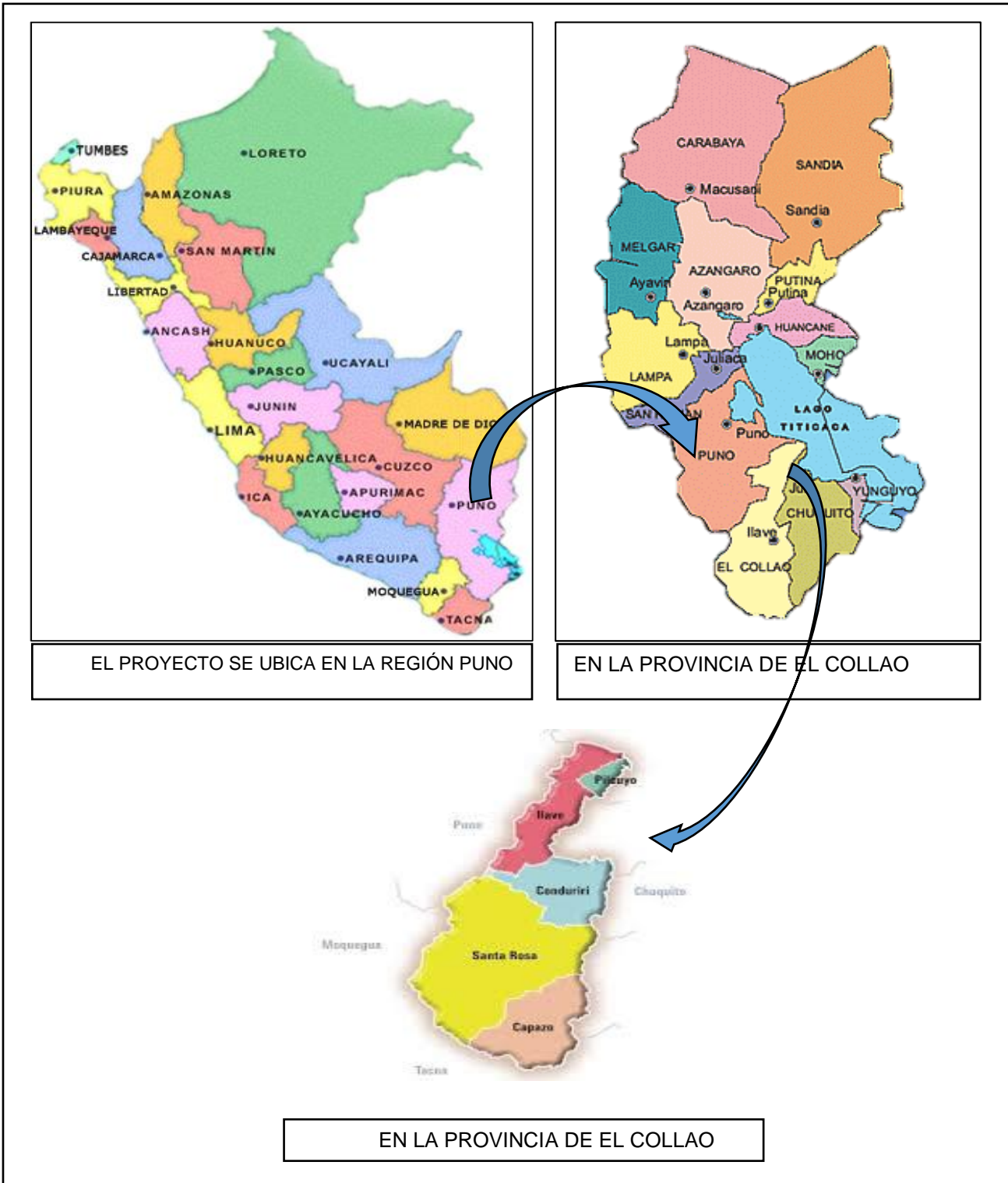


Figura 6: Mapa de ubicación política

Ubicación Geográfica.

Geográficamente la cuenca del río llave se encuentra en las coordenadas UTM (WGS84):

Este : 352,353.0 – 452,052.0

Norte : 8'104,770.0 – 8'248,751.0

Se encuentra entre las altitudes: 3,805.00 – 5,400.00 m.s.n.m.

Ubicación Hidrográfica

La cuenca del río llave, hidrográficamente se encuentra ubicada en:

Vertiente : Titicaca

Sistema hídrico : TDPS

Límites hidrográficos

La cuenca del río llave, limita con las siguientes cuencas hidrográficas:

Este : Lago Titicaca, Cuencas río Zapatilla, Pusuma y Mauri chico

Oeste : Cuencas río Tambo y laguna Loriscota.

Norte : Cuenca río Illpa, zona circunlacustre del lago Titicaca.

Sur : Cuenca río Maure

Ubicación administrativa

La entidad administrativa que regula el uso de los recursos hídricos en la cuenca del río llave, es la Administración Local de Agua llave, la que tiene una dependencia de orden administrativo del Ministerio de Agricultura a través de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua. Las entidades, en orden jerárquico, que enmarcan la gestión hídrica en la cuenca del río llave se mencionan a continuación:

Ministerio de Agricultura (MINAG), Autoridad Nacional del Agua (ANA), Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos (DCPRH), Administración Local de Agua llave (ALA llave)

Rutas de acceso

La cuenca del río llave se encuentra en la Región Puno, en la siguiente tabla se presenta las rutas de acceso:

Tabla 2: Accesibilidad a la zona de estudio

VIAS DE ACCESO			
DE	HASTA	TIPO DE VIA	DISTANCIA (KM)
JULIACA	PUNO	ASFALTADA	43
PUNO	ILAVE	ASFALTADA	55

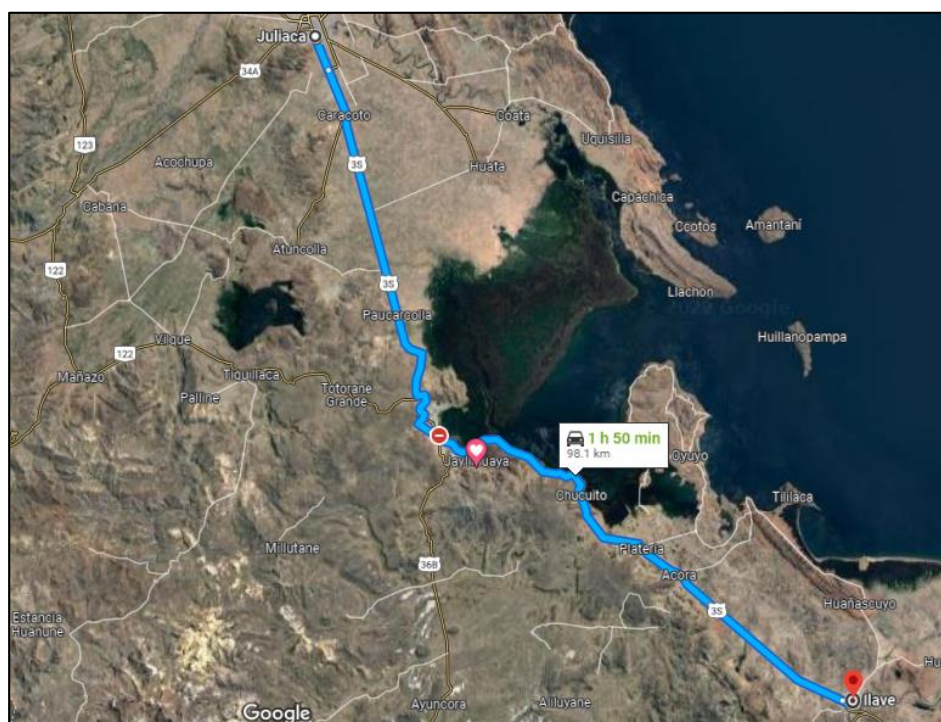


Figura 8: Mapa de ubicación de ruta

Fuente: Google maps

Objetivo específico 1.

Determinar las máximas precipitaciones de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la cuenca del río llave.

Para poder obtener los caudales máximos mediante el uso de los métodos convencionales probabilísticos se necesita de la base de datos obtenida del SENAMHI, quien suministra dicha información; A partir de ello, se elaboró los polígonos de Thiessen para calcular la precipitación media de la cuenca del río llave

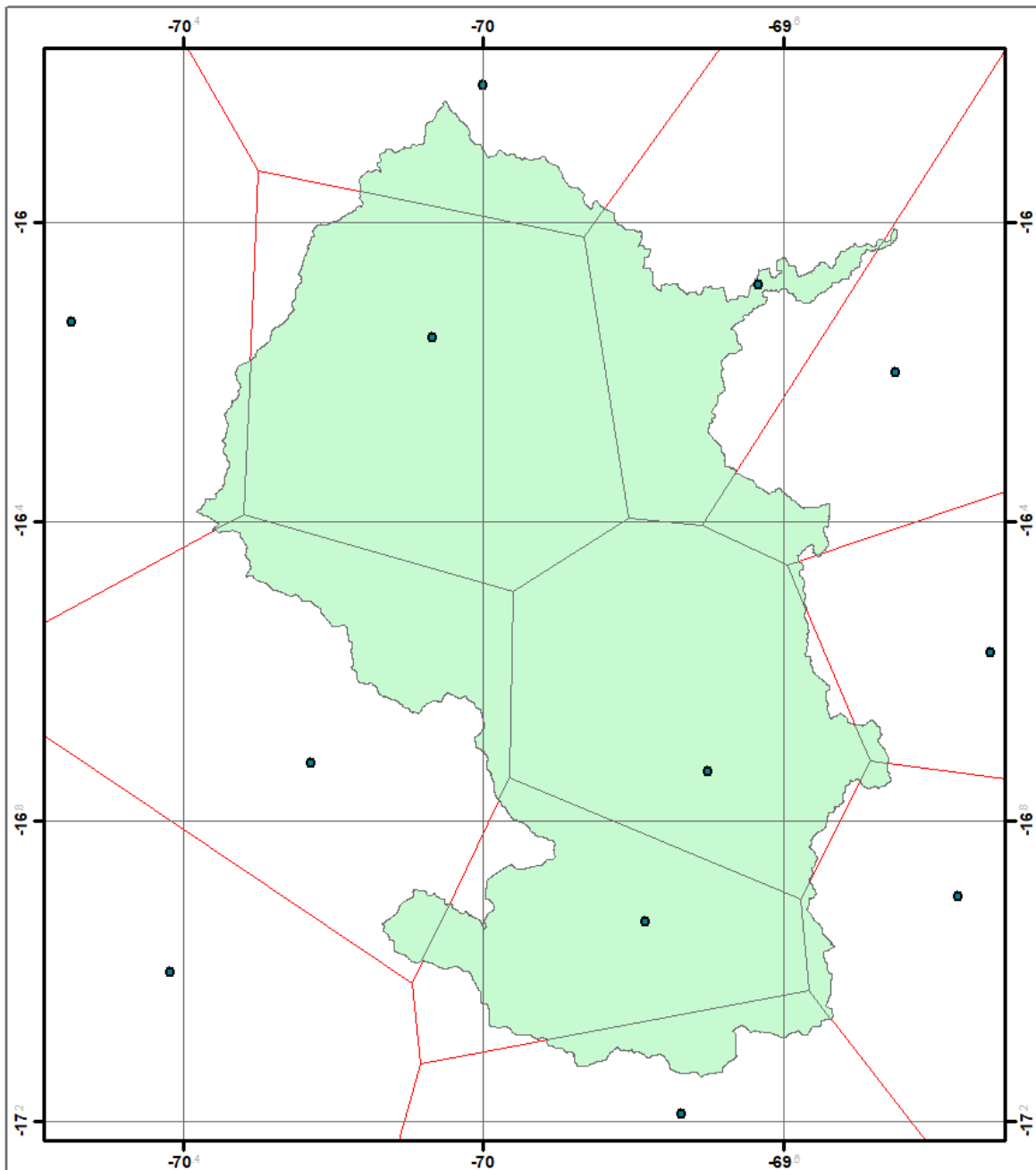


Figura 9: Polígonos de Thiessen en la cuenca del río llave.

Se procedió a la creación de una nueva ventana de trabajo en el software Hidroesta, se copian las precipitaciones máximas en 24 hrs de cada estación que se presenta en el polígono de Thiessen, en cada una de ellas se genera una precipitación máxima para cada tiempo de retorno, es decir para $T=5, 10, 20, 40, 50, 100, 200$ y 500 años para luego proceder con las opciones probabilísticas, que para nuestro caso fueron las distribuciones probabilísticas que recomienda manual de hidrología del MTC, con ello se generan los resultados propios de

cada parámetro de distribución, posteriormente se realizó la prueba de bondad mediante el método Kolmogorov Smirnov, para poder observar que metodología de distribución probabilística, se ajusta mejor. Posterior a ello se generaron los caudales máximos para las distribuciones probabilísticas empleadas en función a los distintos periodos de retorno determinados, sin embargo se usó dos softwares de distribución probabilística, pudiendo comparar resultados y seleccionar los mejores resultados poniendo a modelar los datos de 4 estaciones de la cuenca del río llave, cada estación meteorológica será analizada por todas las distribuciones recomendadas, para poder obtener mejores resultados y poder hacer una mejor elección de datos.

Estación Mazocruz

Software Hidroesta, Para el análisis de esta estación se procedió a insertar los datos de precipitaciones en el software para su procesamiento.

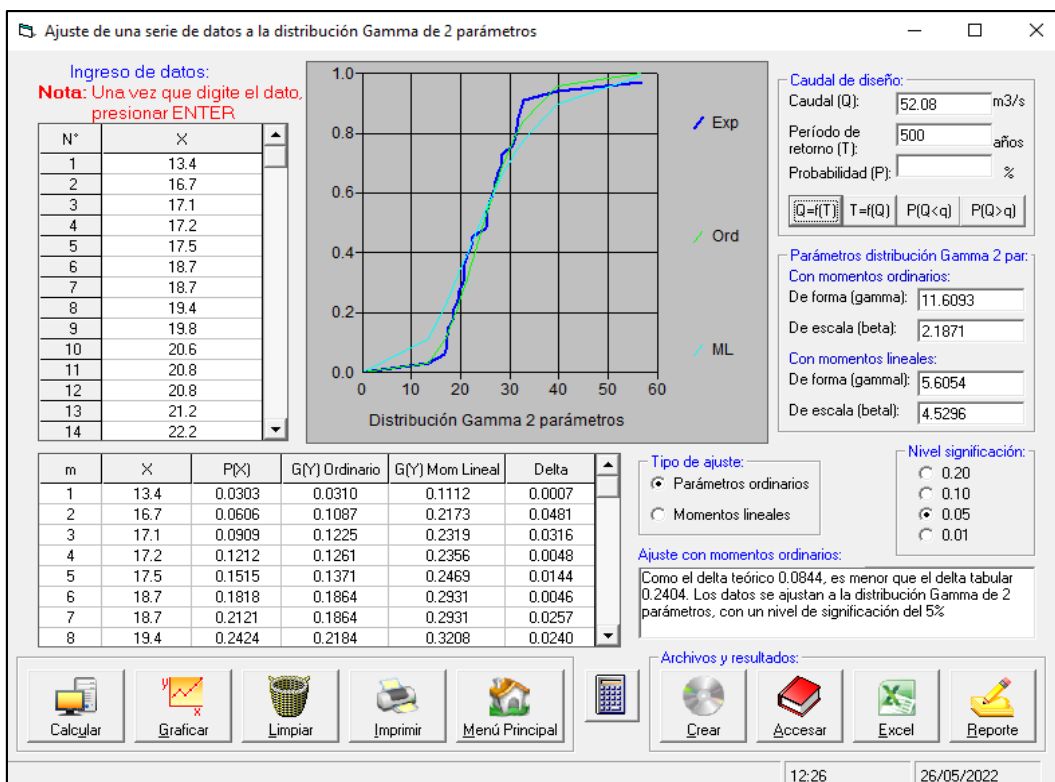


Figura 10: Software Hidroesta, ingreso de datos – estación Mazocruz.

En la figura 10 podemos ver los datos insertados en el software Hidroesta, en la que puede ver el gráfico de la distribución y el gráfico de la línea de tendencia para ver y comparar con los ajustes de bondad de kormogorov smirnov, mediante este software se obtuvo los resultados que se presentan de la siguiente manera:

Tabla 03: Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno, y cada distribución recomendada por el manual de hidrología del MTC, en la estación Mazocruz con el software Hidroesta.

ESTACIÓN MAZOCRUZ (Resultados Hidroesta)							
P. Retorno	Normal	log normal 2P	Log normal 3P	Gamma 2P	Log Pearson Tipo III	Gumbel	Log Gumbel
T=5	33.72	32.88	32.74	33.01	32.76	32.74	31.77
T=10	37.24	37.21	37.04	36.93	37.44	37.42	37.45
T=20	40.15	41.22	41.02	40.39	41.49	41.92	43.86
T=40	42.67	45.04	44.83	43.55	46.39	46.32	51.2
T=50	43.43	46.24	46.04	44.52	47.83	47.73	53.8
T=100	45.61	49.93	49.73	47.41	52.31	52.09	62.71
T=200	47.6	53.56	53.36	50.15	56.83	56.43	73.05
T=500	50.02	58.32	58.14	53.57	62.93	62.16	89.34

Tabla 04: Pruebas de bondad del método de Kolmogorov smirnov del software Hidroesta 2, para la estación Mazocruz

PRUEBAS DE BONDAD (Kolmogorov smirnov) – Estación Mazocruz		Ko
Normal	0.0857	Si cumple
log normal 2P	0.0518	Si cumple
Log normal 3P	0.0528	Si cumple
Gamma 2P	0.0637	Si cumple
Log Pearson Tipo III	0.04146	Si cumple
Gumbel	0.0415	Si cumple
Log Gumbel	0.0842	Si cumple

Interpretación: Al realizar los cálculos correspondientes para las distribuciones recomendadas por el manual de hidrología del MTC, mostradas en la tabla 09 en la que podemos apreciar que la columna de la distribución Gamma de 3 parámetros no se ajustó la distribución por lo que el software no pudo procesar la información, asimismo tenemos que la distribución Log Pearson Tipo III tiene el mejor ajuste por lo que consideramos estos resultados ya que las proyecciones de esta distribución son mayor probabilidad de ajustarse a eventos proyectados, de tal manera que seleccionamos esta columna para los siguientes cálculos.

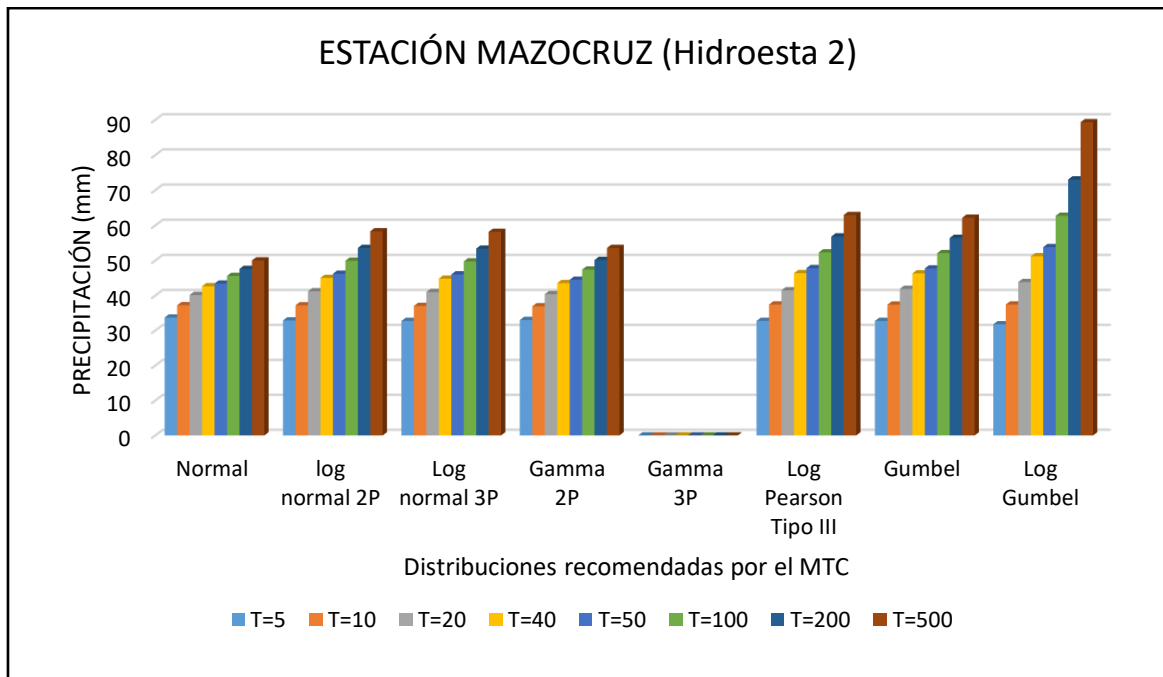


Figura 11: Gráfico de resultados obtenidos del software Hidroesta 2 de la estación Mazocruz.

Interpretación: En la figura 11 se puede apreciar las precipitaciones proyectadas en la estación Mazocruz usando las distribuciones recomendadas en el manual de hidrología del MTC, en la que vemos que todas las distribuciones para cada periodo de retorno los resultados son semejantes, sin embargo, la distribución Log Gumbel se excede del promedio general que presentan las demás distribuciones calculadas en el software Hidroesta, asimismo, se puede ver que los resultados de la distribución Gamma 3 parámetros son cero, ya que esta distribución no ajusta con los datos de esta estación, de todos los resultados la distribución normal tiene el ajuste más distante, lo cual muestra algo irónico con respecto a la distribución log gumbel que muestra resultados que superan el promedio de las demás distribuciones, mientras la distribución normal, es menor al promedio de las demás distribuciones.

Software Easyfit, para poder comparar estos resultados se procesó la información con este software, en la que se insertó la misma información de la estación Mazocruz, como se muestra en las siguientes figuras.

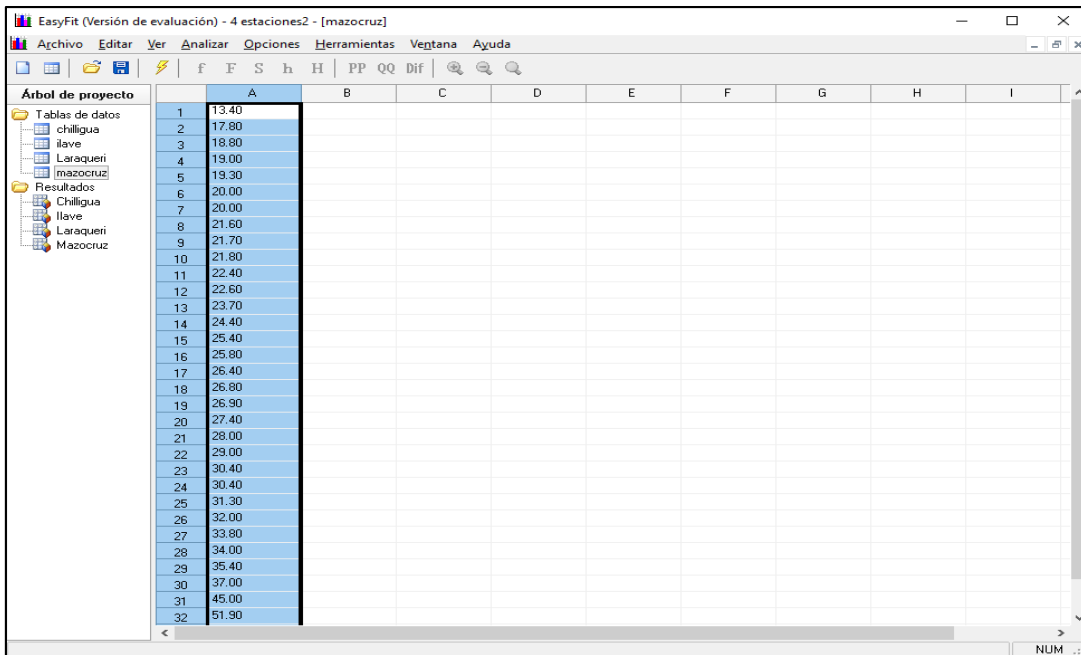


Figura 12: Software Easyfit, ingreso de datos estación mazocruz.

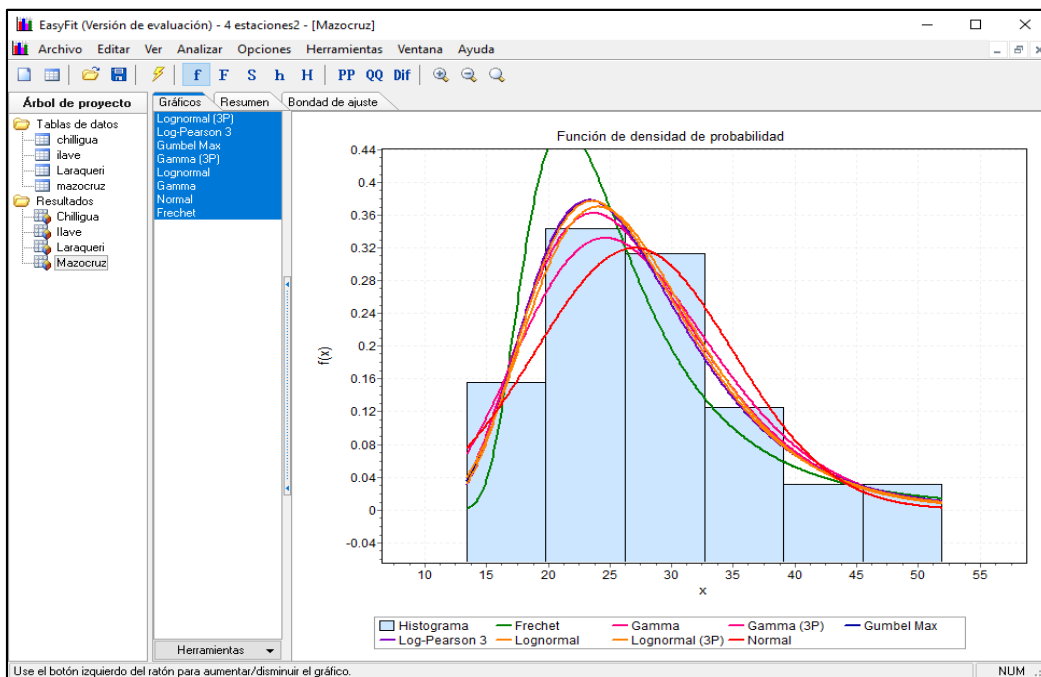


Figura 13: Software Easyfit, muestra de las distribuciones probabilísticas – estación Mazocruz.

En las figuras 12 y 13 podemos ver la introducción de la información y gráficas de las distribuciones a partir de los datos pluviométricos de la **estación Mazocruz** y cuyos resultados se muestran a continuación.

Tabla 05: Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno, y cada distribución recomendada por el manual de hidrología del MTC, en la estación Mazocruz con el software Easyfit.

ESTACIÓN MAZOCRUZ (Resultados Easyfit)								
P. Retorno	Normal	log normal 2P	Log normal 3P	Gamma 2P	Gamma 3P	Log Pearson Tipo III	Gumbel	Log Gumbel
T=5	33.719	32.754	32.710	33.386	32.922	32.756	32.741	31.709
T=10	37.240	36.998	32.187	37.614	37.276	37.440	37.424	37.728
T=20	40.149	40.914	41.406	41.355	41.237	41.946	41.917	44.572
T=40	42.671	44.645	45.497	44.787	44.945	46.385	46.324	52.490
T=50	43.422	45.821	46.799	45.843	46.099	47.820	47.733	55.307
T=100	45.604	49.414	50.821	49.000	49.585	52.309	52.091	65.015
T=200	47.601	52.949	54.831	52.008	52.949	56.870	56.433	76.381
T=500	50.021	57.573	60.155	55.806	57.251	63.055	62.161	94.471

Tabla 06: Pruebas de bondad del método de Kolmogorov smirnov del software Easyfit, para la estación Mazocruz

PRUEBAS DE BONDAD (Kolmogorov smirnov) – Estación Mazocruz	
Normal	0.1056
log normal 2P	0.0659
Log normal 3P	0.0584
Gamma 2P	0.0851
Gamma 3P	0.0642
Log Pearson Tipo III	0.0604
Gumbel	0.0621
Log Gumbel	0.1215

Interpretación: Al realizar los cálculos correspondientes para las distribuciones recomendadas por el manual de hidrología del MTC, mostradas en la tabla 11 en la que podemos apreciar todas las precipitaciones máximas para cada distribución y tiempo de periodo, asimismo tenemos que la distribución Log normal de 3 parámetros tiene el mejor ajuste con el menor valor obtenido en las pruebas de bondad de ajuste, por lo que estos podrían ser considerados estos resultados ya que las proyecciones de esta distribución son mayor probabilidad de ajustarse a eventos proyectados, de tal manera que seleccionamos esta columna para los siguientes cálculos.

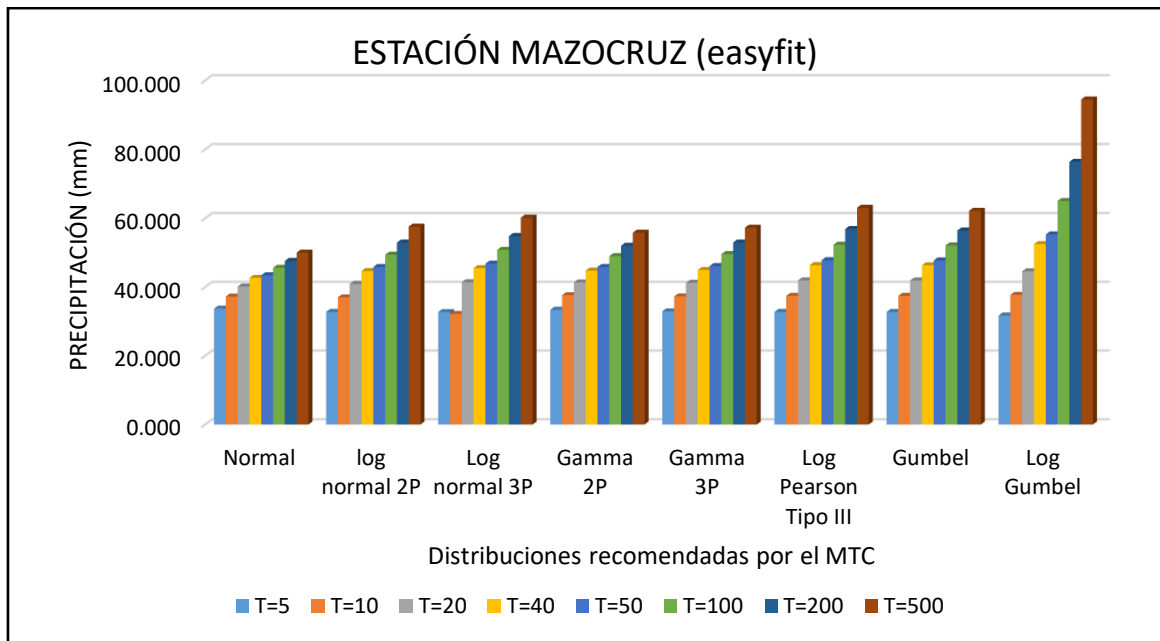


Figura 14: Gráfico de resultados obtenidos del software Hidroesta de la estación Mazocruz.

Interpretación: En la figura 14 se puede apreciar las precipitaciones proyectadas en la estación Mazocruz usando las distribuciones recomendadas en el manual de hidrología del MTC, en la que vemos que todas las distribuciones para cada periodo de retorno los resultados son semejantes, sin embargo, la distribución Log Gumbel se excede del promedio general que presentan las demás distribuciones calculadas en el software Easyfit, asimismo, se puede ver que los resultados de las distribuciones calculadas en el último software mencionado a diferencia de Hidroesta todas las distribuciones pudieron ser procesadas, de todos los resultados la distribución normal tiene el ajuste más distante, se puede apreciar que la distribución Log Gumbel tiene los resultados excediendo de forma significativa al promedio de las demás distribuciones, coincidiendo con las pruebas de bondad de kolmogorov smirnov, siendo el más distante en las pruebas de bondad.

Estación Chilligua

Software Hidroesta, Para el análisis de esta estación se procedió a insertar los datos de precipitaciones en el software para su procesamiento.

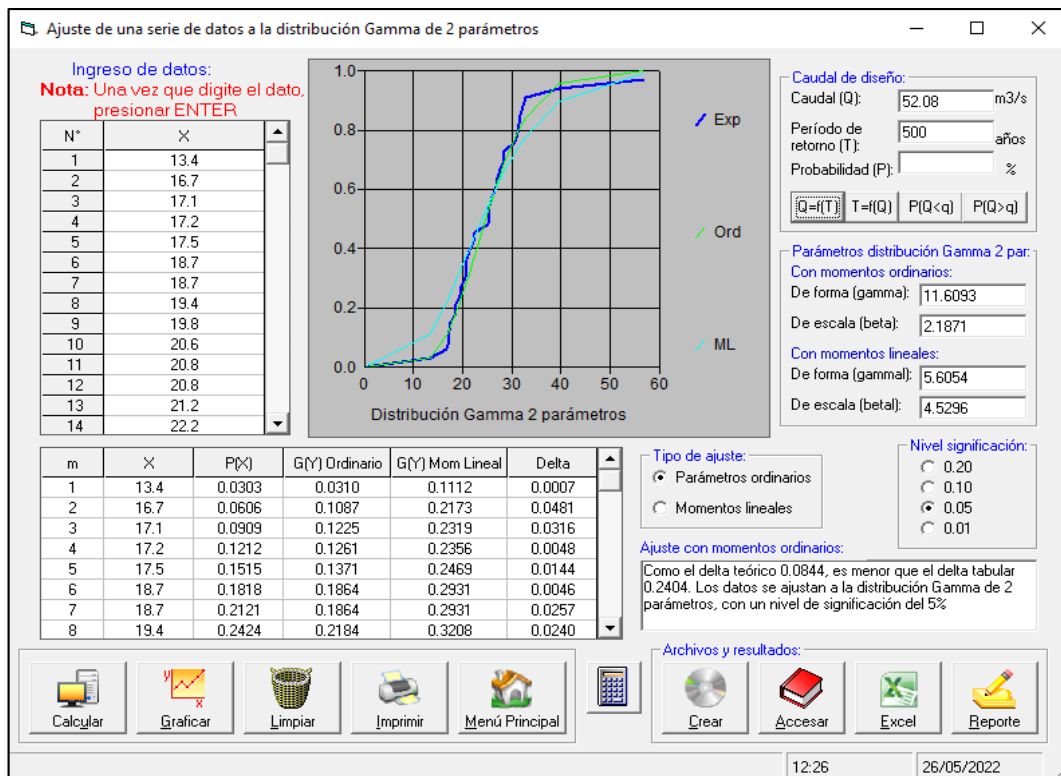


Figura 15: Software Hidroesta, en la que se introdujo los datos de las 4 estaciones de la cuenca del río llave.

En la figura 15 podemos ver los datos insertados en el software Hidroesta, en la que puede ver el gráfico de la distribución y el gráfico de la línea de tendencia para ver y comparar con los ajustes de bondad de kormogorov smirnov, mediante este software se obtuvo los resultados que se presentan de la siguiente manera:

Tabla 07: Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno, y cada distribución recomendada por el manual de hidrología del MTC, en la estación Chilligua en el software Hidroesta.

ESTACIÓN CHILLIGUA (resultados Hidroesta)							
P. retorno (años)	Normal	log normal 2P	Log normal 3P	Gamma 2P	Log Pearson Tipo III	Gumbel	Log Gumbel
T=5	32.35	31.09	30.81	31.36	30.76	31.34	30
T=10	36	35.36	35.4	35.28	35.81	36.19	35.6
T=20	39.01	39.33	39.83	38.76	40.94	40.83	41.95
T=40	41.61	43.13	44.21	41.94	46.27	45.39	49.28
T=50	42.39	44.32	45.62	42.92	48.03	46.84	51.88
T=100	44.65	48.00	50.03	45.84	53.71	51.35	60.84
T=200	46.71	51.64	54.49	48.61	59.7	55.84	71.29
T=500	49.21	56.41	60.51	52.08	68.12	61.76	87.89

Tabla 08: Pruebas de bondad del método de Kolmogorov smirnov del software Hidroesta, para la estación Chilligua

PRUEBAS DE BONDAD (Kolmogorov smirnov - Hidroesta) – Estación Chilligua	
Normal	0.0976
log normal 2P	0.0738
Log normal 3P	0.0844
Gamma 2P	0.0844
Log Pearson Tipo III	0.0991
Gumbel	0.0760
Log Gumbel	0.1345

Interpretación: Al realizar los cálculos correspondientes para las distribuciones recomendadas por el manual de hidrología del MTC, mostradas en la tabla 09 en la que podemos apreciar que la columna de la distribución Gamma de 3 parámetros no se ajustó la distribución por lo que el software no pudo procesar la información, asimismo tenemos que la distribución Log normal de 2 parámetros tiene el mejor ajuste por lo que consideramos estos resultados ya que las proyecciones de esta distribución son mayor probabilidad de ajustarse a eventos proyectados, de tal manera que seleccionamos esta columna para los próximos cálculos.

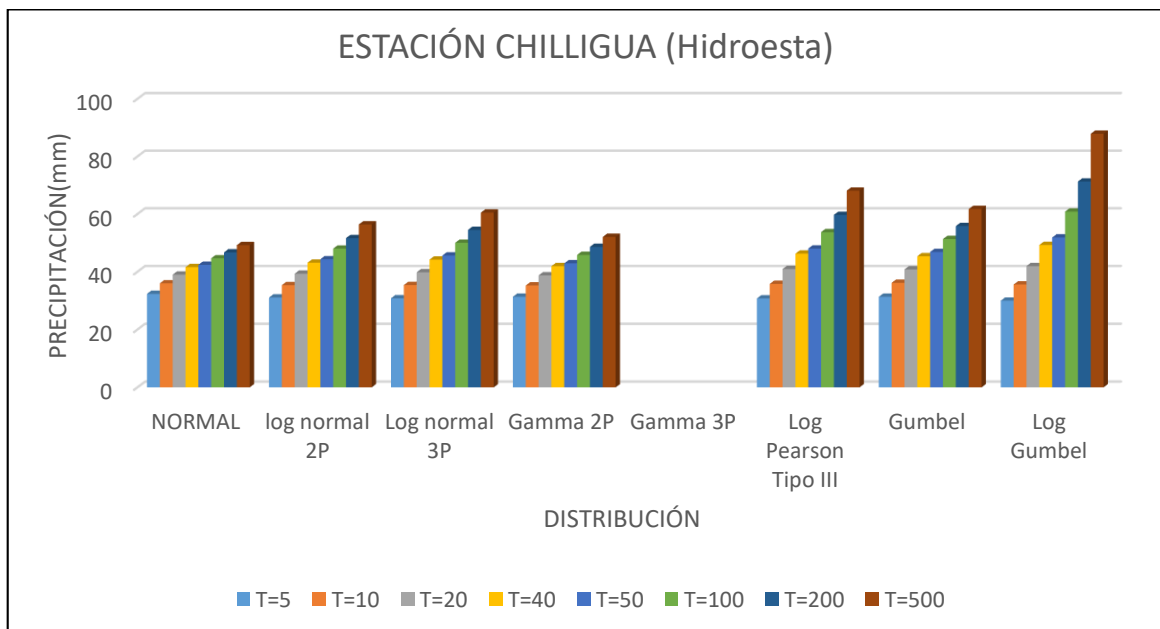


Figura 16: Gráfico de resultados obtenidos del software Hidroesta de la estación Chilligua.

Interpretación: En la figura 12 se puede apreciar las precipitaciones proyectadas en la estación Mazocruz usando las distribuciones recomendadas en el manual de hidrología del MTC, en la que vemos que todas las distribuciones para cada periodo de retorno los resultados son semejantes, sin embargo, la distribución Log Gumbel se excede del promedio general que presentan las demás distribuciones calculadas en el software Hidroesta 2, asimismo, se puede ver que los resultados de la distribución Gamma 3 parámetros son cero, ya que esta distribución no ajusta con los datos de esta estación, de todos los resultados la distribución normal tiene el ajuste más distante, lo cual muestra algo irónico con respecto a la distribución log gumbel que muestra resultados que superan el promedio de las demás distribuciones, mientras la distribución normal, es menor al promedio de las demás distribuciones.

Software Easyfit, para poder comparar estos resultados se procesó la información con este software, en la que se insertó la misma información de la estación Chilligua, como se muestra en las siguientes figuras.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	30.5								
2	32.1								
3	19.4								
4	17.2								
5	20.8								
6	22.2								
7	17.1								
8	16.7								
9	31.2								
10	25.2								
11	21.2								
12	18.7								
13	20.8								
14	18.7								
15	17.5								
16	13.4								
17	20.6								
18	25.5								
19	25.9								
20	22.4								
21	32.7								
22	28.5								
23	26.7								
24	27.5								
25	39.5								
26	28.5								
27	27.1								
28	31.4								
29	25.3								
30	31.6								
31	56.8								
32	19.8								

Figura 17: Software Easyfit, datos hidrométricos.

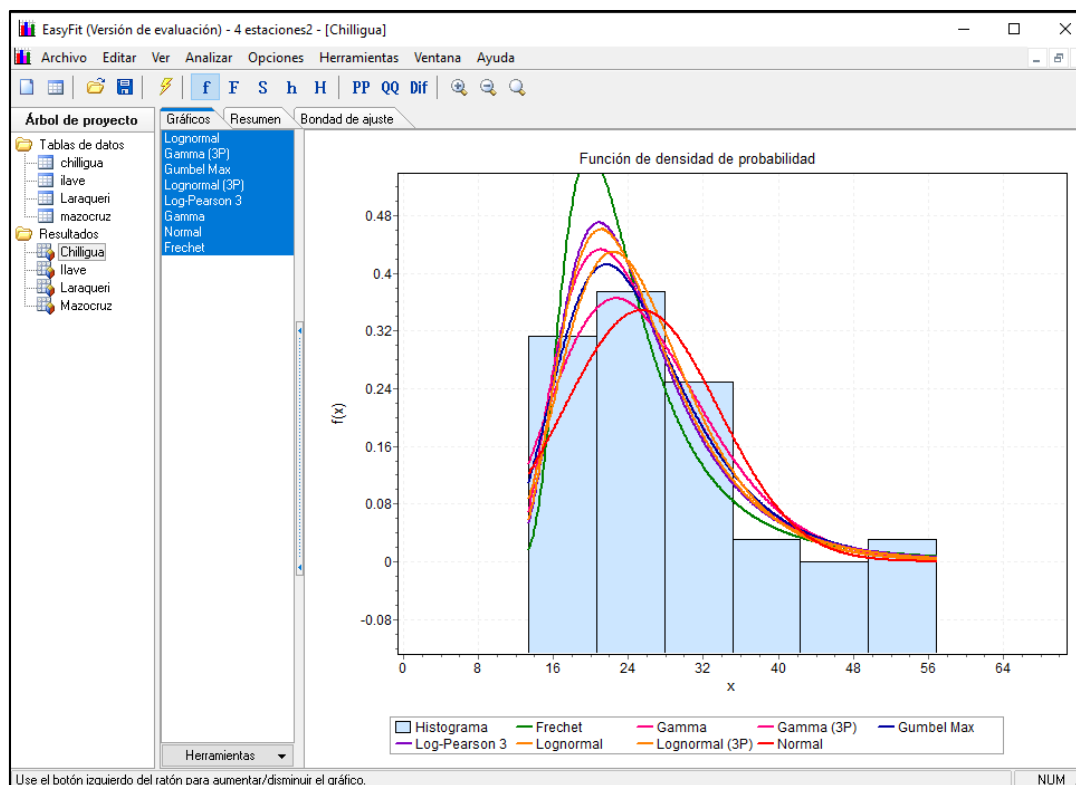


Figura 18: Software Easyfit, muestra de las distribuciones probabilísticas recomendadas por el manual de hidrología del MTC.

En las figuras 17 y 18 podemos ver la introducción de la información y gráficas de las distribuciones a partir de los datos pluviométricos de la **estación Chilligua** y cuyos resultados se muestran a continuación.

Tabla 09: Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno, y cada distribución recomendada por el manual de hidrología del MTC, en la estación Chilligua en el software Easyfit.

ESTACIÓN CHILLIGUA (Resultados Easyfit)								
P. Retorno	Normal	log normal 2P	Log normal 3P	Gamma 2P	Gamma 3P	Log Pearson Tipo III	Gumbel	Log Gumbel
T=5	32.356	30.969	30.793	31.967	31.151	30.757	31.345	29.533
T=10	35.997	35.151	35.591	36.405	35.805	35.814	36.187	35.117
T=20	39.003	39.026	40.305	40.356	40.138	40.949	40.832	41.463
T=40	41.611	42.732	45.04	43.998	44.266	46.279	45.388	48.801
T=50	42.387	43.902	46.579	45.12	45.562	48.049	46.844	51.41
T=100	44.643	47.486	51.424	48.487	49.509	53.746	51.349	60.398
T=200	46.708	51.022	56.389	51.703	53.356	59.782	55.838	70.917
T=500	49.21	55.662	63.171	55.775	58.325	68.355	61.76	87.647

Tabla 10: Pruebas de bondad del método de Kolmogorov smirnov del software Easyfit, para la estación Mazocruz

PRUEBAS DE BONDAD (Kolmogorov smirnov - Easyfit) – Estación Chilligua	
Normal	0.1261
log normal 2P	0.0889
Log normal 3P	0.1080
Gamma 2P	0.1171
Gamma 3P	0.0974
Log Pearson Tipo III	0.1152
Gumbel	0.1029
Log Gumbel	0.1729

Interpretación: Al realizar los cálculos correspondientes para las distribuciones recomendadas por el manual de hidrología del MTC, mostradas en la tabla 12 en la que podemos apreciar que la columna de la distribución log gumbel no se ajustó la distribución por lo que el software no pudo procesar la información, asimismo tenemos que la distribución Log normal de 3 parámetros tiene el mejor ajuste por lo que estos podrían ser considerados estos resultados ya que las proyecciones de esta distribución son mayor probabilidad de ajustarse a eventos proyectados, de tal manera que seleccionamos esta columna para los siguientes cálculos.

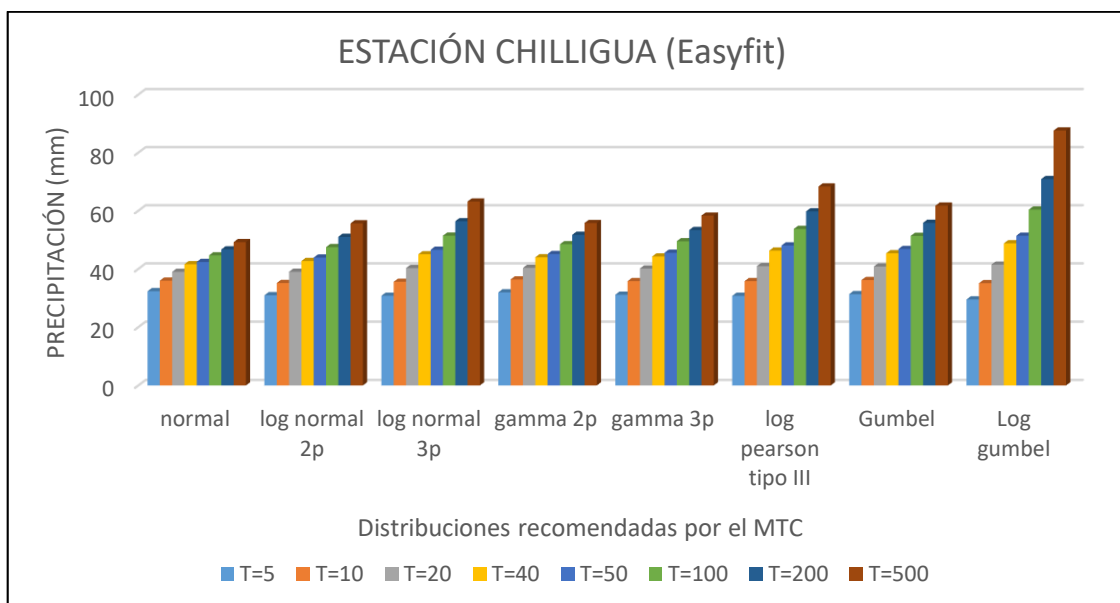


Figura 19: Gráfico de resultados obtenidos del software Hidroesta 2 de la estación Mazocruz.

Interpretación: En la figura 13 se puede apreciar las precipitaciones proyectadas en la estación Mazocruz usando las distribuciones recomendadas en el manual de hidrología del MTC, en la que vemos que todas las distribuciones para cada periodo de retorno los resultados son semejantes, sin embargo, la distribución Log Gumbel se excede del promedio general que presentan las demás distribuciones calculadas en el software Easyfit, asimismo, se puede ver que los resultados de las distribuciones calculadas en el último software mencionado a diferencia de Hidroesta todas las distribuciones pudieron ser procesadas, de todos los resultados la distribución normal tiene el ajuste más distante, se puede apreciar que la distribución log gumbel tiene los resultados excediendo de forma significativa al promedio de las demás distribuciones, coincidiendo con las pruebas de bondad de kolmogorov smirnov, siendo el más distante en las pruebas de bondad.

Estación Laraqueri

Software Hidroesta, Para el análisis de esta estación se procedió a insertar los datos de precipitaciones en el software para su procesamiento.

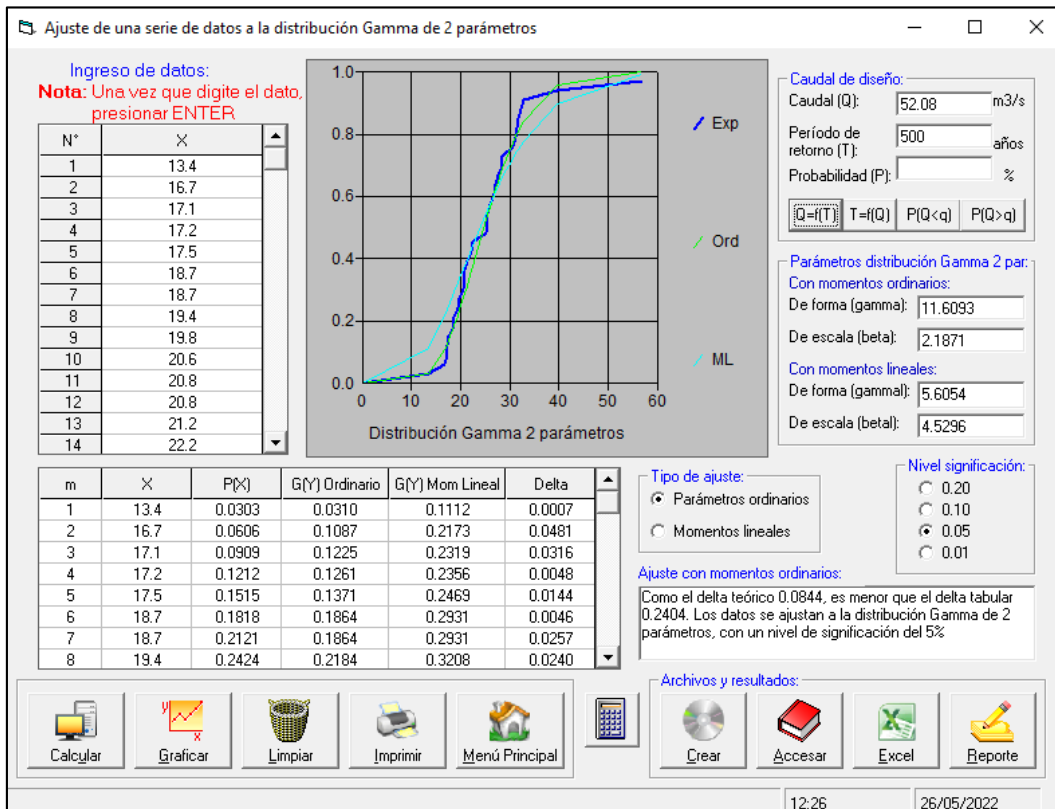


Figura 20: Software Hidroesta v2, en la que se introdujo los datos de las 4 estaciones de la cuenca del río llave.

En la figura 20 podemos ver los datos insertados en el software Hidroesta, en la que se puede ver el gráfico de la distribución y el gráfico de la línea de tendencia para ver y comparar con los ajustes de bondad de kormogorov smirnov, mediante este software se obtuvo los resultados que se presentan de la siguiente manera:

Tabla 11: Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno, y cada distribución recomendada por el manual de hidrología del MTC, en la estación Laraqueri en el software Hidroesta.

ESTACIÓN LARAQUERI (Hidroesta)							
P. retorno (años)	Normal	log normal 2P	Log normal 3P	Gamma 2P	Gamma 3P	Gumbel	Log Gumbel
T=5	43.17	42.5	42.34	42.58	42.86	41.98	41.1
T=10	47.44	47.95	47.69	47.47	47.83	47.66	48.25
T=20	50.97	52.97	52.61	51.78	52.18	53.11	56.27
T=40	54.02	57.75	57.29	55.71	56.14	58.45	65.44
T=50	54.93	59.25	58.76	56.91	57.35	60.15	68.67
T=100	57.58	63.85	63.26	60.5	60.95	65.44	79.72
T=200	60	68.37	67.68	63.9	64.35	70.7	92.49
T=500	62.93	74.27	73.44	68.14	68.58	77.64	112.53

Tabla 12: Pruebas de bondad del método de Kolmogorov smirnov del software Hidroesta 2, para la estación Laraqueri

PRUEBAS DE BONDAD (Kolmogorov smirnov) – Estación Laraqueri	
Normal	0.1370
log normal 2P	0.1178
Log normal 3P	0.0122
Gamma 2P	0.1217
Gamma 3P	0.1144
Gumbel	0.1294
Log Gumbel	0.1329

Interpretación: Al realizar los cálculos correspondientes para las distribuciones recomendadas por el manual de hidrología del MTC, mostradas en la tabla 17 en la que podemos apreciar que la columna de la distribución Log Pearson tipo III no se ajustó la distribución por lo que el software no pudo procesar la información, asimismo tenemos que la distribución Log normal de 3 parámetros tiene el mejor ajuste por lo que consideramos estos resultados ya que las proyecciones de esta distribución son mayor probabilidad de ajustarse a eventos

proyectados, de tal manera que seleccionamos esta columna para los próximos cálculos.

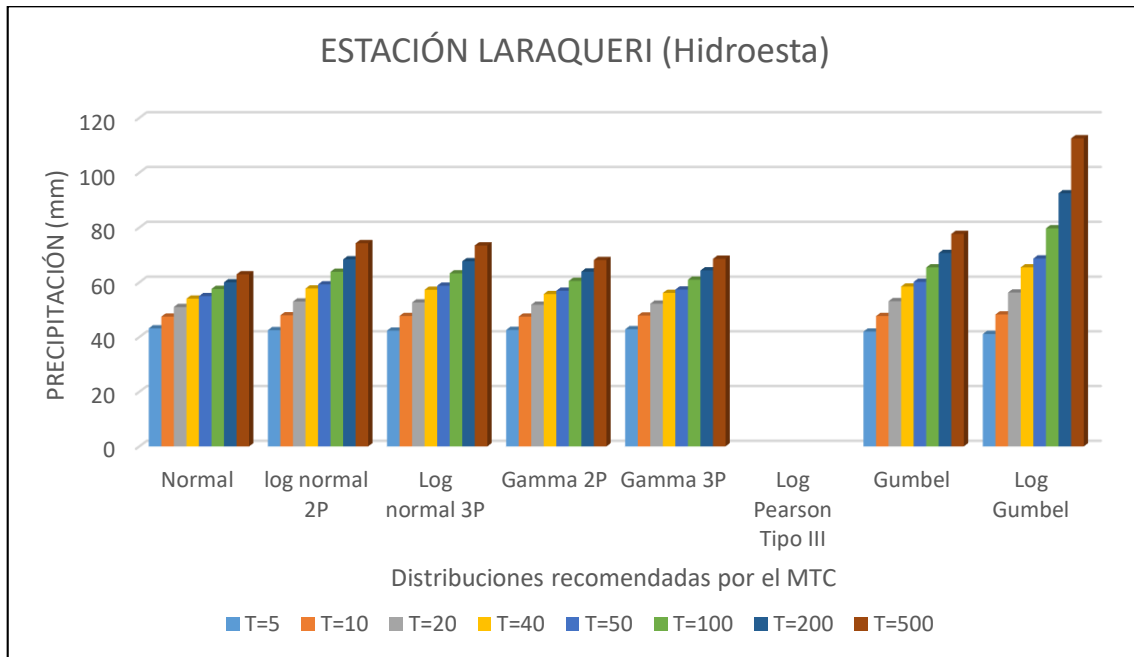


Figura 21: Gráfico de resultados obtenidos del software Hidroesta 2 de la estación Laraqueri.

Interpretación: En la figura 21 se puede apreciar las precipitaciones proyectadas en la estación Laraqueri usando las distribuciones recomendadas en el manual de hidrología del MTC, en la que vemos que todas las distribuciones para cada periodo de retorno los resultados son semejantes, sin embargo, la distribución Log Gumbel se excede del promedio general que presentan las demás distribuciones calculadas en el software Hidroesta, asimismo, se puede ver que los resultados de la distribución Log Pearson Tipo III son cero, ya que esta distribución no ajusta con los datos de esta estación, de todos los resultados la distribución normal tiene el ajuste más distante, lo cual muestra algo irónico con respecto a la distribución log gumbel que muestra resultados que superan el promedio de las demás distribuciones, mientras la distribución normal, es menor al promedio de las demás distribuciones.

Software Easyfit, para poder comparar estos resultados se procesó la información con este software, en la que se insertó la misma información de la **estación Laraqueri,** como se muestra en las siguientes figuras.

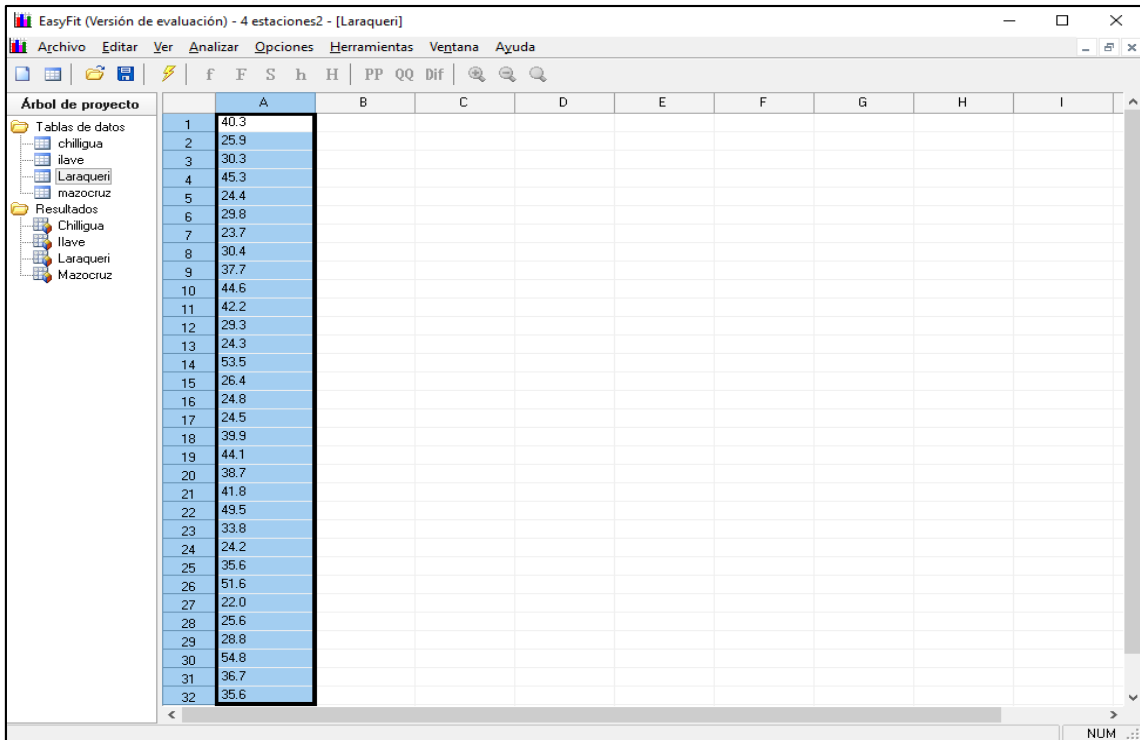


Figura 22: Software Easyfit, datos hidrométricos.

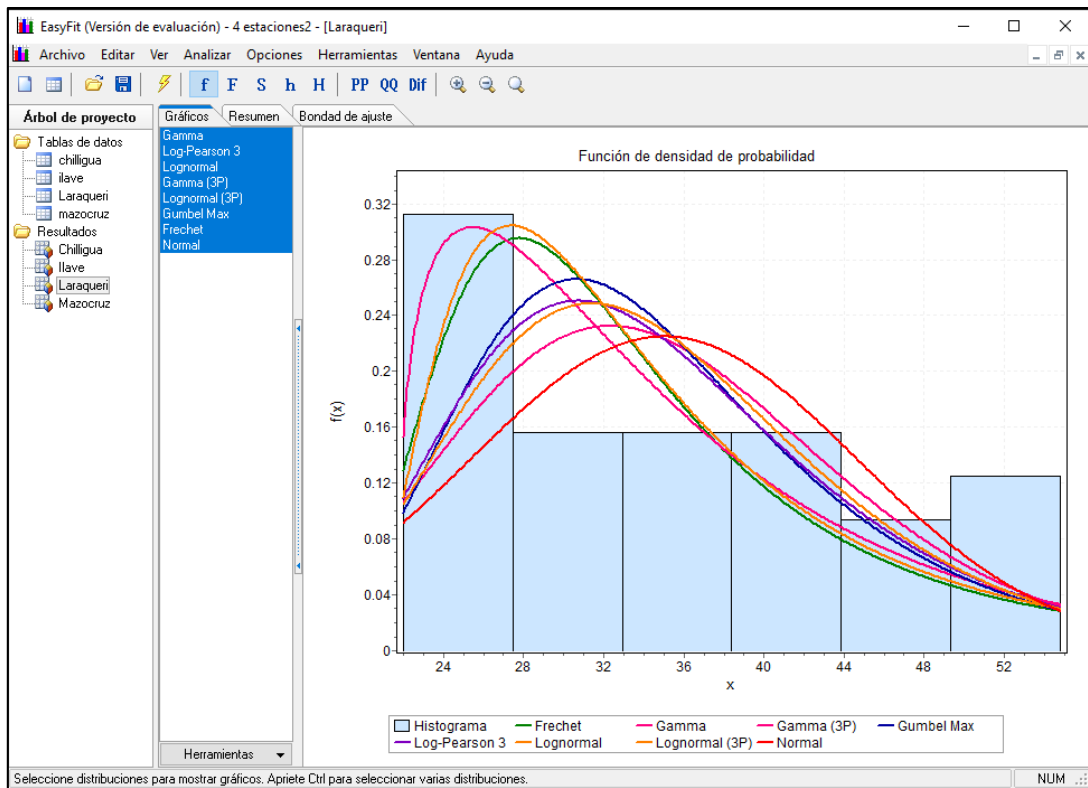


Figura 23: Software Easyfit, muestra de las distribuciones probabilísticas recomendadas por el manual de hidrología del MTC.

En las figuras 22 y 23 podemos ver la introducción de la información y gráficas de las distribuciones a partir de los datos pluviométricos de la **estación Laraqueri** y cuyos resultados se muestran a continuación.

Tabla 13: Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno, y cada distribución recomendada por el manual de hidrología del MTC, en la estación Mazocruz en el software Easyfit.

ESTACIÓN LARAQUERI (Resultados Easyfit)								
P. Retorno	Normal	log normal 2P	Log normal 3P	Gamma 2P	Gamma 3P	Log Pearson Tipo III	Gumbel	Log Gumbel
T=5	43.169	42.346	42.046	42.8	42.429	42.405	41.983	41.836
T=10	47.437	47.682	49.876	47.87	49.903	48.146	47.66	50.07
T=20	50.962	52.591	58.271	52.339	57.201	53.579	53.106	59.488
T=40	54.019	57.256	67.352	56.426	64.385	58.876	58.447	70.444
T=50	54.929	58.723	70.435	57.681	66.68	60.567	60.154	74.355
T=100	57.574	63.204	80.549	61.428	73.764	65.814	65.436	87.885
T=200	59.995	67.604	91.522	64.991	80.795	71.079	70.699	103.81
T=500	62.928	73.348	107.45	69.479	90.026	78.123	77.642	129.33

Tabla 14: Pruebas de bondad del método de Kolmogorov smirnov del software Easyfit, para la estación Laraqueri

PRUEBAS DE BONDAD (Kolmogorov smirnov) – Estación Laraqueri	
Normal	0.1512
log normal 2P	0.1311
Log normal 3P	0.1374
Gamma 2P	0.1254
Gamma 3P	0.1322
Log Pearson Tipo III	0.1262
Gumbel	0.1389
Log Gumbel	0.1454

Interpretación: Al realizar los cálculos correspondientes para las distribuciones recomendadas por el manual de hidrología del MTC, mostradas en la tabla 19 en la que podemos apreciar los valores de precipitaciones máximas con las diferentes distribuciones estadísticas, así como para cada periodo de retorno, asimismo tenemos que la distribución Gamma de 2 parámetros tiene el mejor ajuste por tener el menor valor obtenido en las pruebas de bondad de ajuste.

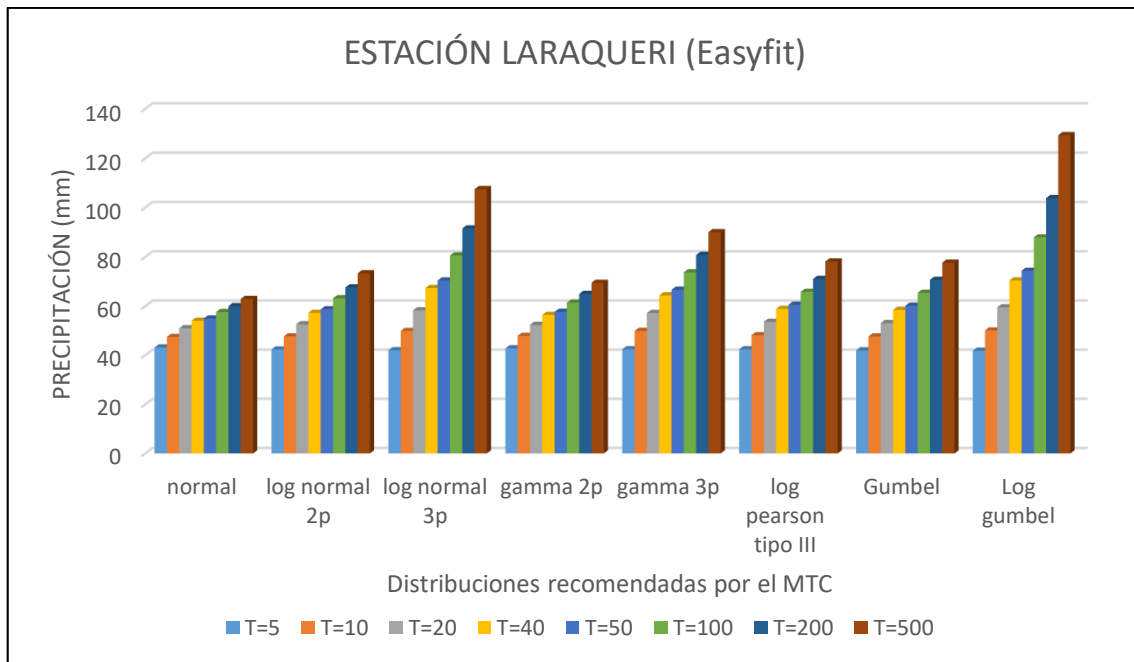


Figura 24: Gráfico de resultados obtenidos del software Hidroesta 2 de la estación Laraqueri.

Interpretación: En la figura 24 se puede apreciar las precipitaciones proyectadas en la estación Laraqueri usando las distribuciones recomendadas en el manual de hidrología del MTC, en la que vemos que todas las distribuciones para cada periodo de retorno los resultados son semejantes, sin embargo, la distribución Log Gumbel se excede del promedio general que presentan las demás distribuciones calculadas en el software Easyfit, asimismo, se puede ver que los resultados de las distribuciones calculadas en el último software mencionado a diferencia de Hidroesta todas las distribuciones pudieron ser procesadas, de todos los resultados la distribución normal tiene el ajuste más distante, se puede apreciar que la distribución Log Gumbel tiene los resultados excediendo de forma significativa al promedio de las demás distribuciones, coincidiendo con las pruebas de bondad de kolmogorov smirnov, siendo el más distante en las pruebas de bondad.

Estación llave

Software Hidroesta, Para el análisis de esta estación se procedió a insertar los datos de precipitaciones en el software para su procesamiento.

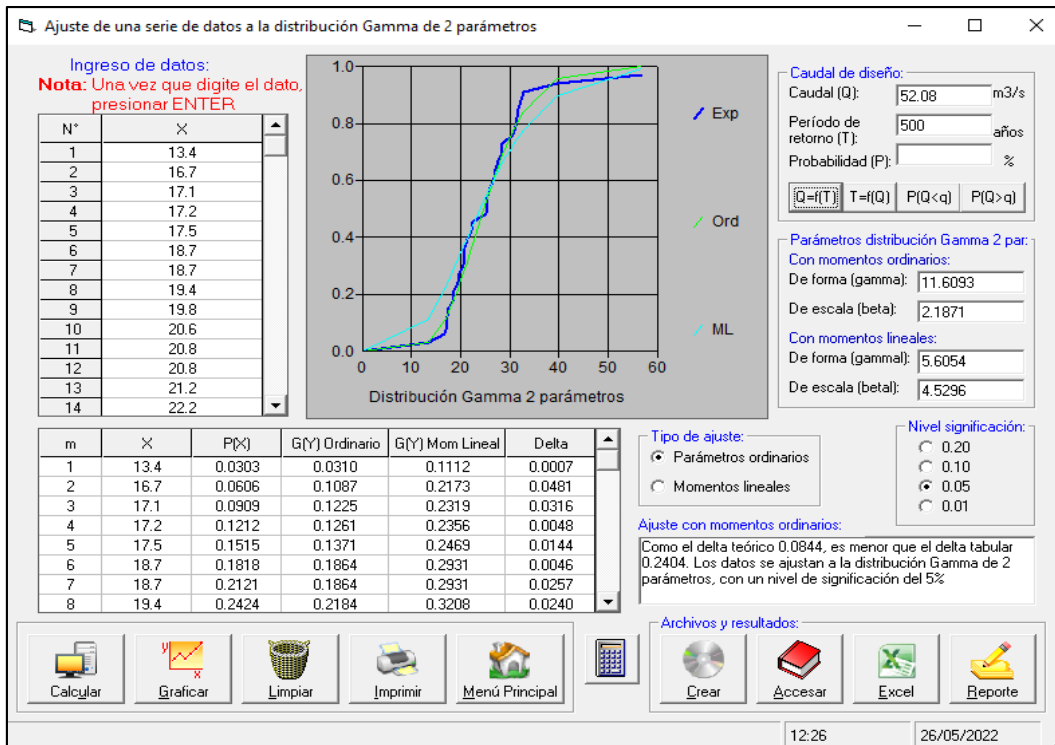


Figura 25: Software Hidroesta v2, en la que se introdujo los datos de las 4 estaciones de la cuenca del rio llave.

En la figura 25 podemos ver los datos insertados en el software Hidroesta, en la que se puede ver el gráfico de la distribución y el gráfico de la línea de tendencia para ver y comparar con los ajustes de bondad de kormogorov smirnov, mediante este software se obtuvo los resultados que se presentan de la siguiente manera:

Tabla 15: Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno, y cada distribución recomendada por el manual de hidrología del MTC, en la estación llave en el software Hidroesta.

ESTACIÓN ILAVE (Resultados Hidroesta)								
P. retorno (años)	Normal	log normal 2P	Log normal 3P	Gamma 2P	Gamma 3P	Log Pearson Tipo III	Gumbel	Log Gumbel
T=5	36.2	35.9	35.73	35.91	35.95	35.82	35.49	35.11
T=10	38.77	38.9	39	38.7	39.05	39.05	38.91	39.07
T=20	40.9	41.57	42.03	41.11	41.81	42.02	42.18	43.28
T=40	42.74	44.04	44.91	43.27	44.34	44.83	45.4	47.86
T=50	43.28	44.8	45.82	43.93	45.12	45.72	46.42	49.42
T=100	44.87	47.08	48.61	45.87	47.45	48.43	49.6	54.59
T=200	46.33	49.28	51.35	47.69	49.67	51.08	52.77	60.27
T=500	48.09	52.07	54.95	49.94	52.45	54.52	56.94	68.68

Tabla 16: Pruebas de bondad del método de Kolmogorov smirnov del software Hidroesta, para la estación llave

PRUEBAS DE BONDAD (Kolmogorov smirnov) – Estación llave	
Normal	0.1185
log normal 2P	0.0917
Log normal 3P	0.0744
Gamma 2P	0.1031
Gamma 3P	0.0834
Log Pearson Tipo III	0.0789
Gumbel	0.0685
Log Gumbel	0.0777

Interpretación: Al realizar los cálculos correspondientes para las distribuciones recomendadas por el manual de hidrología del MTC, mostradas en la tabla 09 en la que podemos apreciar que a diferencia de las estaciones anteriores los datos si cumplen con los ajustes de bondad de kolmogorov smirnov por lo que están completos, asimismo tenemos que la distribución Gumbel tiene el mejor ajuste por lo que consideramos estos resultados ya que las proyecciones de esta distribución son mayor probabilidad de ajustarse a eventos proyectados, de tal manera que seleccionamos esta columna para los próximos cálculos.

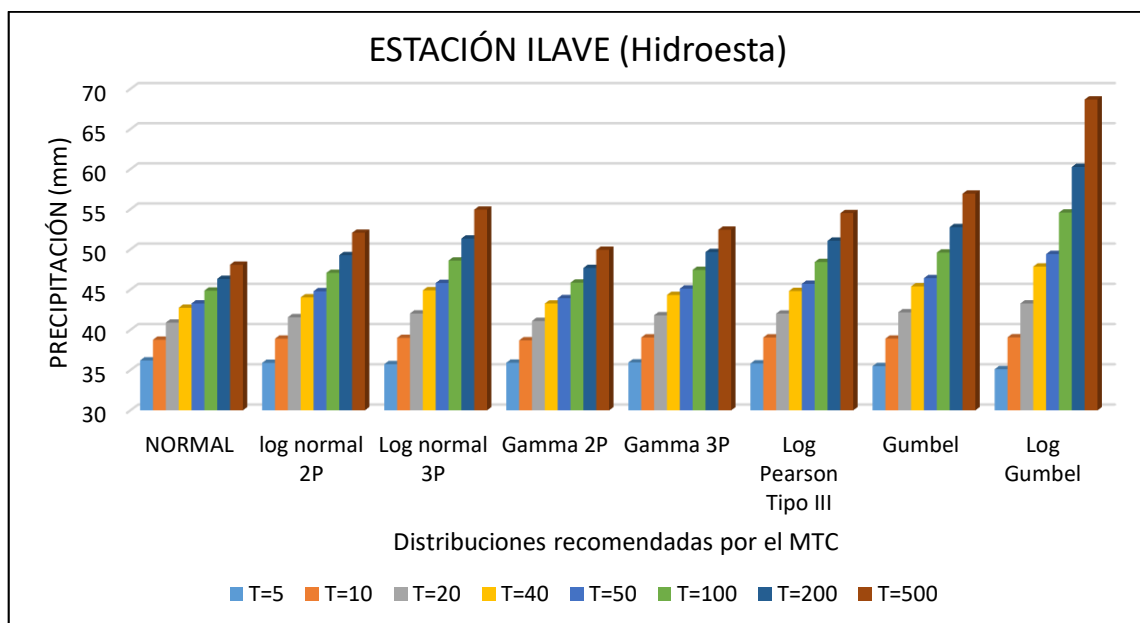


Figura 26: Gráfico de resultados obtenidos del software Hidroesta de la estación llave.

Interpretación: En la figura 12 se puede apreciar las precipitaciones proyectadas en la estación llave usando las distribuciones recomendadas en el manual de hidrología del MTC, en la que vemos que todas las distribuciones para cada periodo de retorno los resultados son semejantes, sin embargo, la distribución Log Gumbel se excede del promedio general que presentan las demás distribuciones calculadas en el software Hidroesta, asimismo, se puede ver que los resultados de ninguna distribución son cero, ya que todas las distribuciones ajustan con los datos de esta estación, de todos los resultados la distribución normal tiene el ajuste más distante, lo cual muestra algo irónico con respecto a la distribución Log Gumbel que muestra resultados que superan el promedio de las demás distribuciones, mientras la distribución normal, es menor al promedio de las demás distribuciones.

Software Easyfit, para poder comparar estos resultados se procesó la información con este software, en la que se insertó la misma información de la **estación llave**, como se muestra en las siguientes figuras.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	33.0								
2	41.0								
3	30.1								
4	26.5								
5	34.6								
6	28.7								
7	32.7								
8	25.9								
9	29.0								
10	37.0								
11	40.2								
12	29.0								
13	26.2								
14	39.5								
15	32.2								
16	25.8								
17	30.7								
18	28.8								
19	30.4								
20	24.0								
21	28.2								
22	36.9								
23	21.0								
24	39.7								
25	27.6								
26	36.2								
27	33.2								
28	26.1								
29	28.7								
30	23.2								
31	46.0								
32	29.3								

Figura 27: introducción de datos de precipitación al Software Easyfit.

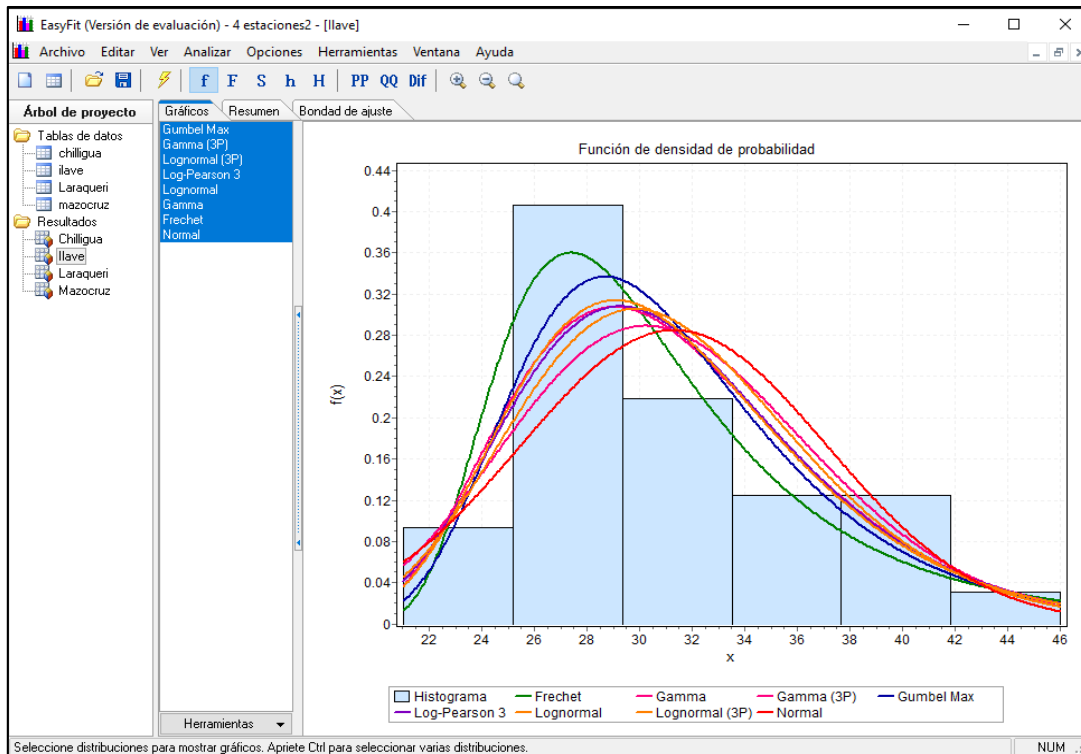


Figura 28: Software Easyfit, muestra de las distribuciones probabilísticas recomendadas por el manual de hidrología del MTC.

En las figuras 27 y 28 podemos ver la introducción de la información y gráficas de las distribuciones a partir de los datos pluviométricos de la estación **Ilave** y cuyos resultados se muestran a continuación.

Tabla 17: Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno, y cada distribución recomendada por el manual de hidrología del MTC, en la estación Ilave en el software Easyfit.

ESTACIÓN ILAVE (Resultados Easyfit)								
P. Retorno	Normal	log normal 2P	Log normal 3P	Gamma 2P	Gamma 3P	Log Pearson Tipo III	Gumbel	Log Gumbel
T=5	36.206	35.814	35.735	36.07	35.819	35.822	35.493	35.245
T=10	38.773	38.76	38.982	38.968	39.033	39.051	38.908	39.56
T=20	40.894	41.375	41.977	41.472	41.932	42.018	42.183	44.194
T=40	42.733	43.786	44.83	43.727	44.63	44.839	45.396	49.267
T=50	43.28	44.53	45.729	44.413	45.467	45.726	46.423	51.008
T=100	44.871	46.766	48.475	46.446	47.987	48.44	49.6	56.795
T=200	46.327	48.91	51.177	48.36	50.411	51.11	52.766	63.213
T=500	48.092	51.641	54.711	50.745	53.5	54.606	56.943	72.803

Tabla 18: Pruebas de bondad del método de Kolmogorov smirnov del software Easyfit, para la estación llave

PRUEBAS DE BONDAD (Kolmogorov smirnov) – Estación llave	
Normal	0.1343
log normal 2P	0.1085
Log normal 3P	0.0908
Gamma 2P	0.1128
Gamma 3P	0.0902
Log Pearson Tipo III	0.0941
Gumbel	0.0811
Log Gumbel	0.1159

Interpretación: Al realizar los cálculos correspondientes para las distribuciones recomendadas por el manual de hidrología del MTC, mostradas en la tabla 12 en la que podemos apreciar que la columna de la distribución log gumbel no se ajustó la distribución por lo que el software no pudo procesar la información, asimismo tenemos que la distribución Gumbel parámetros tiene el mejor ajuste por lo que estos podrían ser considerados estos resultados ya que las proyecciones de esta distribución son mayor probabilidad de ajustarse a eventos proyectados, de tal manera que seleccionamos esta columna para los próximos cálculos.

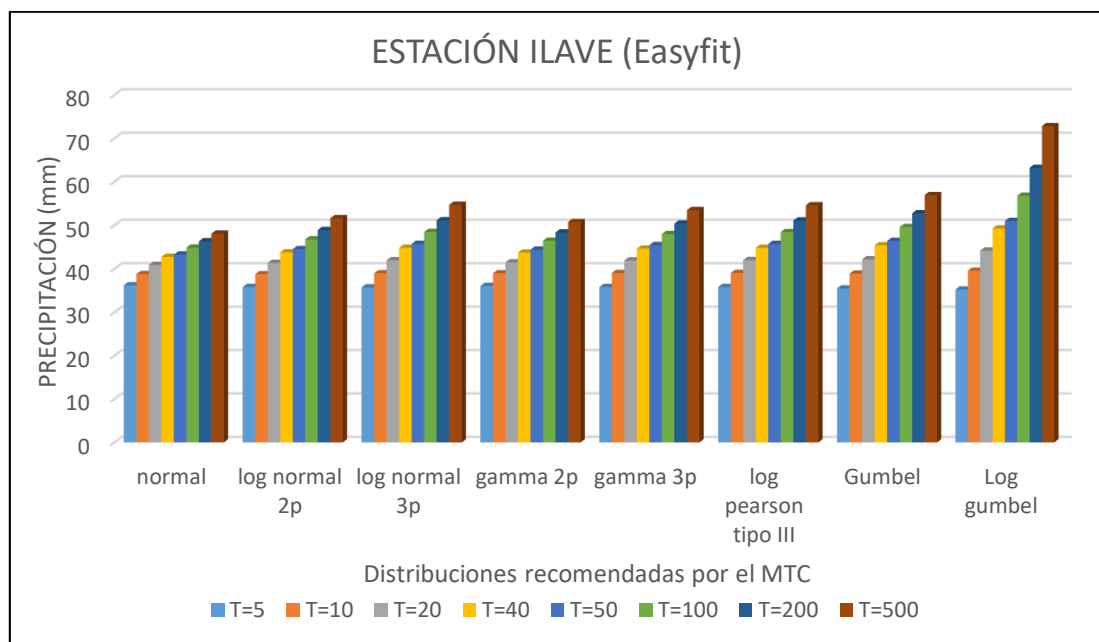


Figura 29: Gráfico de resultados obtenidos del software Hidroesta 2 de la estación llave.

Interpretación: En la figura 13 se puede apreciar las precipitaciones proyectadas en la estación llave usando las distribuciones recomendadas en el manual de hidrología del MTC, en la que vemos que todas las distribuciones para cada periodo de retorno los resultados son semejantes, sin embargo, la distribución Log Gumbel se excede del promedio general que presentan las demás distribuciones calculadas en el software Easyfit, asimismo, se puede ver que los resultados de las distribuciones calculadas en el último software mencionado a diferencia de Hidroesta todas las distribuciones pudieron ser procesadas, de todos los resultados la distribución normal tiene el ajuste más distante, se puede apreciar que la distribución log gumbel tiene los resultados excediendo de forma significativa al promedio de las demás distribuciones, coincidiendo con las pruebas de bondad de kolmogorov smirnov, siendo el más distante en las pruebas de bondad.

Objetivo específico 2.

Determinar los máximos caudales de diseño aplicando el método hidrológico

Método SCS

Los resultados obtenidos en cada estación de la cuenca del rio llave, siendo las distribuciones utilizadas en cada estación y usando dos diferentes softwares, se puede apreciar que los resultados son similares, siendo los márgenes de diferencia relativamente pequeños, para el presente trabajo de investigación se usará los resultados obtenidos en el software **HIDROESTA**, ya que a diferencia del software Easyfit, este software está diseñado por ingenieros hidráulicos e hidrológicos y para diseños y modelamientos hidrológicos, asimismo, este software es recomendado por los ingenieros especialistas en el rubro hidráulico de la ingeniería civil, en consecuencia, asumimos como mejores resultados para el presente trabajo y el cálculo de los caudales máximos de la cuenca que se realiza usando el software HEC-HMS, mediante el uso de curvas IDF (Intensidad Duración y Frecuencia) obtenidos por el estudio IILA-SENAMHI-UNI 1983, y modificándolos con los resultados obtenidos, este procedimiento es conocido como normalización de las curvas IDF, haciendo uso de algunos datos requeridos de la cuenca del rio llave, luego de todo este procedimiento se obtendrá los caudales pico o máximos de escurrimiento o caudal de las subcuencas que caerá en el cauce principal de la cuenca que luego descenderá

al río llave para luego desembocar en el lago Titicaca, obteniéndose los siguientes resultados:

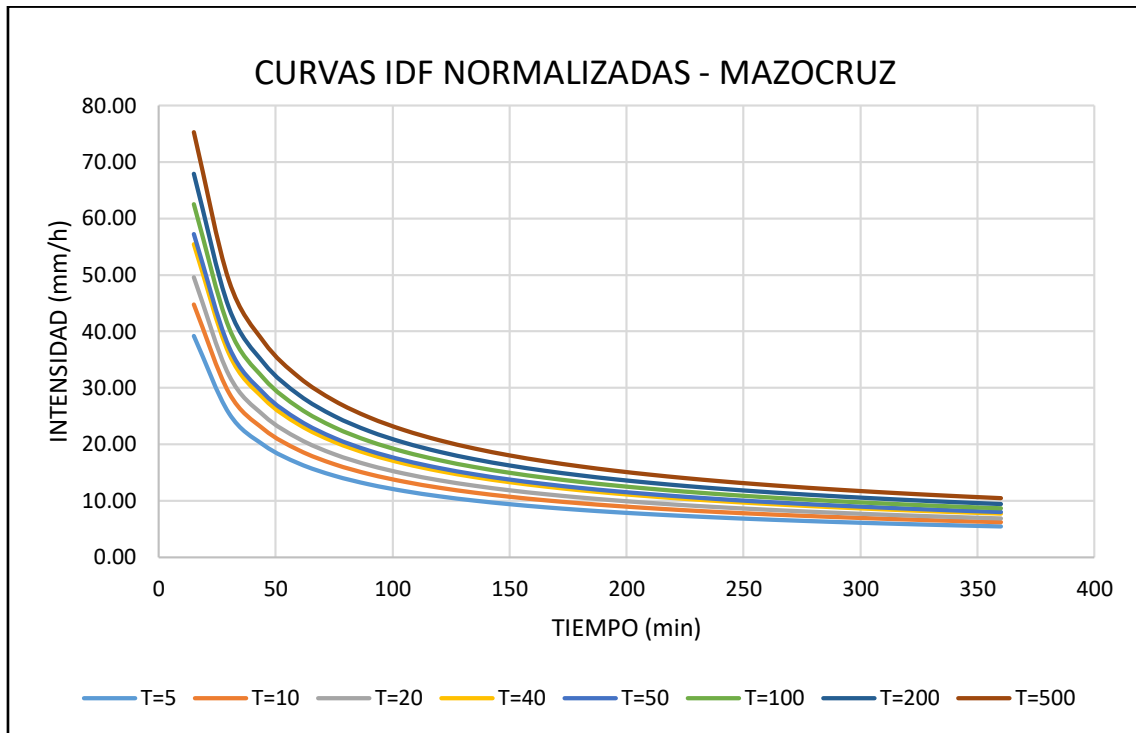


Figura 30: Curvas IDF modificadas con precipitaciones máximas de Mazocruz.

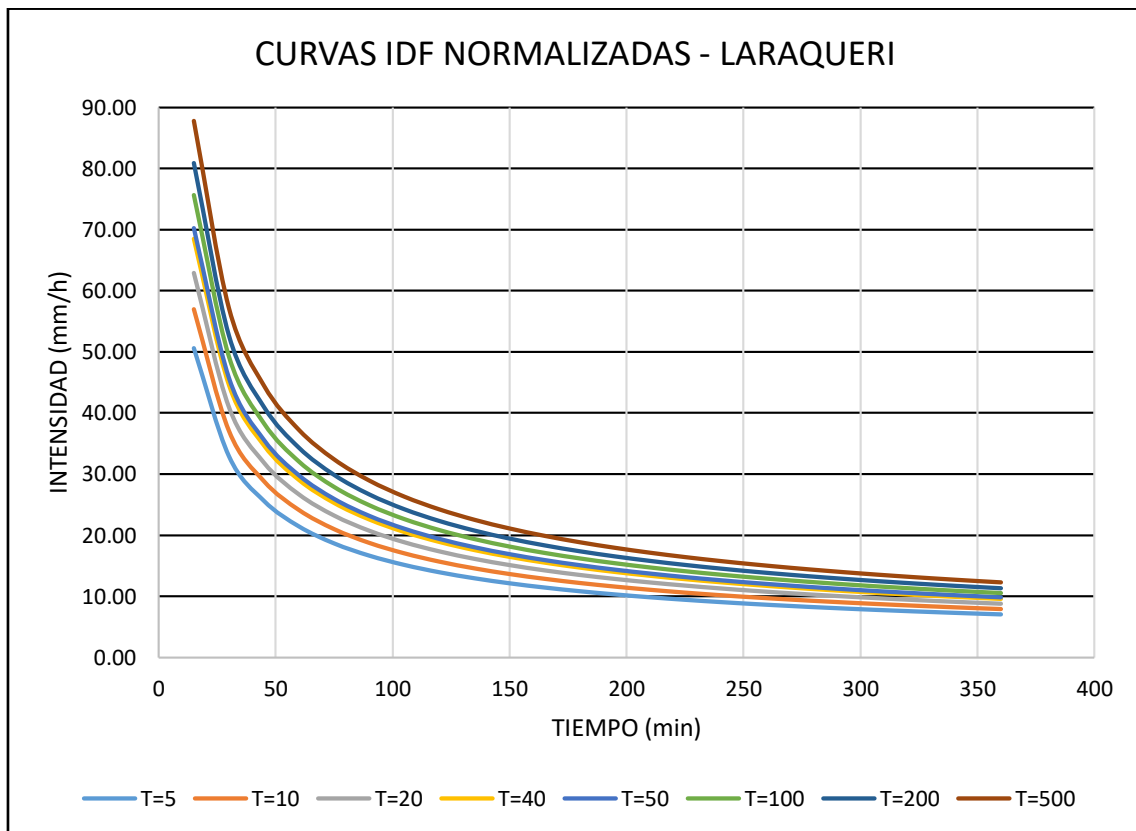


Figura 31: Curvas IDF modificadas con precipitaciones máximas de Laraqueri.

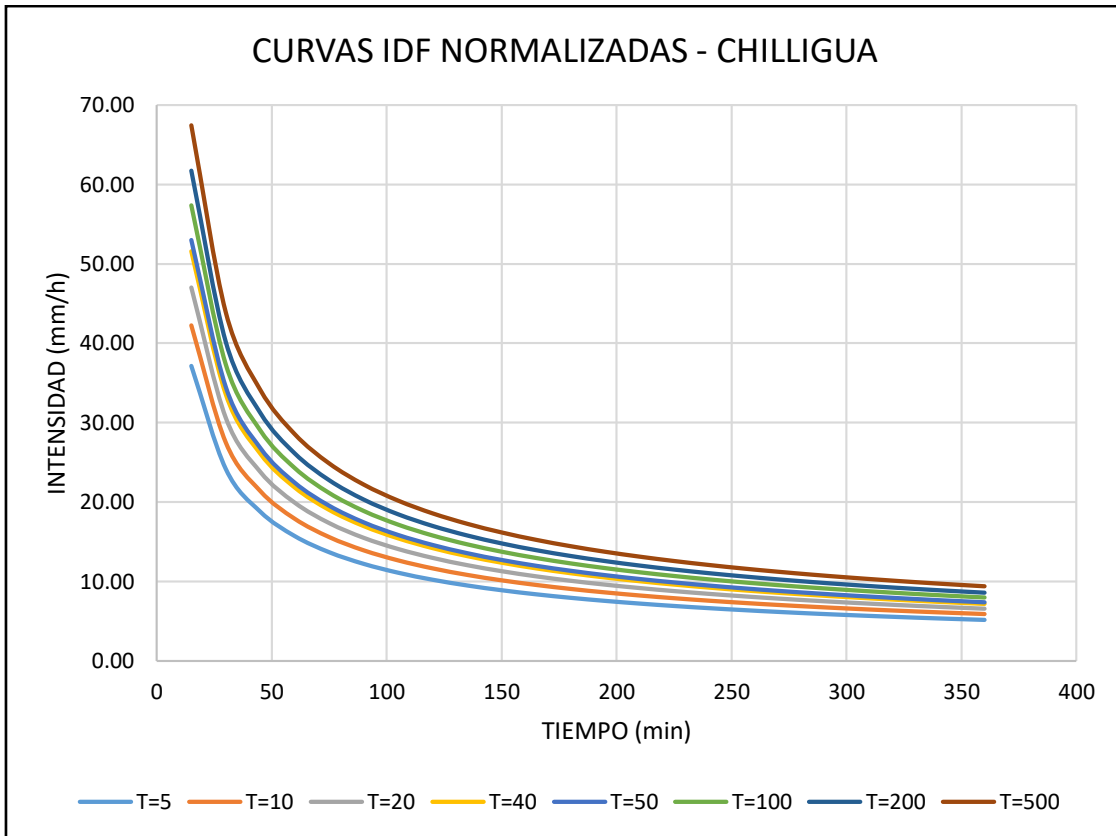


Figura 32: Curvas IDF modificadas con precipitaciones máximas de Chilligua.

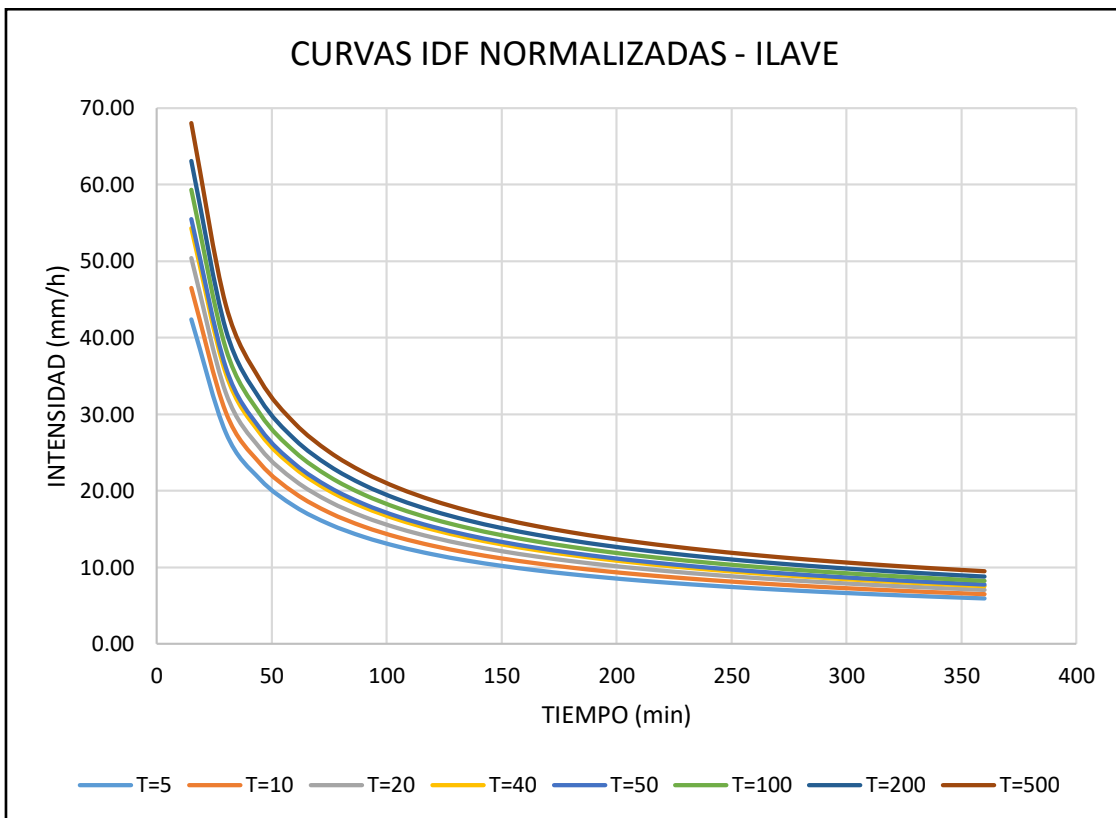


Figura 33: Curvas IDF modificadas con precipitaciones máximas de Ilave.

Interpretación: Las figuras 30, 31, 32 y 33 se muestra las curvas de Intensidad Duración y Frecuencia (IDF) modificadas a partir de las curvas IDF de la zona 123₆ correspondiente a la zona del altiplano, estas curvas se modificaron a razón de las precipitaciones obtenidas con los métodos estadísticos en cada estación meteorológica ya mencionada anteriormente, y que muestra el desarrollo de hidrogramas de una tormenta de diseño para cada periodo de retorno.

Los hietogramas unitarios resultan de la tormenta de diseño de 6 horas de duración con la ayuda de las curvas IDF calculadas anteriormente, estos hietogramas son necesarios para poder diseñar los hidrogramas unitarios que se generan en el software HEC-HMS, este hietograma es diseñado para cada estación ya que cada lugar contempla un flujo diferente respecto a las lluvias ocurridas en dichas zonas, por lo que cada hietograma será diferente contemplándose de la siguiente manera:

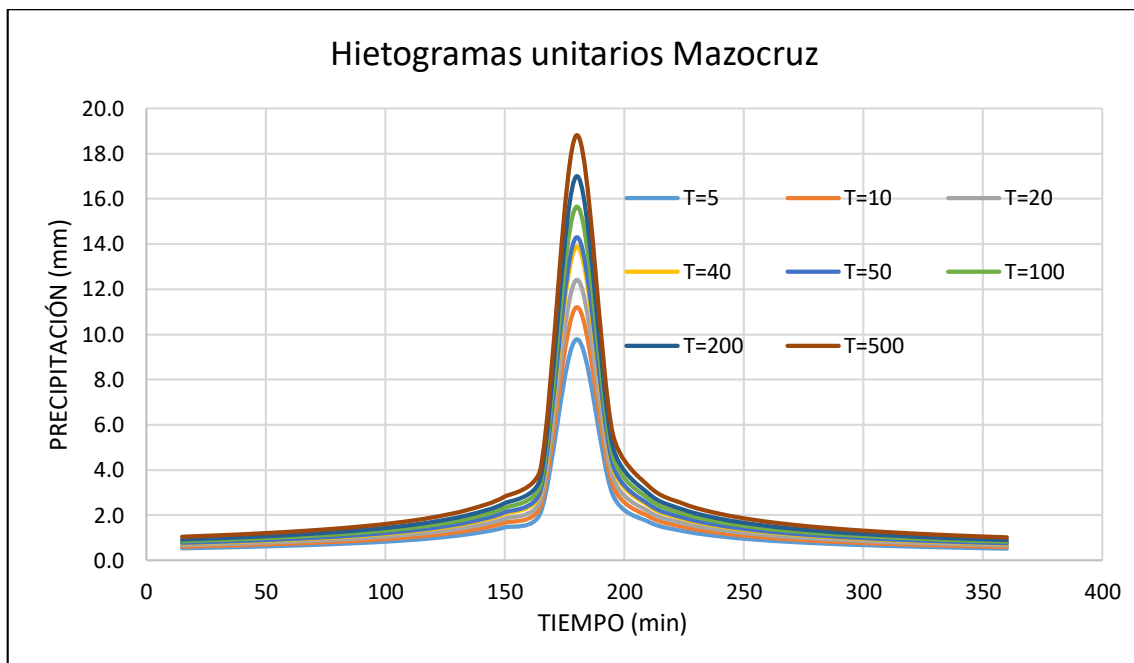


Figura 34: Hietogramas unitarios obtenido de la tormenta de diseño a partir de las curvas IDF para 6 horas de duración estación mazocruz

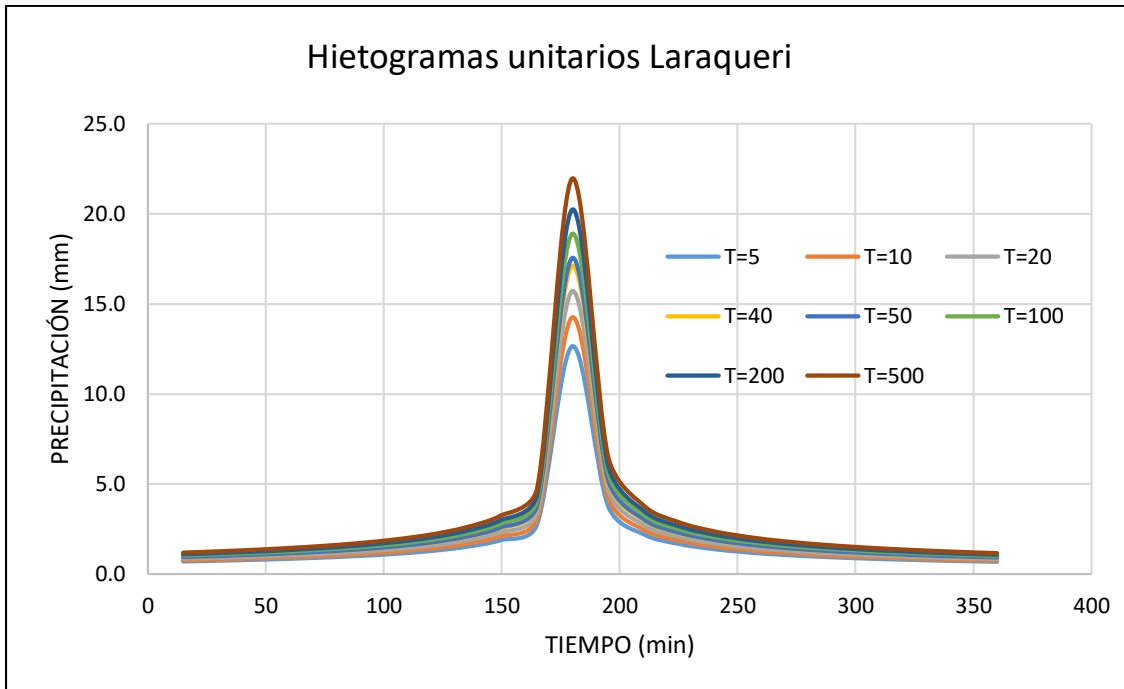


Figura 35: Hietogramas unitarios obtenido de la tormenta de diseño a partir de las curvas IDF para 6 horas de duración estación mazocruz

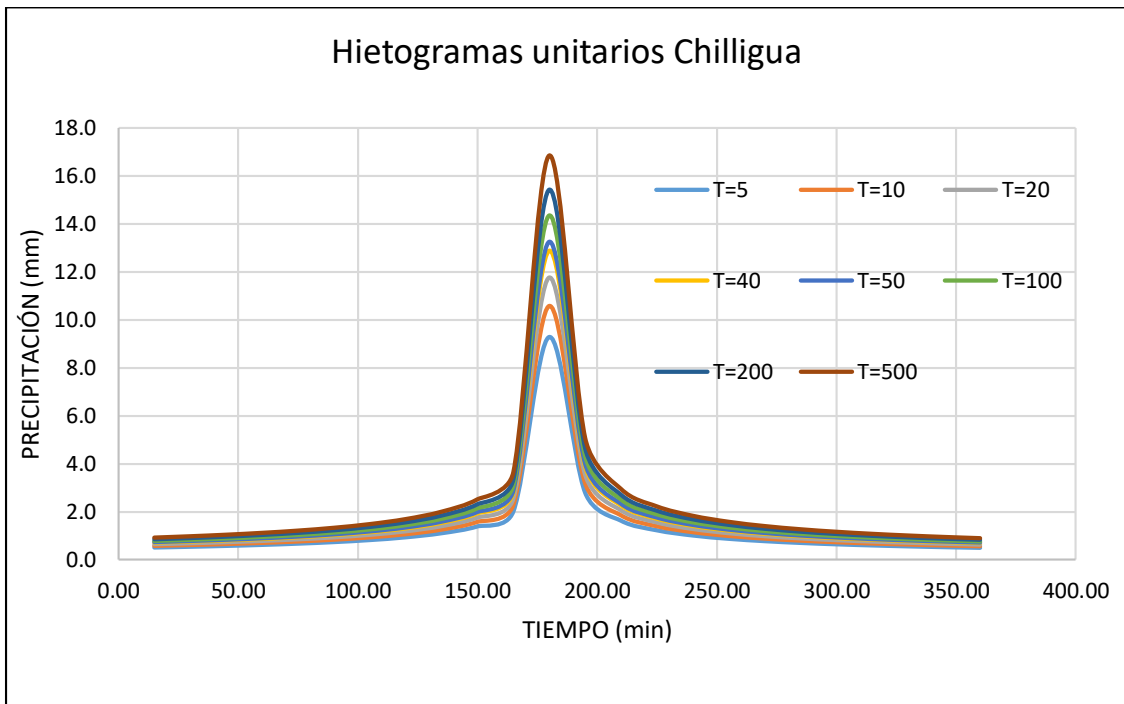


Figura 36: Hietogramas unitarios obtenido de la tormenta de diseño a partir de las curvas IDF para 6 horas de duración estación Chilligua

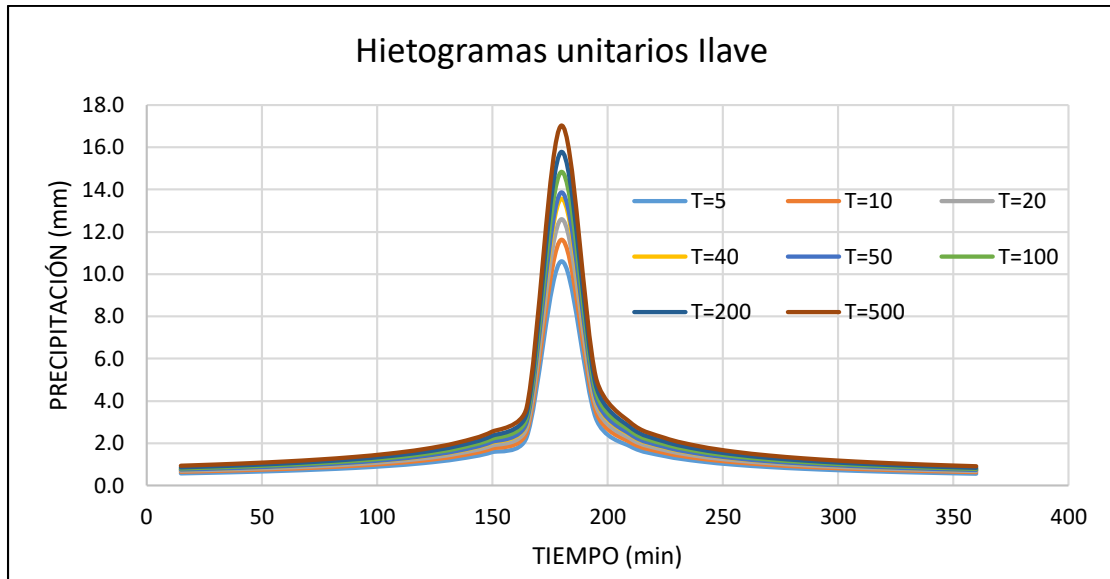


Figura 37: Hietogramas unitarios obtenido de la tormenta de diseño a partir de las curvas IDF para 6 horas de duración estación llave

Software HEC – HMS

Este software nos ayuda a procesar los datos meteorológicos como el hietograma unitario, así como los datos geomorfológicos de la cuenca que se insertan a este software para poder obtener los hidrogramas unitarios mediante el método SCS, para poder tomar los caudales pico generados por las 4 estaciones de esta cuenca del río llave.

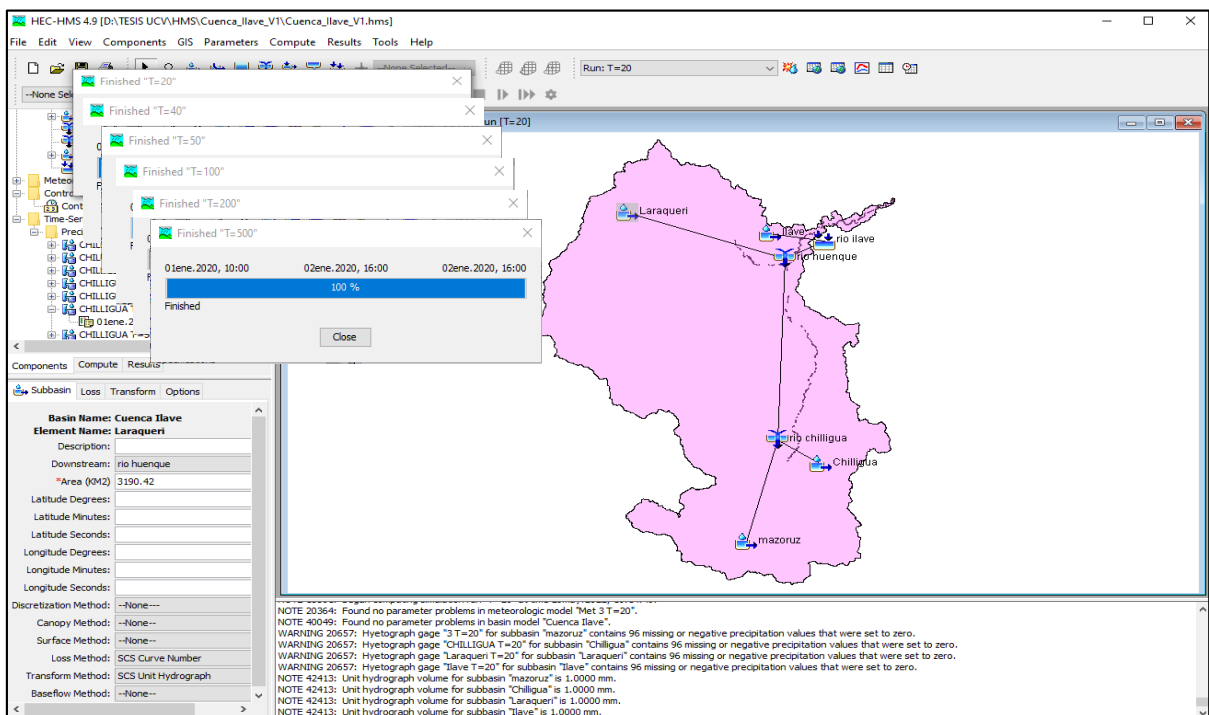


Figura 38: Introducción y proceso de los datos para cada tiempo de retorno.

Interpretación: En las figuras 35 y 36 podemos observar el software HEC-HMS y su procesamiento de datos para la cuenca del rio llave y sus 4 estaciones meteorológicas y su respectivo hietograma e hidrograma unitario para modelar los flujos para cada periodo de retorno.

a. Caudal máximo para T=5

Resultados del software HEC-HMS, para obtener los caudales máximos para un periodo de retorno de 5 años.

Project: Cuenca Ilave V1 Simulation Run: T=5
 Start of Run: 01ene.2020, 10:00 Basin Model: Cuenca Ilave
 End of Run: 01ene.2020, 16:00 Meteorologic Model: Met 1 T=5
 Compute Time:29may.2022, 17:25:56 Control Specifications:Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
mazoruz	2720.77	220.62	01ene.2020, 16:00	0.31
Chilligua	1497.11	52.65	01ene.2020, 16:00	0.14
rio chilligua	4217.88	273.27	01ene.2020, 16:00	0.25
Laraqueri	3190.42	94.06	01ene.2020, 16:00	0.12
rio huenque	7408.30	367.33	01ene.2020, 16:00	0.19
Ilave	363.20	7.21	01ene.2020, 16:00	0.08
rio ilave	7771.50	374.54	01ene.2020, 16:00	0.19

Figura 39: Resultado de cálculos HMS, método SCS para T=5

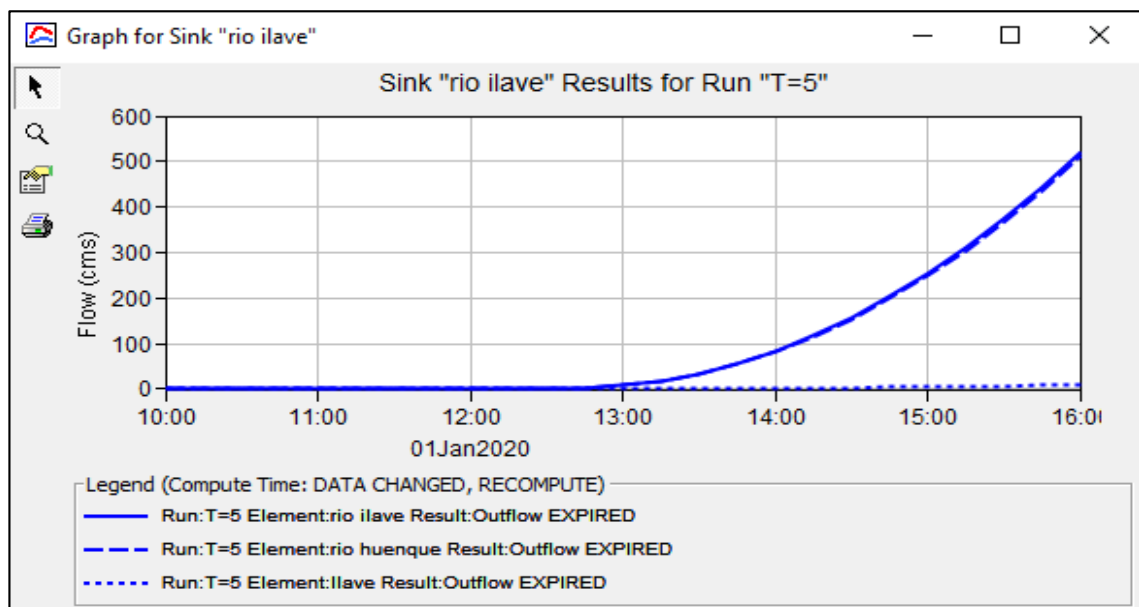


Figura 40: Curva de flujo de escorrentía de la cuenca para T=5

Interpretación: De la figura 37 podemos observar los resultados de descargas pico para cada subcuenca y río que se analizó en este modelamiento hidrológico mostrando un caudal pico de la escorrentía de la cuenca de 374.54 m³/s que desemboca en el río llave, y en la figura 38 podemos ver la curva del flujo de escorrentía de la cuenca durante el tiempo de la tormenta de diseño creada para el modelo, expresada en cm.

b. Caudal máximo para T=10

Resultados del software HEC-HMS, para obtener los caudales máximos para un periodo de retorno de 10 años.

Global Summary Results for Run "T=10"

Project: Cuenca Ilave V1 Simulation Run: T=10

Start of Run: 01ene.2020, 10:00 Basin Model: Cuenca Ilave
 End of Run: 01ene.2020, 16:00 Meteorologic Model: Met 2 T=10
 Compute Time:29may.2022, 17:25:39 Control Specifications:Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
mazoruz	2720.77	298.12	01ene.2020, 16:00	0.43
Chilligua	1497.11	70.85	01ene.2020, 16:00	0.19
rio chilligua	4217.88	368.97	01ene.2020, 16:00	0.34
Laraqueri	3190.42	119.28	01ene.2020, 16:00	0.15
rio huenque	7408.30	488.25	01ene.2020, 16:00	0.26
Ilave	363.20	8.81	01ene.2020, 16:00	0.10
rio ilave	7771.50	497.05	01ene.2020, 16:00	0.25

Figura 41: Resultado de cálculos HMS, método SCS para T=10

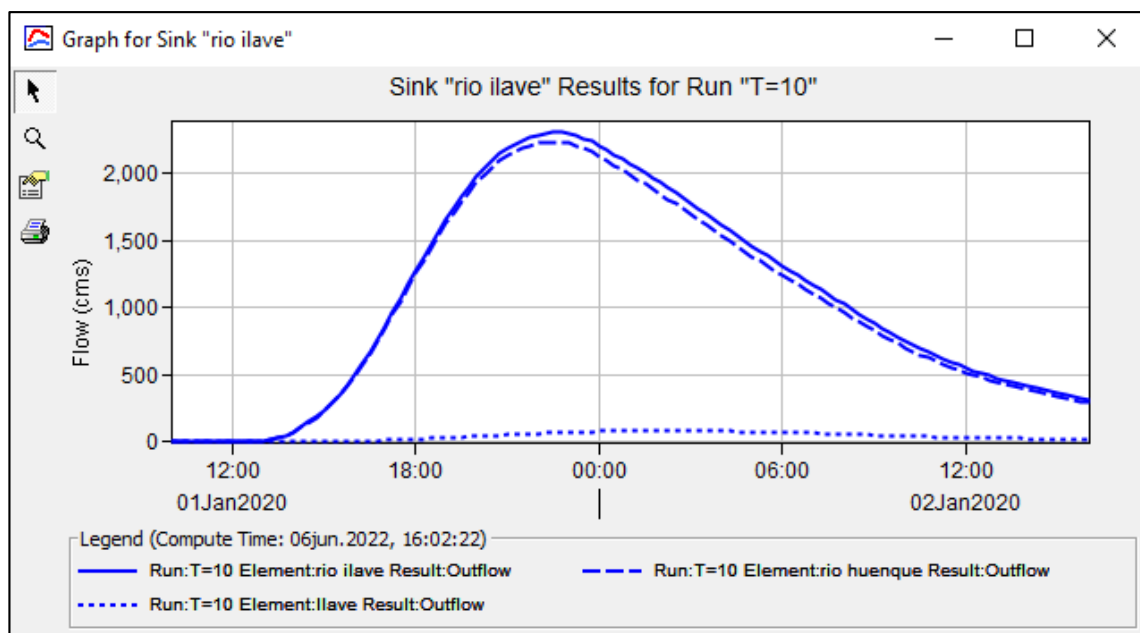


Figura 42: Curva de flujo de escorrentía de la cuenca para T=10

Interpretación: De la figura 39 podemos observar los resultados de descargas pico para cada subcuenca y río que se analizó en este modelamiento hidrológico mostrando un caudal pico de la escorrentía de la cuenca de 497.05 m³/s que desemboca en el río llave, y en la figura 40 podemos ver la curva del flujo de escorrentía de la cuenca durante el tiempo de la tormenta de diseño creada para el modelo, expresada en cm.

c. Caudal máximo para T=20

Resultados del software HEC-HMS, para obtener los caudales máximos para un periodo de retorno de 20 años.

Project: Cuenca Ilave V1 Simulation Run: T=20

Start of Run: 01ene.2020, 10:00 Basin Model: Cuenca Ilave
 End of Run: 01ene.2020, 16:00 Meteorologic Model: Met 3 T=20
 Compute Time: 29may.2022, 17:32:04 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
mazoruz	2720.77	371.09	01ene.2020, 16:00	0.54
Chilligua	1497.11	89.30	01ene.2020, 16:00	0.24
rio chilligua	4217.88	460.39	01ene.2020, 16:00	0.43
Laraqueri	3190.42	143.93	01ene.2020, 16:00	0.19
rio huenque	7408.30	604.32	01ene.2020, 16:00	0.33
ilave	363.20	10.42	01ene.2020, 16:00	0.12
rio ilave	7771.50	614.75	01ene.2020, 16:00	0.32

Figura 43: Resultado de cálculos HMS, método SCS para T=20

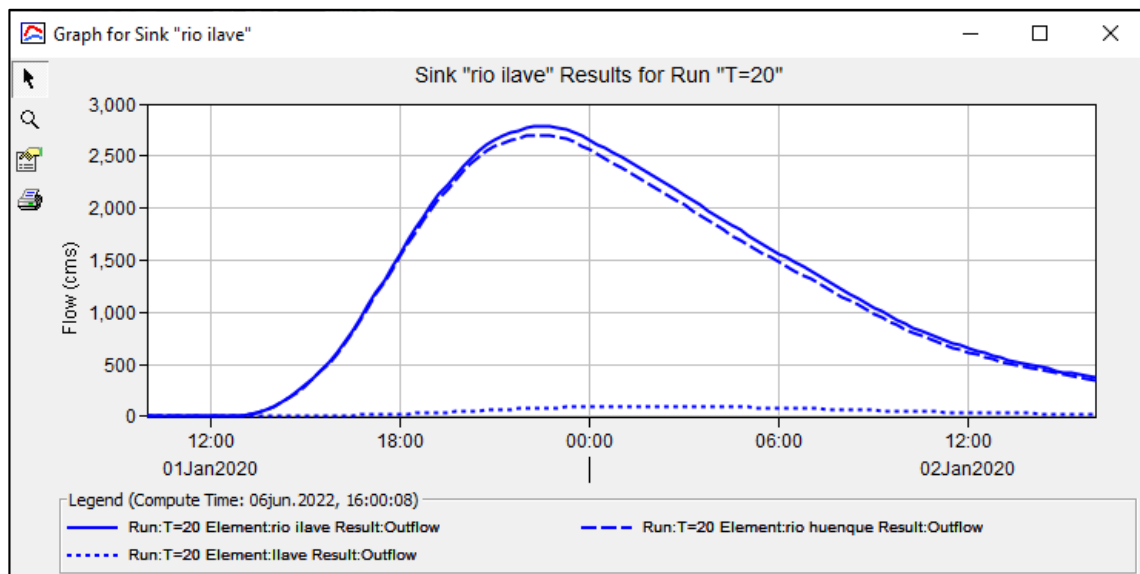


Figura 44: Curva de flujo de escorrentía de la cuenca para T=20

Interpretación: De la figura 41 podemos observar los resultados de descargas pico para cada subcuenca y río que se analizó en este modelamiento hidrológico mostrando un caudal pico de la escorrentía de la cuenca de 614.75 m³/s que desemboca en el río llave, y en la figura 42 podemos ver la curva del flujo de escorrentía de la cuenca durante el tiempo de la tormenta de diseño creada para el modelo, expresada en cm.

d. Caudal máximo para T=40

Resultados del software HEC-HMS, para obtener los caudales máximos para un periodo de retorno de 40 años.

Global Summary Results for Run "T=40"

Project: Cuenca Ilave V1 Simulation Run: T=40

Start of Run: 01ene.2020, 10:00 Basin Model: Cuenca Ilave
 End of Run: 01ene.2020, 16:00 Meteorologic Model: Met 4 T=40
 Compute Time: 29may.2022, 17:35:25 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
mazoruz	2720.77	465.71	01ene.2020, 16:00	0.68
Chilligua	1497.11	108.18	01ene.2020, 16:00	0.29
rio chilligua	4217.88	573.89	01ene.2020, 16:00	0.54
Laraqueri	3190.42	168.46	01ene.2020, 16:00	0.22
rio huenque	7408.30	742.34	01ene.2020, 16:00	0.40
Ilave	363.20	12.09	01ene.2020, 16:00	0.14
rio ilave	7771.50	754.43	01ene.2020, 16:00	0.39

Figura 45: Resultado de cálculos HMS, método SCS para T=40

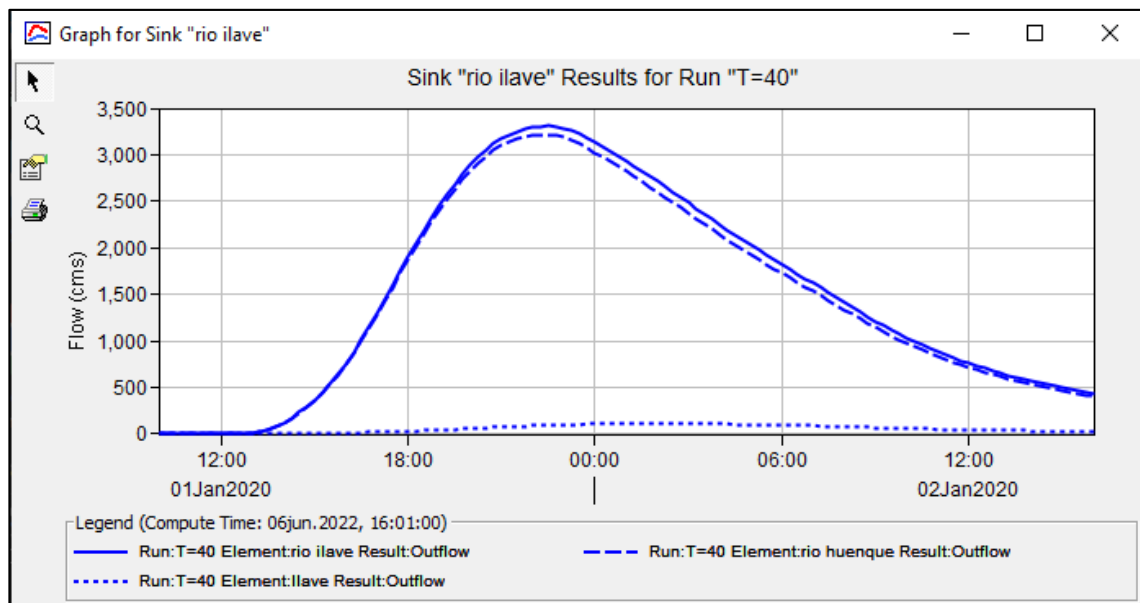


Figura 46: Curva de flujo de escorrentía de la cuenca para T=40

Interpretación: De la figura 43 podemos observar los resultados de descargas pico para cada subcuenca y río que se analizó en este modelamiento hidrológico mostrando un caudal pico de la escorrentía de la cuenca de 754.43 m³/s que desemboca en el río llave, y en la figura 44 podemos ver la curva del flujo de escorrentía de la cuenca durante el tiempo de la tormenta de diseño creada para el modelo, expresada en cm.

e. Caudal máximo para T=50

Resultados del software HEC-HMS, para obtener los caudales máximos para un periodo de retorno de 50 años.

Project: Cuenca Ilave V1 Simulation Run: T=50

Start of Run: 01ene.2020, 10:00 Basin Model: Cuenca Ilave
 End of Run: 01ene.2020, 16:00 Meteorologic Model: Met 5 T=50
 Compute Time: 29may.2022, 17:37:14 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
mazoruz	2720.77	494.71	01ene.2020, 16:00	0.72
Chilligua	1497.11	114.31	01ene.2020, 16:00	0.31
rio chilligua	4217.88	609.02	01ene.2020, 16:00	0.58
Laraqueri	3190.42	176.37	01ene.2020, 16:00	0.23
rio huenque	7408.30	785.39	01ene.2020, 16:00	0.43
Ilave	363.20	12.63	01ene.2020, 16:00	0.14
rio ilave	7771.50	798.03	01ene.2020, 16:00	0.41

Figura 47: Resultado de cálculos HMS, método SCS para T=50

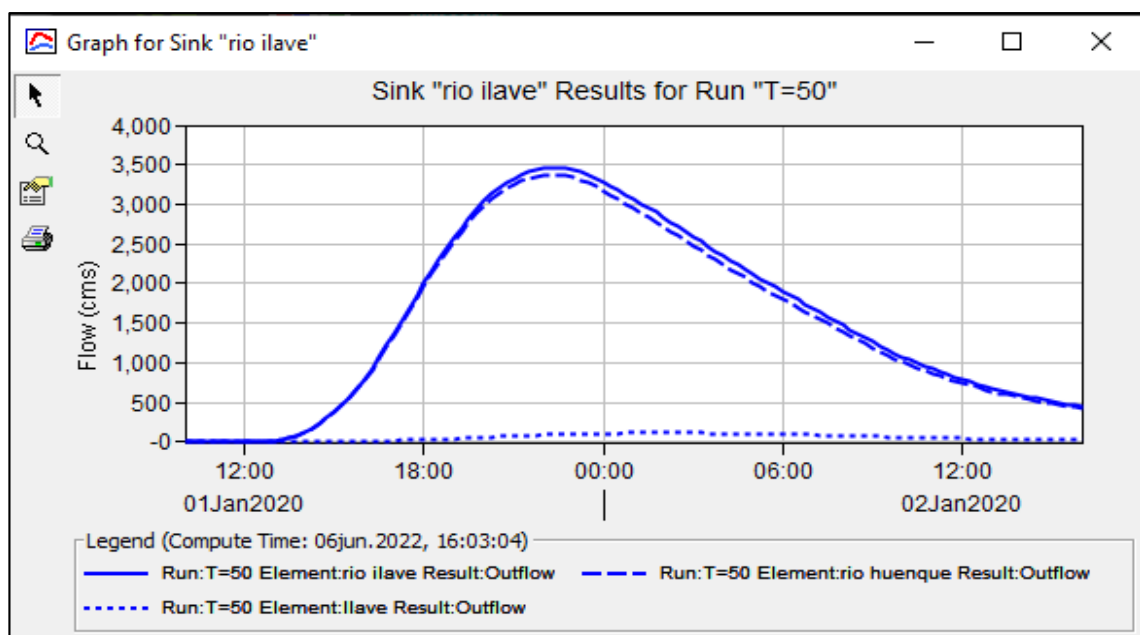


Figura 48: Curva de flujo de escorrentía de la cuenca para T=50

Interpretación: De la figura 45 podemos observar los resultados de descargas pico para cada subcuenca y río que se analizó en este modelamiento hidrológico mostrando un caudal pico de la escorrentía de la cuenca de 798.03 m³/s que desemboca en el río llave, y en la figura 46 podemos ver la curva del hidrograma de la cuenca durante el tiempo de la tormenta de diseño creada para el modelo, expresada en cm.

f. Caudal máximo para T=100

Resultados del software HEC-HMS, para obtener los caudales máximos para un periodo de retorno de 100 años.

Project: Cuenca Ilave V1 Simulation Run: T=100
 Start of Run: 01ene.2020, 10:00 Basin Model: Cuenca Ilave
 End of Run: 01ene.2020, 16:00 Meteorologic Model: Met 6 T=100
 Compute Time:29may.2022, 17:38:29 Control Specifications:Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
mazoruz	2720.77	588.05	01ene.2020, 16:00	0.87
Chilligua	1497.11	133.90	01ene.2020, 16:00	0.36
rio chilligua	4217.88	721.95	01ene.2020, 16:00	0.69
Laraqueri	3190.42	201.14	01ene.2020, 16:00	0.26
rio huenque	7408.30	923.09	01ene.2020, 16:00	0.51
Ilave	363.20	14.37	01ene.2020, 16:00	0.16
rio ilave	7771.50	937.46	01ene.2020, 16:00	0.49

Figura 49: Resultado de cálculos HMS, método SCS para T=100

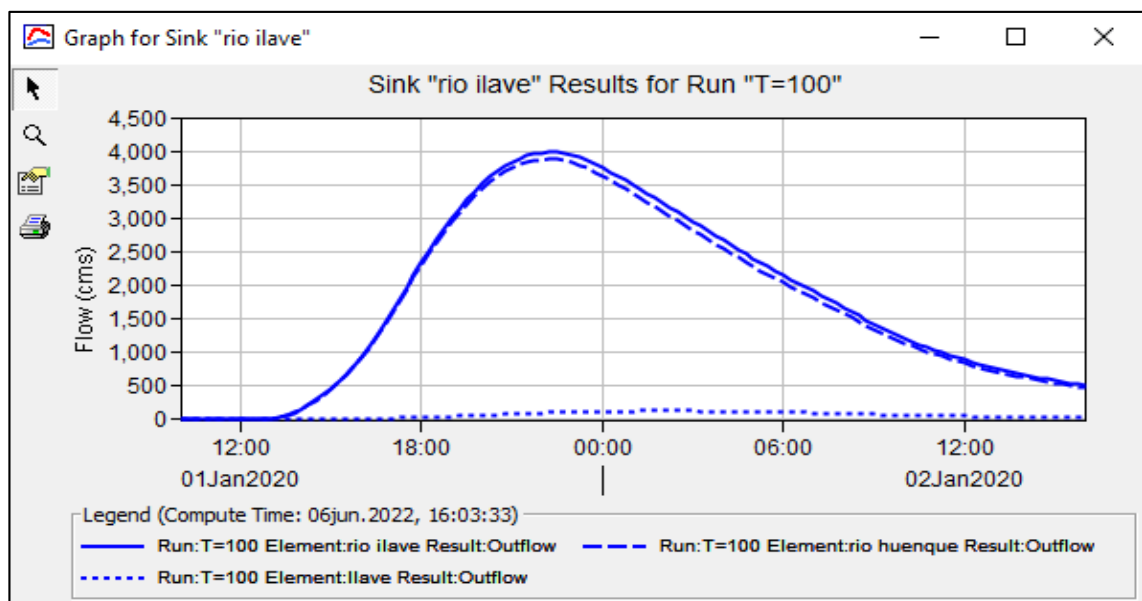


Figura 50: Curva de flujo de escorrentía de la cuenca para T=100

Interpretación: De la figura 45 podemos observar los resultados de descargas pico para cada subcuenca y río que se analizó en este modelamiento hidrológico mostrando un caudal pico de la escorrentía de la cuenca de 937.46 m³/s que desemboca en el río llave, y en la figura 46 podemos ver la curva del flujo de escorrentía de la cuenca durante el tiempo de la tormenta de diseño creada para el modelo, expresada en cm.

g. Caudal máximo para T=200

Resultados del software HEC-HMS, para obtener los caudales máximos para un periodo de retorno de 200 años.

Project: Cuenca Ilave V1 Simulation Run: T=200
 Start of Run: 01ene.2020, 10:00 Basin Model: Cuenca Ilave
 End of Run: 01ene.2020, 16:00 Meteorologic Model: Met 7 T=200
 Compute Time: 29may.2022, 17:40:36 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
mazoruz	2720.77	686.56	01ene.2020, 16:00	1.02
Chilligua	1497.11	154.12	01ene.2020, 16:00	0.42
rio chilligua	4217.88	840.69	01ene.2020, 16:00	0.81
Laraqueri	3190.42	226.19	01ene.2020, 16:00	0.30
rio huenque	7408.30	1066.88	01ene.2020, 16:00	0.59
Ilave	363.20	16.16	01ene.2020, 16:00	0.18
rio ilave	7771.50	1083.04	01ene.2020, 16:00	0.57

Figura 51: Resultado de cálculos HMS, método SCS para T=200

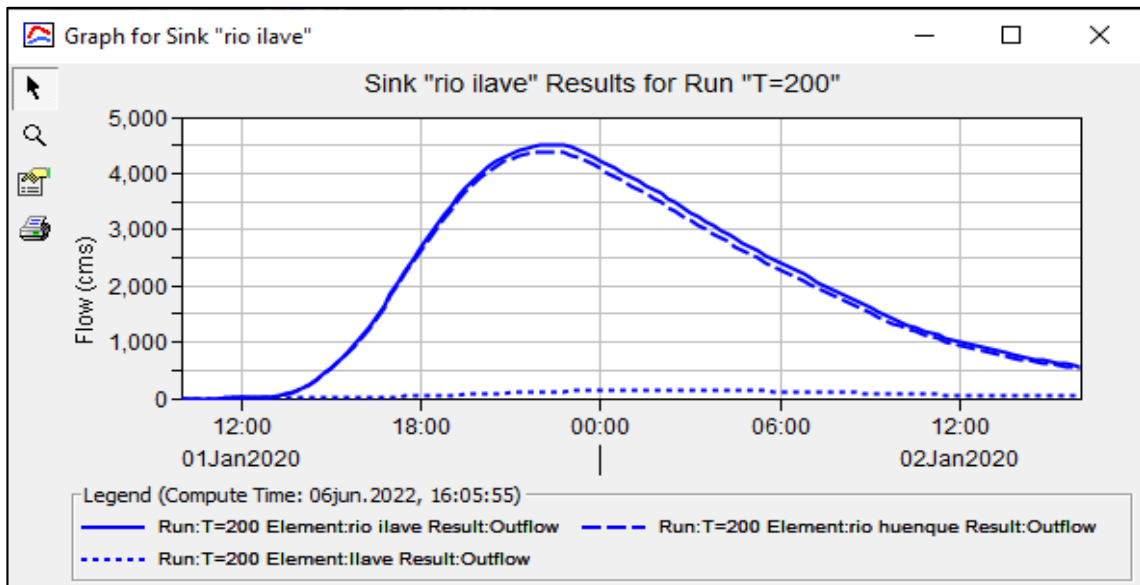


Figura 52: Curva de flujo de escorrentía de la cuenca para T=200

Interpretación: De la figura 47 podemos observar los resultados de descargas pico para cada subcuenca y río que se analizó en este modelamiento hidrológico mostrando un caudal pico de la escorrentía de la cuenca de 1083.04 m³/s que desemboca en el río llave, y en la figura 48 podemos ver la curva del flujo de escorrentía de la cuenca durante el tiempo de la tormenta de diseño creada para el modelo, expresada en cm.

h. Caudal máximo para T=500

Resultados del software HEC-HMS, para obtener los caudales máximos para un periodo de retorno de 500 años.

Global Summary Results for Run "T=500"

Project: Cuenca Ilave V1 Simulation Run: T=500

Start of Run: 01ene.2020, 10:00 Basin Model: Cuenca Ilave
 End of Run: 01ene.2020, 16:00 Meteorologic Model: Met 8 T=500
 Compute Time: 29may.2022, 17:43:31 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
mazoruz	2720.77	825.60	01ene.2020, 16:00	1.23
Chilligua	1497.11	181.77	01ene.2020, 16:00	0.50
rio chilligua	4217.88	1007.36	01ene.2020, 16:00	0.97
Laraqueri	3190.42	259.83	01ene.2020, 16:00	0.35
rio huenque	7408.30	1267.19	01ene.2020, 16:00	0.70
Ilave	363.20	18.29	01ene.2020, 16:00	0.21
rio ilave	7771.50	1285.48	01ene.2020, 16:00	0.68

Figura 53: Resultado de cálculos HMS, método SCS para T=500

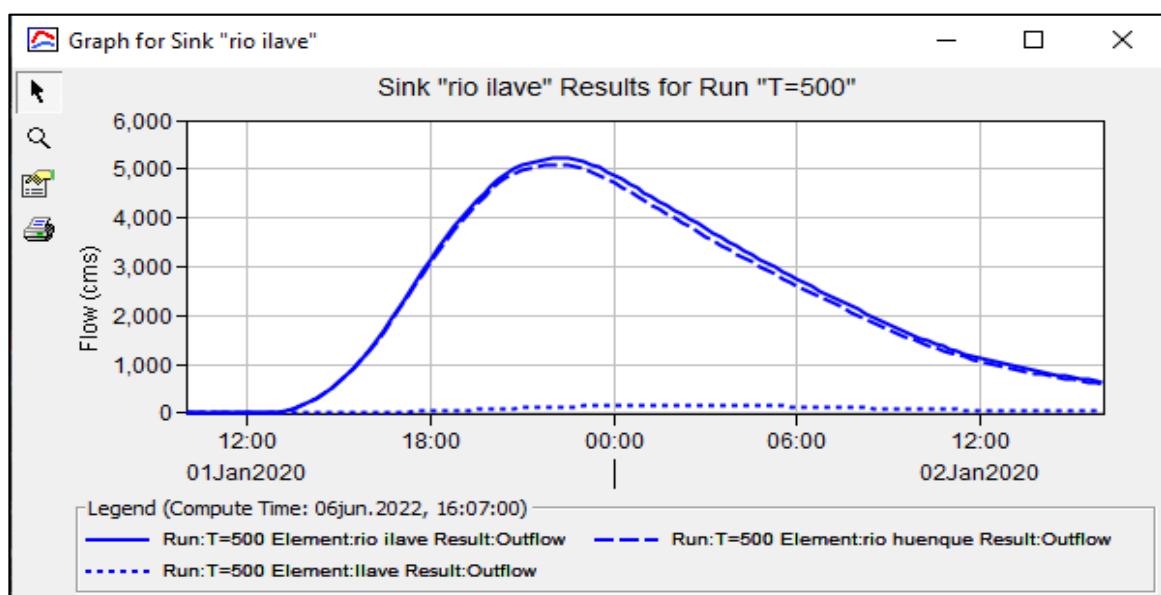


Figura 54: Curva de flujo de escorrentía de la cuenca para T=500

Interpretación: De la figura 51 podemos observar los resultados de descargas pico para cada subcuenca y río que se analizó en este modelamiento hidrológico mostrando un caudal pico de la escorrentía de la cuenca de 1285.48 m³/s que desemboca en el río llave, y en la figura 52 podemos ver la curva del flujo de escorrentía de la cuenca durante el tiempo de la tormenta de diseño creada para el modelo, expresada en cm.

Tabla 19: Caudales máximos obtenidos del software HEC-HMS, usando el método SCS.

P. RETORNO (años)	CAUDAL (m ³ /s)
T=5	374.54
T=10	497.05
T=20	614.75
T=40	754.43
T=50	798.03
T=100	937.46
T=200	1083.04
T=500	1285.48

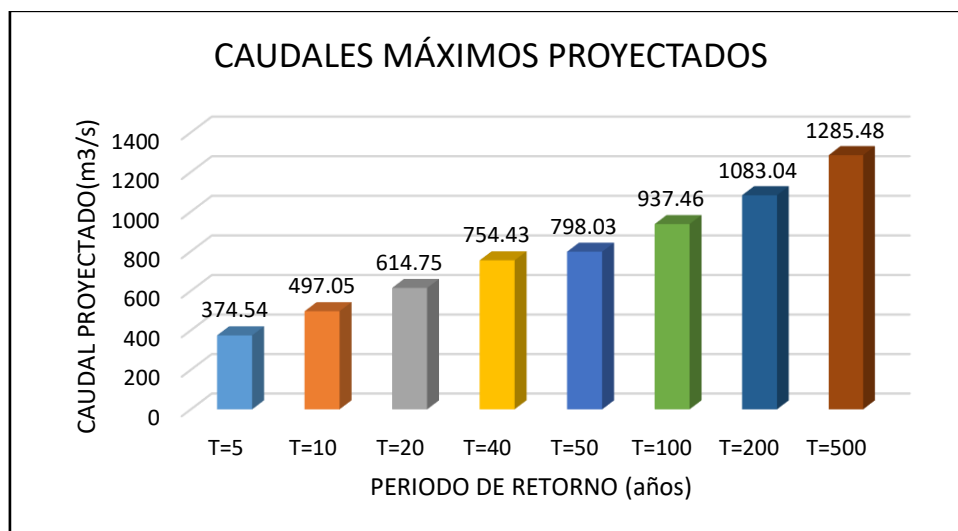


Figura 55: Caudales máximos obtenidos en el programa HEC-HMS

Interpretación: La tabla 25 y la figura 51 muestran los resultados de los caudales máximos obtenidos en el software HEC – HMS mediante el método SCS (Servicio de conservación de suelos), siendo este un método hidrológico, ya que se usa las curvas IDF de IILA – SENAMHI – UNI 83, el cual considera una tormenta de diseño para poder crear una hietograma unitario, así como, datos geográficos y de tipos de suelos que conforman la cuenca del río llave, así mismo, teniendo en cuenta que los datos de precipitaciones máximas 24hr

anuales fueron usados mediante las distribuciones estadísticas para obtener precipitaciones proyectadas para los periodos de retorno: T=5, T=10, T=20, T=40, T=50, T=100, T=200, T=500.

Objetivo específico 3.

Determinar los máximos caudales de diseño con métodos hidrométricos.

Para poder obtener los Caudales máximos usando datos hidrométricos obtenidos por servicio del SENAMHI, para lo cual se usa la metodología probabilística convencional recomendada en el manual de hidrología del MTC, siendo estos: distribución Normal, Distribución Log normal 2 parámetros, Distribución Log normal 3 parámetros, distribución Gamma 2 parámetros, distribución Gamma 3 parámetros, distribución Log Pearson tipo III, distribución Gumbel, Distribución log gumbel o Frechet 2 parámetros, haciendo uso de los software Easyfit e Hidroesta para poder procesar los datos proporcionados por el SENAMHI.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	103.965								
2	109.541								
3	116.423								
4	120.079								
5	184.237								
6	189.208								
7	190.24								
8	191.64								
9	196.453								
10	213.15								
11	221.458								
12	230.97								
13	238.174								
14	276.535								
15	283.393								
16	307.97								
17	332.853								
18	341.219								
19	354.768								
20	374.826								
21	383.13								
22	385.14								
23	385.219								
24	411.432								
25	417.518								
26	425.327								
27	428.451								
28	458.65								
29	505.04								
30	659.515								
31	675.88								

Figura 56: Software Easyfit, datos hidrométricos.

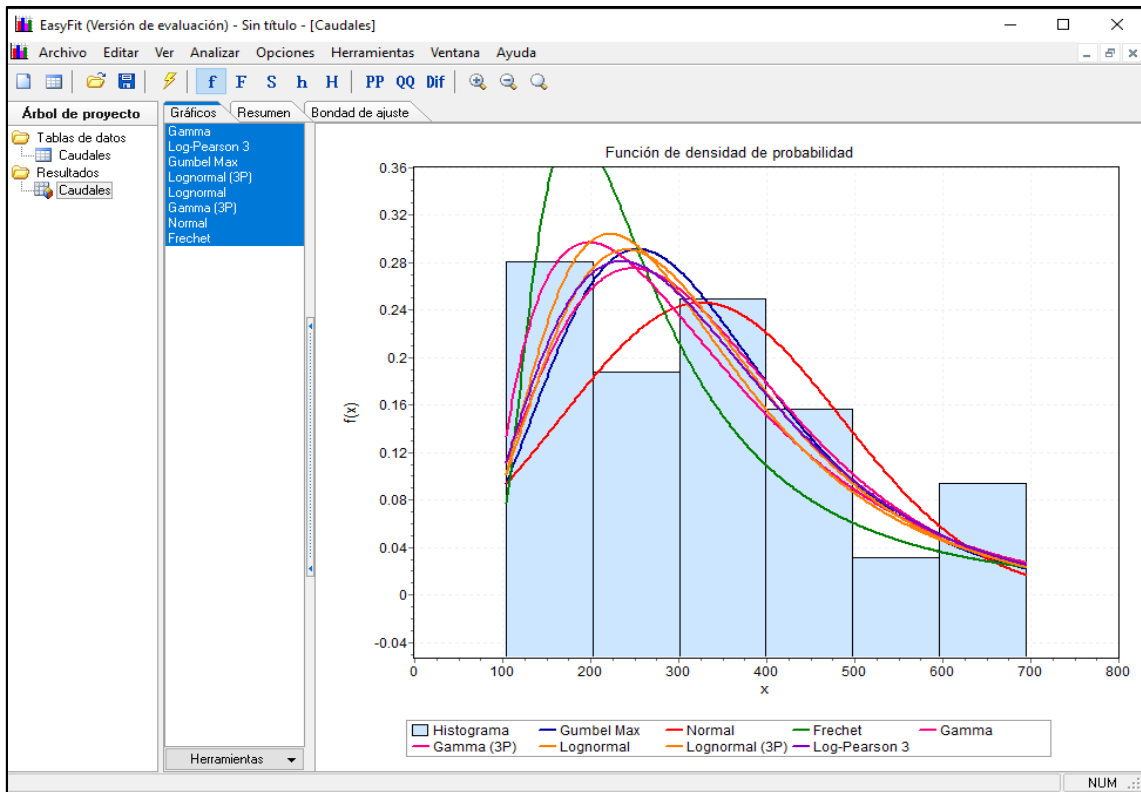


Figura 57: Software Easyfit, muestra de la distribución probabilística normal.

a. Periodo de retorno T=5

Realizado los cálculos con los métodos probabilísticos recomendados en el manual de hidrología del MTC mediante los softwares para este tipo de trabajos siendo estos: Easyfit e Hidroesta, para el periodo de retorno $T = 5$ años

Tabla 20: Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno para la distribución normal

Método probabilístico	Caudal máximo (T=5años)	
	Hidroesta	Easyfit
NORMAL	459.41	459.44
log normal 2P	445.43	442.4
Log normal 3P	443.47	441.97
Gamma 2P	445.53	446.39
Gamma 3P	450.41	447.79
Log Pearson Tipo III	-	448.16
Gumbel	439.95	439.95
Log Gumbel	418.05	438.59

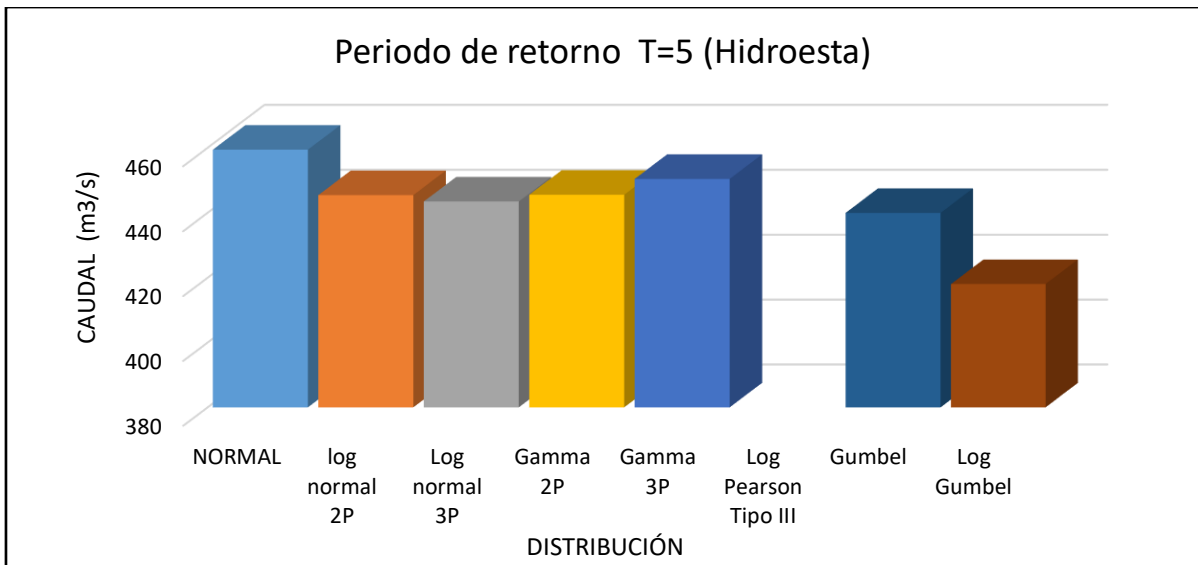


Figura 58: Caudales para Periodo de retorno T=5 años del software Hidroesta

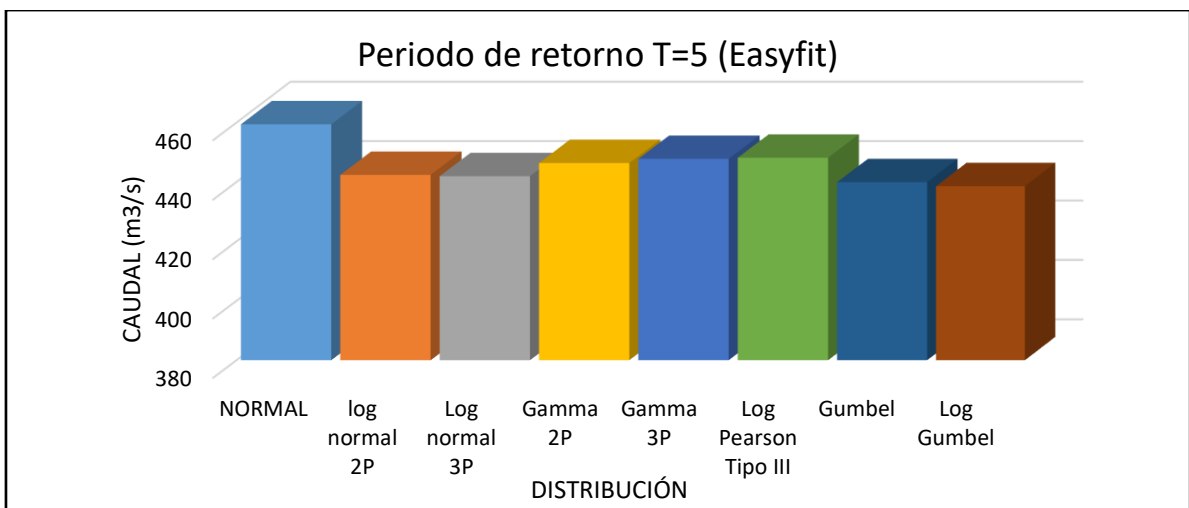


Figura 59: Caudales para Periodo de retorno T=5 años del software Easyfit

Interpretación: Las figuras 54 y 55 nos muestra la diferencia de resultados de cálculos en cada una de las distribuciones de datos en las cuales los resultados son similares entre ambos softwares, sin embargo, los valores que se tomarán para cálculos posteriores en el presente trabajo de investigación será del software Hidroesta ya que este último está diseñado para trabajos hidrológicos e ingeniería hidráulica, así mismo, hay un dato faltante en la distribución Log Pearson tipo III, ya que no ajusta con los datos presentados del SENAMHI, esto demuestra que selecciona mejor los datos y su ajuste de pruebas de bondad.

b. Periodo de retorno T=10

Realizado los cálculos con los métodos probabilísticos recomendados en el manual de hidrología del MTC mediante los softwares para este tipo de trabajos siendo estos: Easyfit e Hidroesta, para el periodo de retorno T = 10 años

Tabla 21: Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno para la distribución normal

Método probabilístico	Caudal máximo (T=10 años)	
	Hidroesta	Easyfit
NORMAL	529.62	529.60
log normal 2P	559.99	554.09
Log normal 3P	532.35	541.15
Gamma 2P	537.14	538.95
Gamma 3P	538.02	559.76
Log Pearson Tipo III	-	548.88
Gumbel	533.26	533.26
Log Gumbel	566.67	623.07

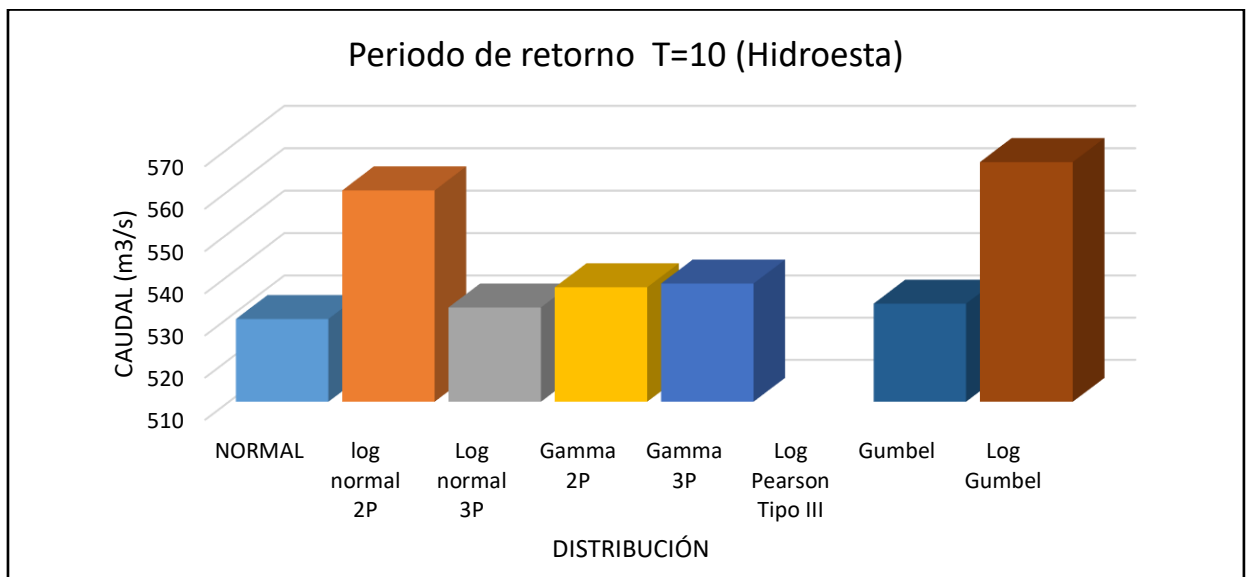


Figura 60: Caudales para Periodo de retorno T=10 años del software Hidroesta

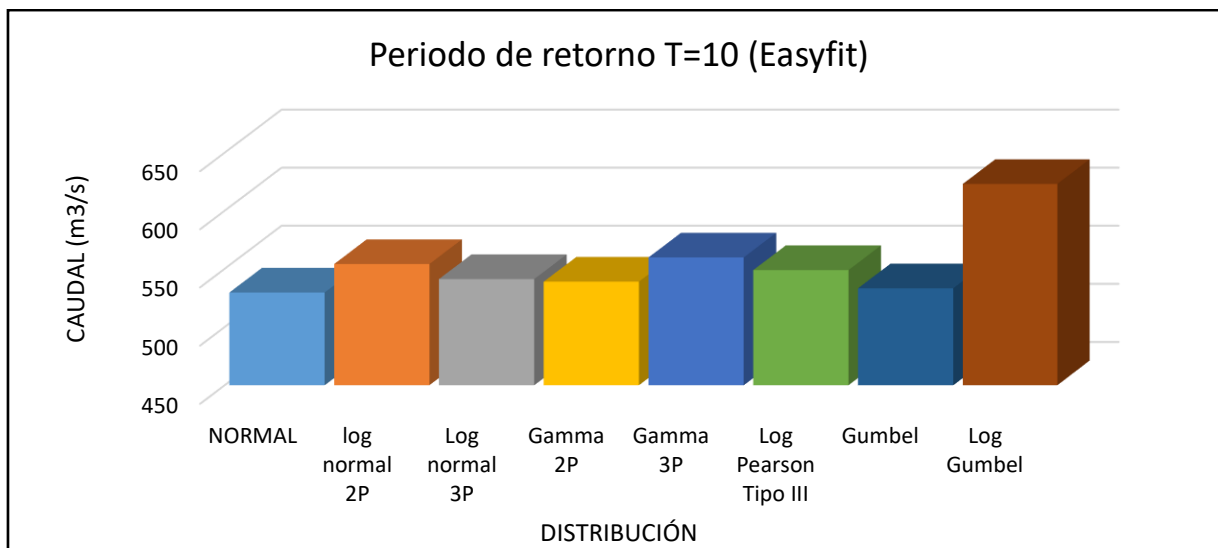


Figura 61: Caudales para Periodo de retorno T=10 años del software Easyfit

Interpretación: Las figuras 56 y 57 nos muestra la diferencia de resultados de cálculos en cada una de las distribuciones de datos en las cuales los resultados son similares entre ambos softwares, sin embargo, los valores que se tomarán para cálculos posteriores en el presente trabajo de investigación será del software Hidroesta ya que este último está diseñado para trabajos hidrológicos e ingeniería hidráulica, así mismo, hay un dato faltante en la distribución Log Pearson tipo III, ya que no ajusta con los datos presentados del SENAMHI, esto demuestra que selecciona mejor los datos y su ajuste de pruebas de bondad.

c. Periodo de retorno T=20

Realizado los cálculos con los métodos probabilísticos recomendados en el manual de hidrología del MTC mediante los softwares para este tipo de trabajos siendo estos: Easyfit e Hidroesta, para el periodo de retorno T = 20 años

Tabla 22: Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno para la distribución normal

Método probabilístico	Caudal máximo (T=20 años)	
	Hidroesta	Easyfit
NORMAL	587.59	587.53
log normal 2P	676.47	667.29
Log normal 3P	615.00	637.47
Gamma 2P	621.23	623.98
Gamma 3P	616.76	666.9
Log Pearson Tipo III	-	644.05

Gumbel	622.77	622.77
Log Gumbel	758.66	872.55

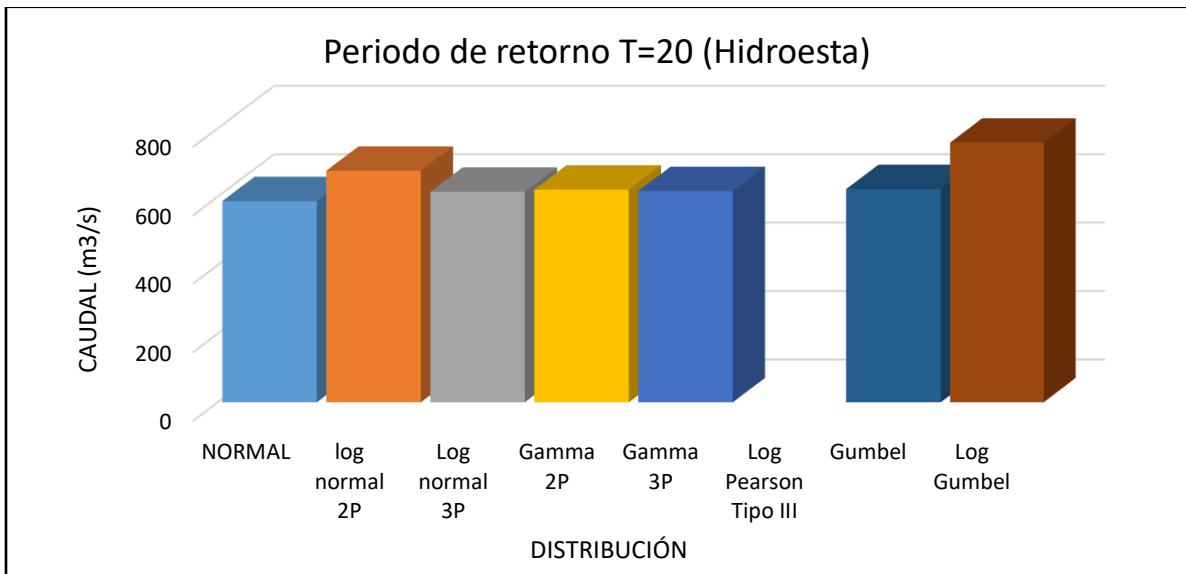


Figura 62: Caudales para Periodo de retorno T=20 años del software Hidroesta

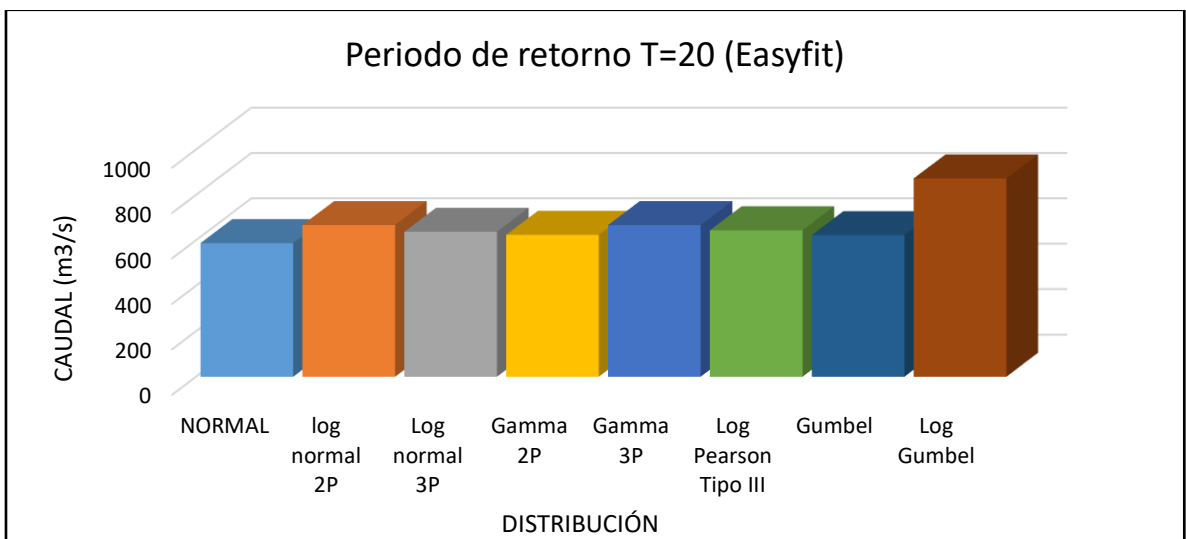


Figura 63: Caudales para Periodo de retorno T=20 años del software Easyfit

Interpretación: Las figuras 58 y 59 nos muestra la diferencia de resultados de cálculos en cada una de las distribuciones de datos en las cuales los resultados son similares entre ambos softwares, sin embargo, los valores que se tomarán para cálculos posteriores en el presente trabajo de investigación será del software Hidroesta ya que este último está diseñado para trabajos hidrológicos e ingeniería hidráulica, así mismo, hay un dato faltante en la distribución Log

Pearson tipo III, ya que no ajusta con los datos presentados del SENAMHI, esto demuestra que selecciona mejor los datos y su ajuste de pruebas de bondad.

d. Periodo de retorno T=40

Realizado los cálculos con los métodos probabilísticos recomendados en el manual de hidrología del MTC mediante los softwares para este tipo de trabajos siendo estos: Easyfit e Hidroesta, para el periodo de retorno T = 40 años

Tabla 23: Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno para la distribución normal

Método probabilístico	Caudal máximo (T=40 años)	
	Hidroesta	Easyfit
NORMAL	587.59	587.53
log normal 2P	676.47	667.29
Log normal 3P	615.00	637.47
Gamma 2P	621.23	623.98
Gamma 3P	616.76	666.9
Log Pearson Tipo III	-	644.05
Gumbel	622.77	622.77
Log Gumbel	758.66	872.55

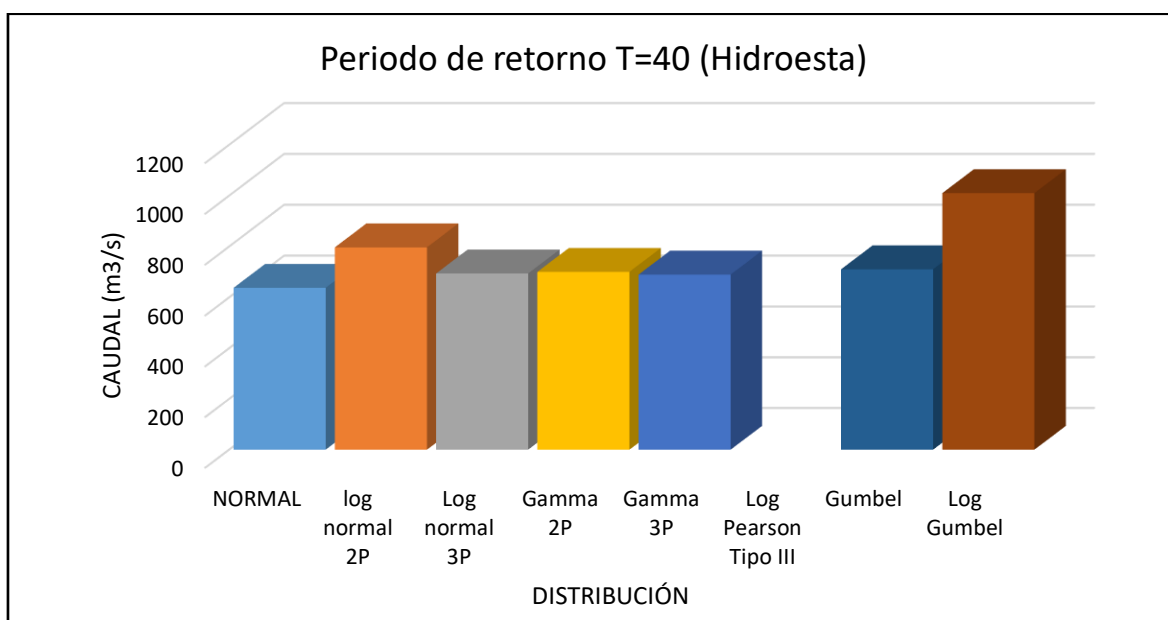


Figura 64: Caudales para Periodo de retorno T=40 años del software Hidroesta

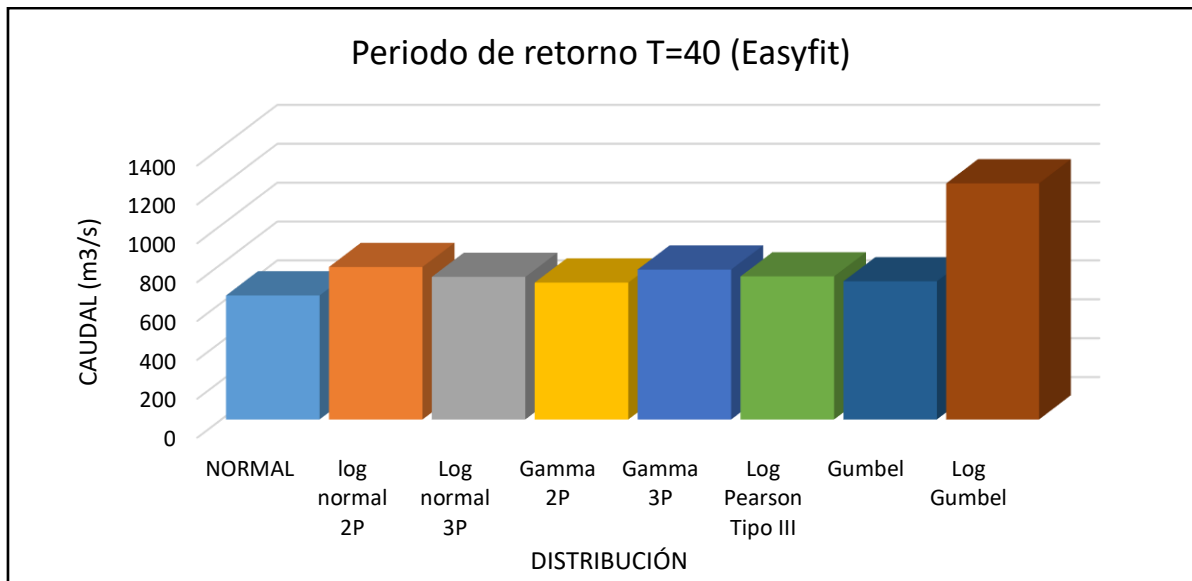


Figura 65: Caudales para Periodo de retorno T=40 años del software Easyfit

Interpretación: Las figuras 60 y 61 nos muestra la diferencia de resultados de cálculos en cada una de las distribuciones de datos en las cuales los resultados son similares entre ambos softwares, sin embargo, los valores que se tomarán para cálculos posteriores en el presente trabajo de investigación será del software Hidroesta ya que este último está diseñado para trabajos hidrológicos e ingeniería hidráulica, así mismo, hay un dato faltante en la distribución Log Pearson tipo III, ya que no ajusta con los datos presentados del SENAMHI, esto demuestra que selecciona mejor los datos y su ajuste de pruebas de bondad.

e. Periodo de retorno T=50

Realizado los cálculos con los métodos probabilísticos recomendados en el manual de hidrología del MTC mediante los softwares para este tipo de trabajos siendo estos: Easyfit e Hidroesta, para el periodo de retorno T = 50 años

Tabla 24: Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno para la distribución normal

Método probabilístico	Caudal máximo (T=50 años)	
	Hidroesta	Easyfit
NORMAL	652.81	652.74
log normal 2P	836.73	822.59
Log normal 3P	719.31	764.21
Gamma 2P	725.21	729.28
Gamma 3P	712.41	803.96
Log Pearson Tipo III		764.9
Gumbel	738.63	738.63
Log Gumbel	1106.81	1349.3

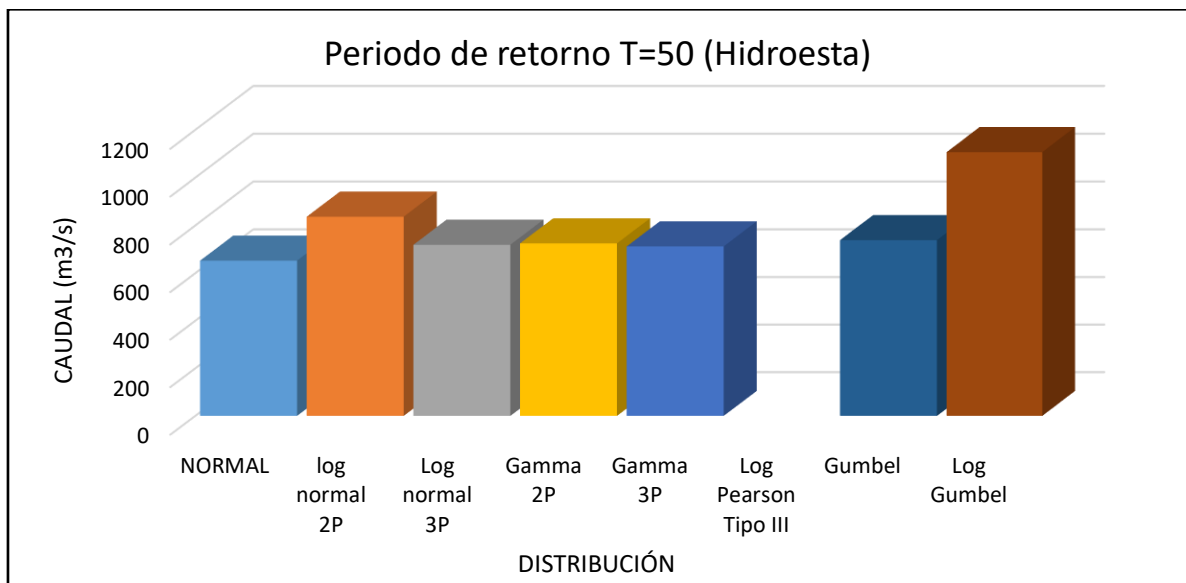


Figura 66: Caudales para Periodo de retorno T=50 años del software Hidroesta

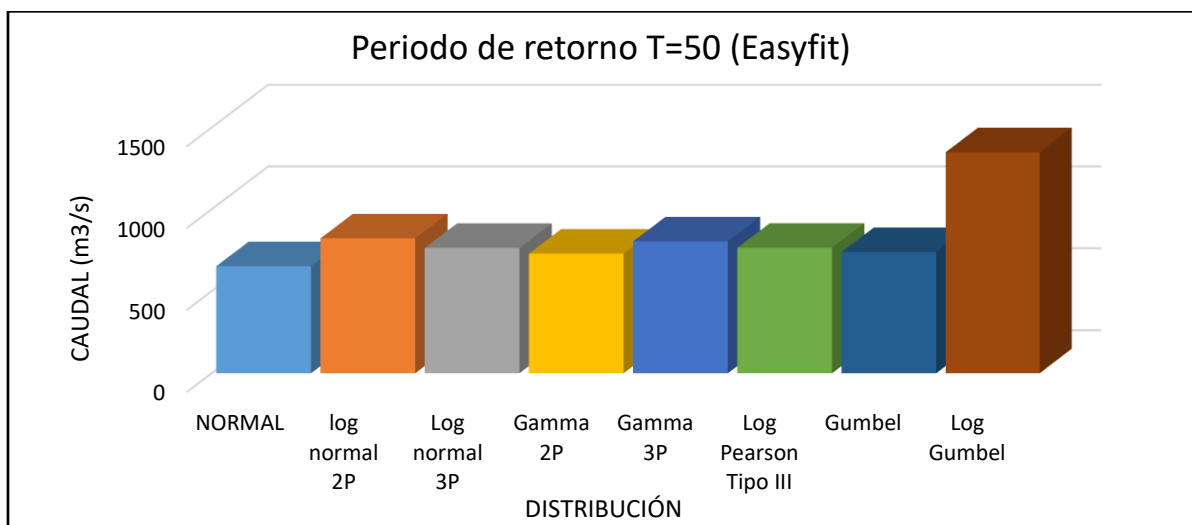


Figura 67: Caudales para Periodo de retorno T=50 años del software Easyfit

Interpretación: Las figuras 62 y 63 nos muestra la diferencia de resultados de cálculos en cada una de las distribuciones de datos en las cuales los resultados son similares entre ambos softwares, sin embargo, los valores que se tomarán para cálculos posteriores en el presente trabajo de investigación será del software Hidroesta ya que este último está diseñado para trabajos hidrológicos e ingeniería hidráulica, así mismo, hay un dato faltante en la distribución Log Pearson tipo III, ya que no ajusta con los datos presentados del SENAMHI, esto demuestra que selecciona mejor los datos y su ajuste de pruebas de bondad.

f. Periodo de retorno T=100

Realizado los cálculos con los métodos probabilísticos recomendados en el manual de hidrología del MTC mediante los softwares para este tipo de trabajos siendo estos: Easyfit e Hidroesta, para el periodo de retorno T = 100 años

Tabla 25: Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno para la distribución normal

Método probabilístico	Caudal máximo (T=100 años)	
	Hidroesta	Easyfit
NORMAL	696.29	696.22
log normal 2P	964.12	945.71
Log normal 3P	796.2	861.15
Gamma 2P	800.09	805.26
Gamma 3P	780.34	905.28
Log Pearson Tipo III	-	853.87
Gumbel	825.45	825.45
Log Gumbel	1468.88	1870.5

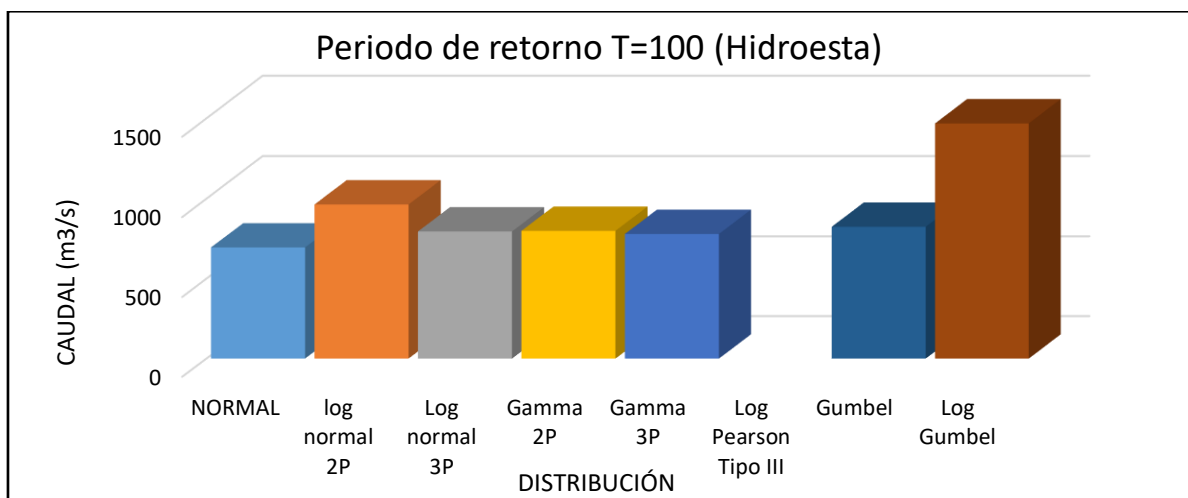


Figura 68: Caudales para Periodo de retorno T=100 años del software Hidroesta

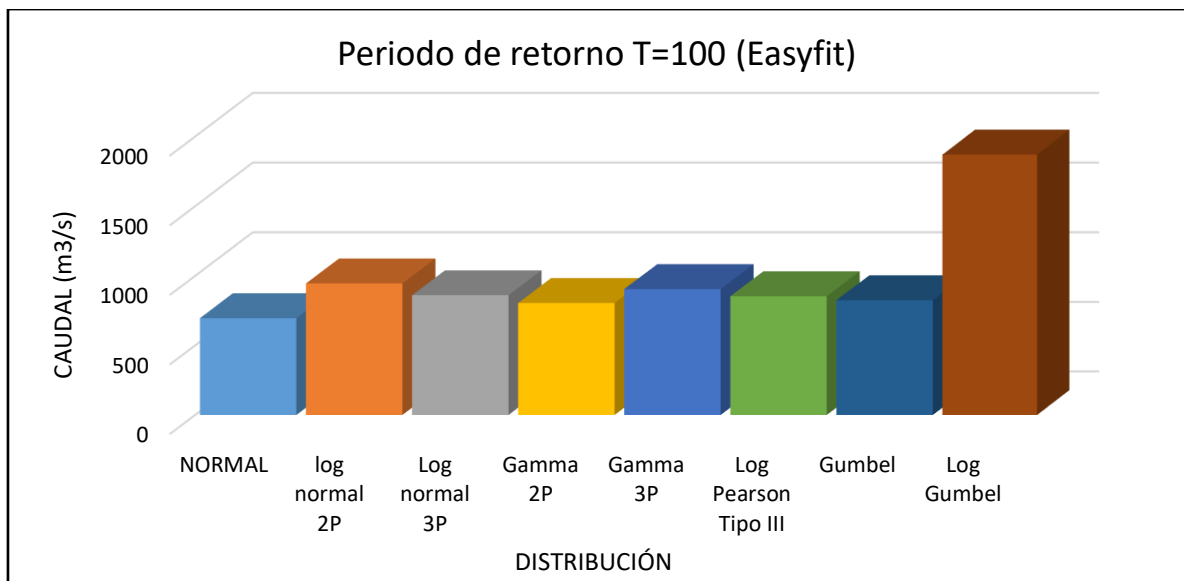


Figura 69: Caudales para Período de retorno T=100 años del software Easyfit

Interpretación: Las figuras 64 y 65 nos muestra la diferencia de resultados de cálculos en cada una de las distribuciones de datos en las cuales los resultados son similares entre ambos softwares, sin embargo, los valores que se tomarán para cálculos posteriores en el presente trabajo de investigación será del software Hidroesta ya que este último está diseñado para trabajos hidrológicos e ingeniería hidráulica, así mismo, hay un dato faltante en la distribución Log Pearson tipo III, ya que no ajusta con los datos presentados del SENAMHI, esto demuestra que selecciona mejor los datos y su ajuste de pruebas de bondad.

g. Período de retorno T=200

Realizado los cálculos con los métodos probabilísticos recomendados en el manual de hidrología del MTC mediante los softwares para este tipo de trabajos siendo estos: Easyfit e Hidroesta, para el período de retorno T = 200 años

Tabla 26: Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno para todas las distribuciones

Método probabilístico	Caudal máximo (T=200 años)	
	Hidroesta	Easyfit
NORMAL	736.07	736.00
log normal 2P	1097.62	1074.5
Log normal 3P	872.24	959.75
Gamma 2P	872.32	878.92
Gamma 3P	845.24	1005.1
Log Pearson Tipo III	-	941.32
Gumbel	911.95	911.95
Log Gumbel	1947.38	2590.00

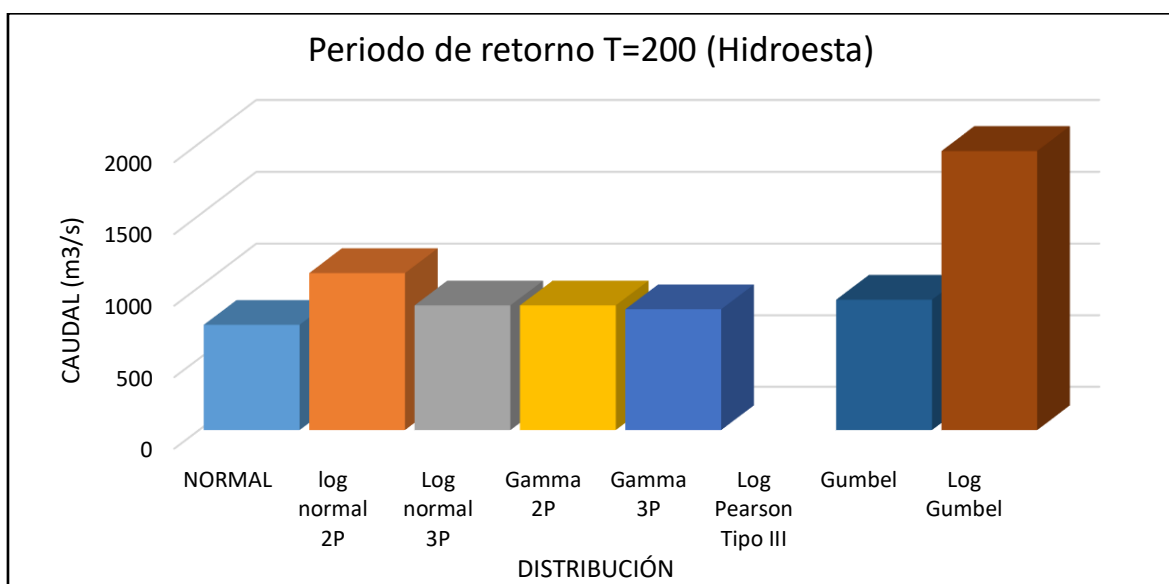


Figura 70: Caudales para Periodo de retorno T=200 años del software Hidroesta

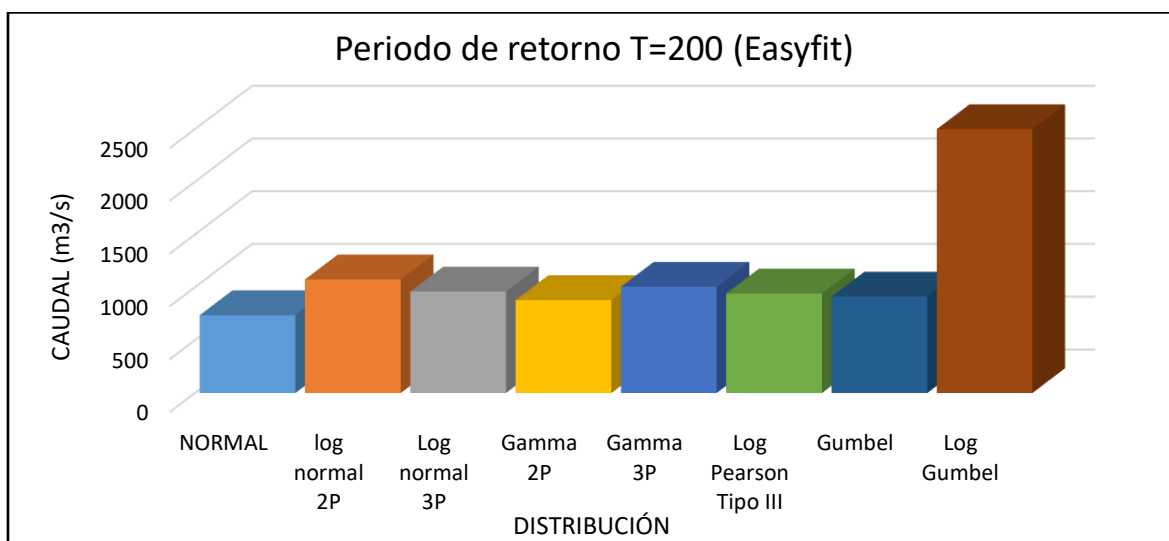


Figura 71: Caudales para Periodo de retorno T=200 años del software Easyfit

Interpretación: Las figuras 66 y 67 nos muestra la diferencia de resultados de cálculos en cada una de las distribuciones de datos en las cuales los resultados son similares entre ambos softwares, sin embargo, los valores que se tomarán para cálculos posteriores en el presente trabajo de investigación será del software Hidroesta ya que este último está diseñado para trabajos hidrológicos e ingeniería hidráulica, así mismo, hay un dato faltante en la distribución Log Pearson tipo III, ya que no ajusta con los datos presentados del SENAMHI, esto demuestra que selecciona mejor los datos y su ajuste de pruebas de bondad.

h. Periodo de retorno T=500

Realizado los cálculos con los métodos probabilísticos recomendados en el manual de hidrología del MTC mediante los softwares para este tipo de trabajos siendo estos: Easyfit e Hidroesta, para el periodo de retorno T = 500 años

Tabla 27: Precipitaciones máximas en cada tiempo de retorno para todas las distribuciones

Método probabilístico	Caudal máximo (T=500 años)	
	Hidroesta	Easyfit
NORMAL	784.28	784.22
log normal 2P	1284.39	1254.3
Log normal 3P	972.24	1093.4
Gamma 2P	964.37	973.53
Gamma 3P	927.19	1135.4
Log Pearson Tipo III	-	1055.1
Gumbel	1026.07	1026.1
Log Gumbel	2825	3979.1

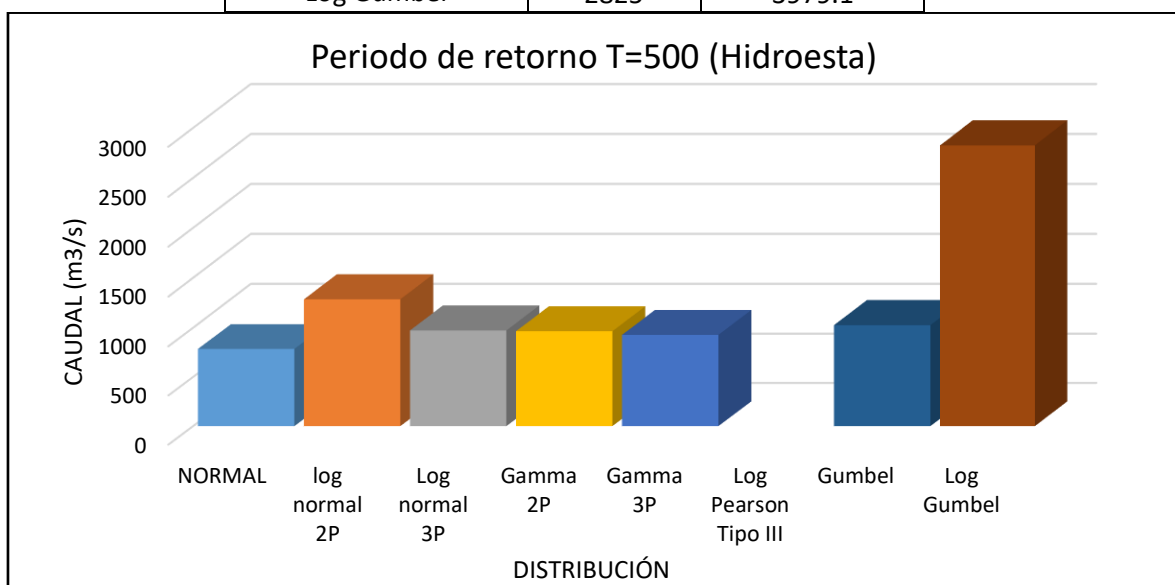


Figura 72: Caudales para Periodo de retorno T=500 años del software Hidroesta

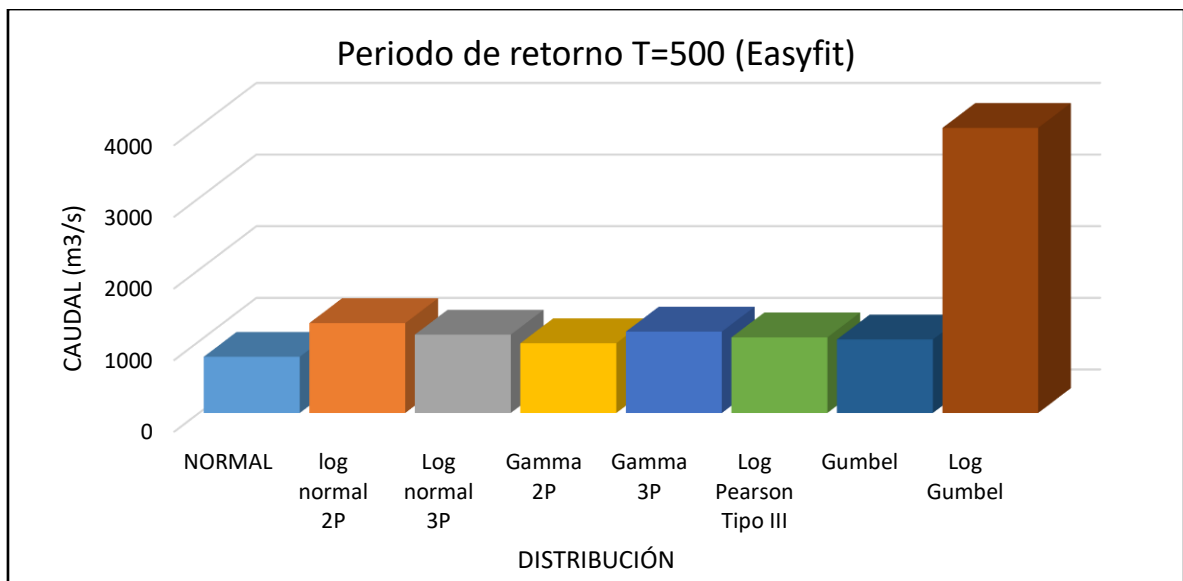


Figura 73: Caudales para Periodo de retorno T=500 años del software Easyfit

Interpretación: Las figuras 68 y 69 nos muestra la diferencia de resultados de cálculos en cada una de las distribuciones de datos en las cuales los resultados son similares entre ambos softwares, sin embargo, los valores que se tomarán para cálculos posteriores en el presente trabajo de investigación será del software Hidroesta ya que este último está diseñado para trabajos hidrológicos e ingeniería hidráulica, así mismo, hay un dato faltante en la distribución Log Pearson tipo III, ya que no ajusta con los datos presentados del SENAMHI, esto demuestra que selecciona mejor los datos y su ajuste de pruebas de bondad.

Los caudales máximos de diseño para este trabajo de investigación se asume la distribución Gamma de 2 parámetros, viendo que los ajustes de bondad de Kormogorov smirnov obtenidos para cada distribución, procesados en los softwares Easyfit e Hidroesta, teniendo en cuenta que para la presente investigación se toma los datos del software Hidroesta ya que es un programa dedicado a la hidrología, nos muestra el mejor ajuste de bondad, por lo que se presenta los caudales máximos de diseño para los diferentes periodos de diseño en el siguiente gráfico.

Corroboración

Para poder corroborar los resultados obtenidos en el presente proyecto, se usaron los umbrales de riesgo establecidos y proporcionados por el SENAMHI, por lo que se tiene el siguiente:

Tabla 28: Reporte periodos de transición

Umbral de riesgo (m3/s)			
Normal	Alerta		Emergencia
<300	300-400	400-505	>505
Verde	amarillo	Ambar	Rojo

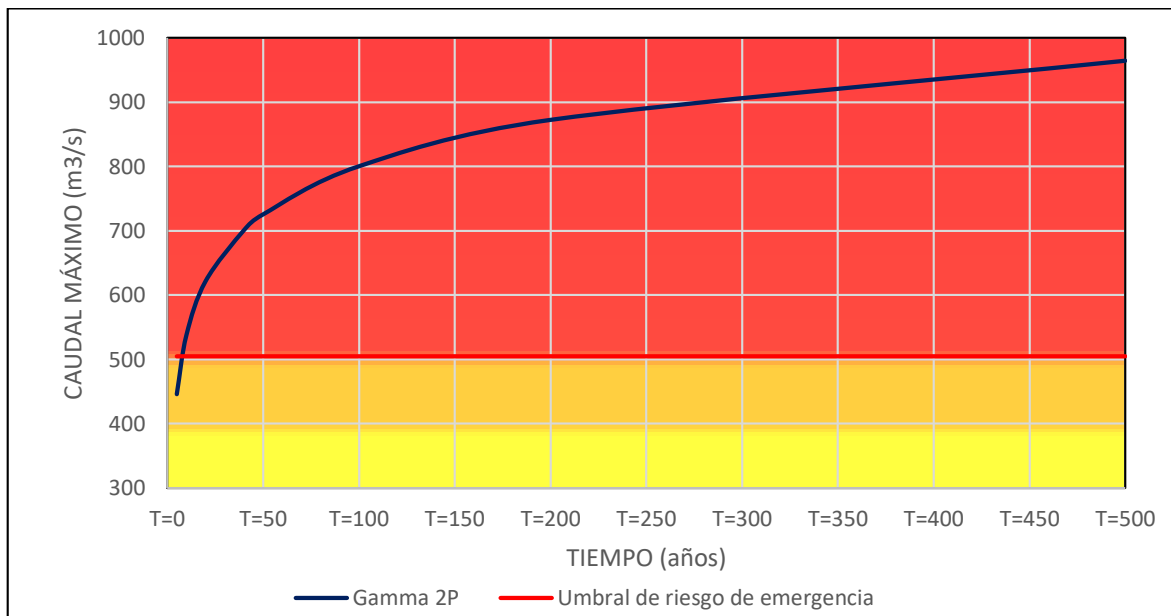


Figura 74: Caudales máximos de diseño por la distribución Gamma de 2 parámetros

En la figura 70 podemos observar los caudales máximos de diseño coloreados con los umbrales de riesgo para el río llave, obtenidos del SENAMHI, esto nos refleja que las proyecciones en los periodos de retorno mayores a 10 años aproximadamente superan los umbrales de peligro para el río llave, que se encuentra en la parte baja de la Cuenca del río llave, esto refleja que las proyecciones con tiempos mayores ponen en emergencia el río.

En el presente trabajo de investigación siguiendo el manual de hidrología del MTC tomaremos un periodo de retorno de T=40 años tomando los resultados de la distribución probabilística Gamma de 2 parámetros el cual tiene mejores resultados en las pruebas de bondad de ajuste de kormogorov smirnov, este

periodo de diseño o periodo de retorno es para obras de defensas rivereñas, que es uno de los propósitos importantes que realiza mi persona para ayudar en los proyectos hidráulicos que se proyectarán en el río llave.

Objetivo específico 4.

Establecer el máximo tirante de diseño para una propuesta de diseño de una defensa ribereña, utilizando los caudales máximos de diseño.

Para poder obtener los diseños proyectados tomaremos uno de todos los datos obtenidos en los objetivos específicos anteriores de los dos métodos realizados tomaremos los resultados de las distribuciones de datos hidrométricos, es decir, los caudales máximos anuales otorgados por el SENAMHI, procesados por las diferentes distribuciones probabilísticas, siguiendo las recomendaciones del manual de hidrología del MTC se tomará el dato proyectado en la distribución Gamma de 2 parámetros y un periodo de retorno de 40 años, para lograr el diseño de defensa rivereña se empleará los softwares Civil 3D, HEC – RAS y RIVER en el que modelaremos el río llave, en las zonas de riesgo, siguiendo los siguientes pasos: Crear Nuevo proyecto, introducir datos hidrométricos, datos topográficos de la zona en estudio, para esta parte de la investigación se tomará un segmento de las zonas de riesgo.



Figura 75: Levantamiento topográfico de un segmento del rio llave



Figura 76: Monumento de punto de estación ST-01

En la foto se puede apreciar el rio en condiciones de estiaje, de un segmento en la comunidad de Tara, distrito de Pilcuyo, Provincia El Collao, en la que haciendo uso de una estación total se realizó el levantamiento topográfico de esta zona, ya que en este lugar hubo una crecida del cauce peligroso, filtrando el agua hacia

las zonas agrícolas cercanas, dañando así la producción anual de productor agrícolas que ayudan a la economía de la población de esta zona, por lo que se tomó la decisión de realizar parte del estudio de investigación precisamente en este segmento del río, para así diseñar una propuesta de defensa ribereña, para mejorar estas condiciones ya mencionadas. Para este trabajo se realizó la monumentación de un punto de estación (ST-01) para proceder con el correcto procedimiento de trabajo.

Los datos obtenidos en campo se procesan haciendo uso del software Autocad Civil 3D, siendo este paso importante para poder tener una sección real del río para poder diseñar las formas y dimensiones oficiales lo cual se diseñó la superficie el alineamiento y las secciones cada 40 metros como se muestra a continuación:

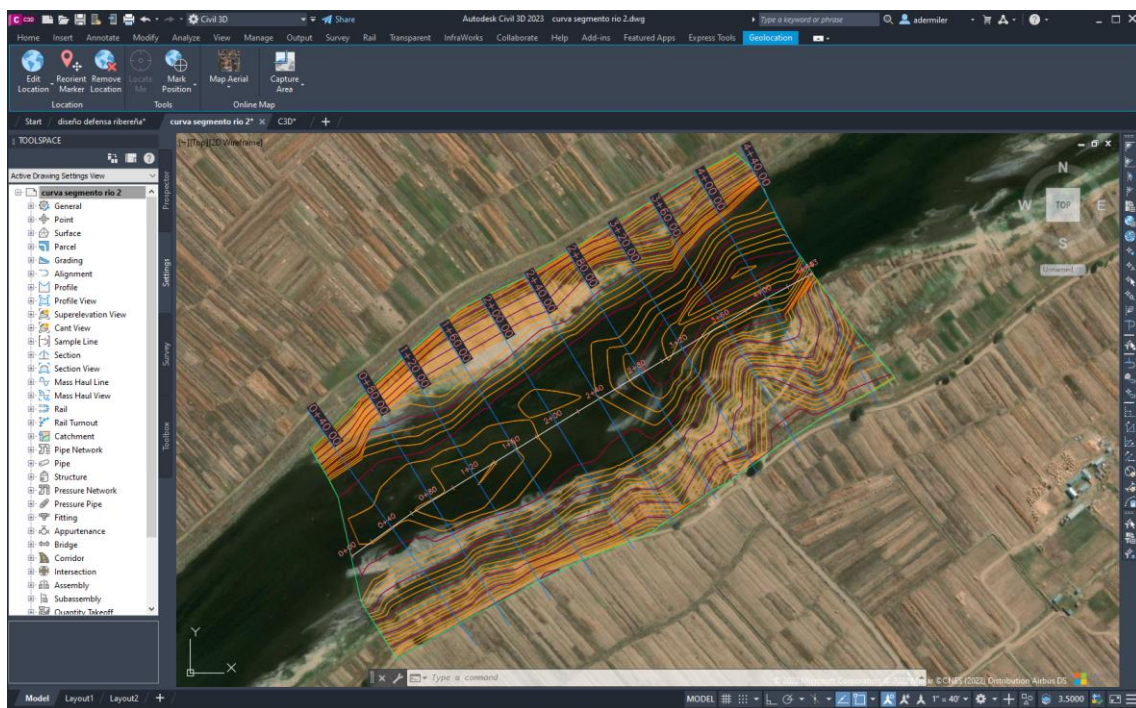


Figura 77: Procesamiento de datos en el software Autocad Civil 3D

Para los siguientes datos requeridos para el siguiente procedimiento que se tiene en el software Autocad Civil 3D se debe exportar al software HEC – RAS, los cuales se realizan por partes, los cuales se administran al software para poder modelar la sección del río, siendo de la siguiente manera

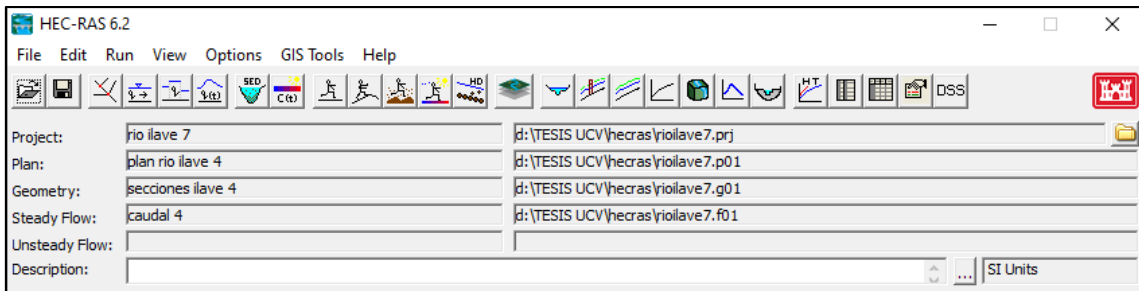


Figura 78: Introducción de datos necesarios para el software HEC – RAS

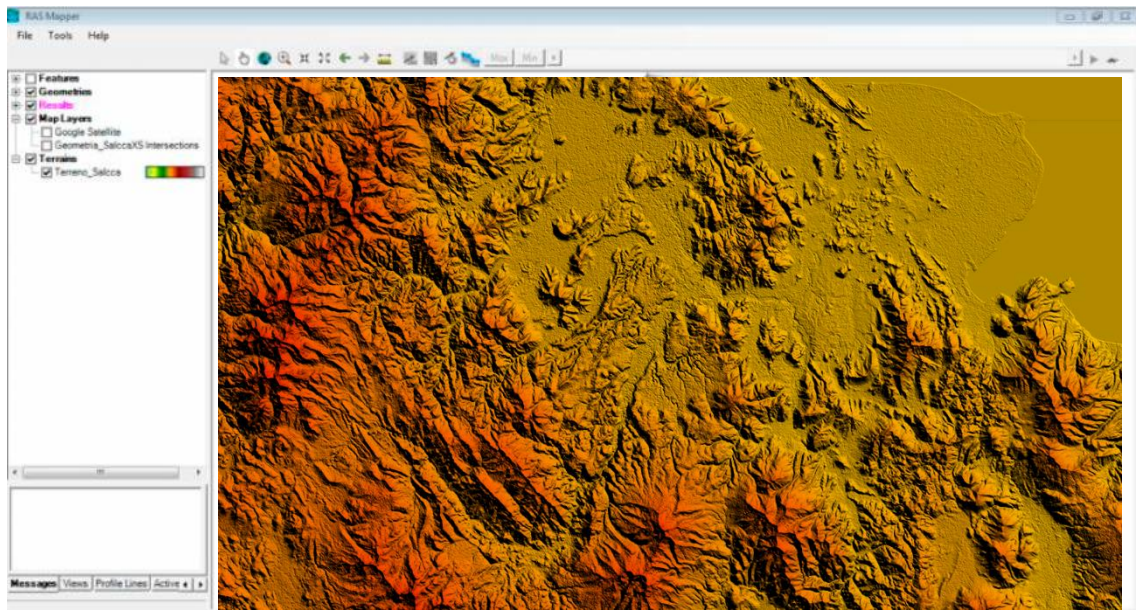


Figura 79: Modelamiento de la parte baja de la cuenca del Rio llave en el software HEC – RAS.

En las figuras 72, 73 y 74, se puede apreciar la introducción de datos en los softwares usados para proceder con el procesamiento de los mismos, tomando como base los datos obtenidos en campo mediante el levantamiento topográfico, así mismo, estos softwares tienen la capacidad de verificar y mostrar errores si es el caso, de esta manera verificar los datos y mejorar las condiciones del trabajo para tener un óptimo resultado, siendo los siguientes:

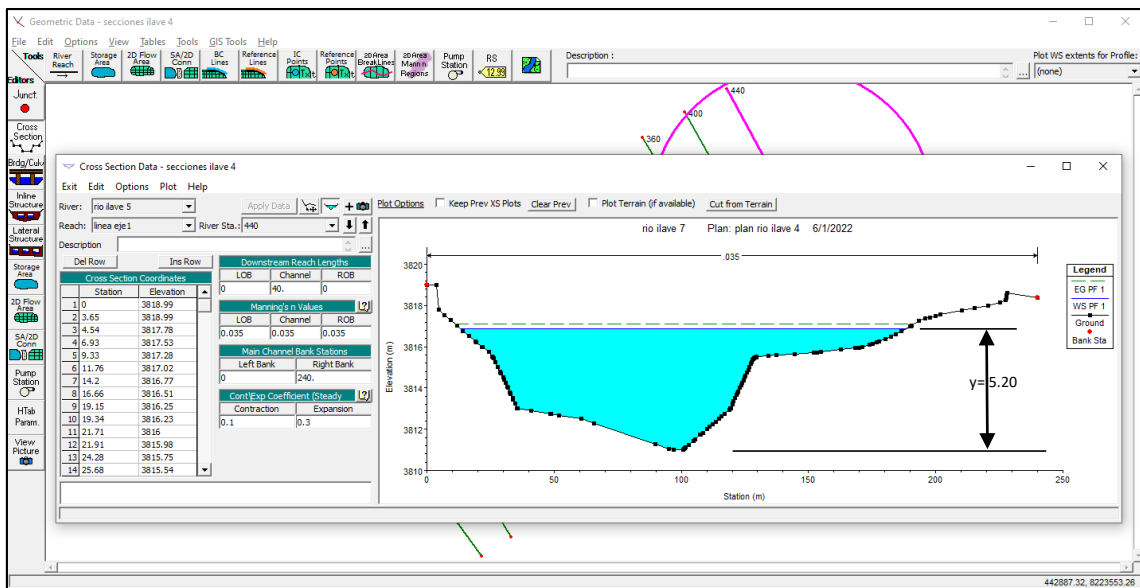


Figura 80: Resultados de modelamiento del río en el software HEC – RAS

Interpretación: en la figura 76 se observa una sección del río en condiciones de caudales máximos para un tiempo de retorno de 140 años, que es lo que recomienda el cálculo que muestra en el manual de hidrología del MTC, para el diseño de defensas ribereñas, por lo que podemos observar que el nivel del agua llega al 80% de la altura total del río, teniendo en cuenta que, en estas condiciones el nivel del agua está casi al mismo nivel del terreno natural que se encuentra fuera de las riveras del río llave, en consecuencia el agua filtra hacia las zonas agrícolas aledañas a causa del terreno que no se encuentra correctamente compactado para cubrir las riveras del río de forma apropiada, por lo que requiere de un diseño de **defensa ribereña del tipo dique enrocado lateral**, para lo cual se usará el software River, que ayuda en el dimensionamiento de defensas ribereñas.

CALCULOS HIDRAULICOS - DIQUES LATERALES

PROCESAR PAGINA IMPRIMIR

PROYECTO: DEFENSA RIBEREÑA - RIO ILAVE

Información Inicial

Caudal (Q)	P. Retomo	Pendiente
621.23	140	0.00250

Ancho Estable del Cauze (B)

Recomendacion Practica	102.31
Metodo de Petits	140.41
Metodo de Simons y Henderson	72.28
Metodo de Blench y Altunin	93.47
Metodo de Manning y Strickler	36.03

Seccion Teorica del Cauze

Metodo de Manning	Plantilla (B)
	89.00

Tirante (Y)	Ancho (T)	Talud (Z)
5.13	109.54	2.00

Area (A)	Perimetro	B. Libre (Bl)
509.75	111.96	1.37

Velocidad	Nº Froude	Rugosidad
3.924	0.553	0.0350

Dimensiones del Dique

Forma Dique: Recto Curva

Tipo de Suelo: No Cohesivo Cohesivo

Ws (Tn/m3): 2.00

Radio Curva: []

Metodo de U. List Van Levediev

Dique en Recta: Tirante de Socavacion (m): 3.07

Dique en Curva: Tirante de Socavacion (m): []

Profundidad de Socavacion (m): 0.47

Altura de Uña: 0.00

Altura de Dique: 3.30

Altura Total (m): 3.30

Diseño Preliminar Sugerido

	D.Recto	D.Curva
Ancho Corona (m)	5.5	[]
Altura Dique (m)	6	[]
Altura Enrocado	6	[]
Altura Uña (m)	2	[]
Ancho de Uña (m)	2	[]
Altura Total (m)	3.30	[]

Figura 81: Introducción de datos al software River, usando datos del rio y fórmulas que el software tiene por defecto y diseñadas para este trabajo

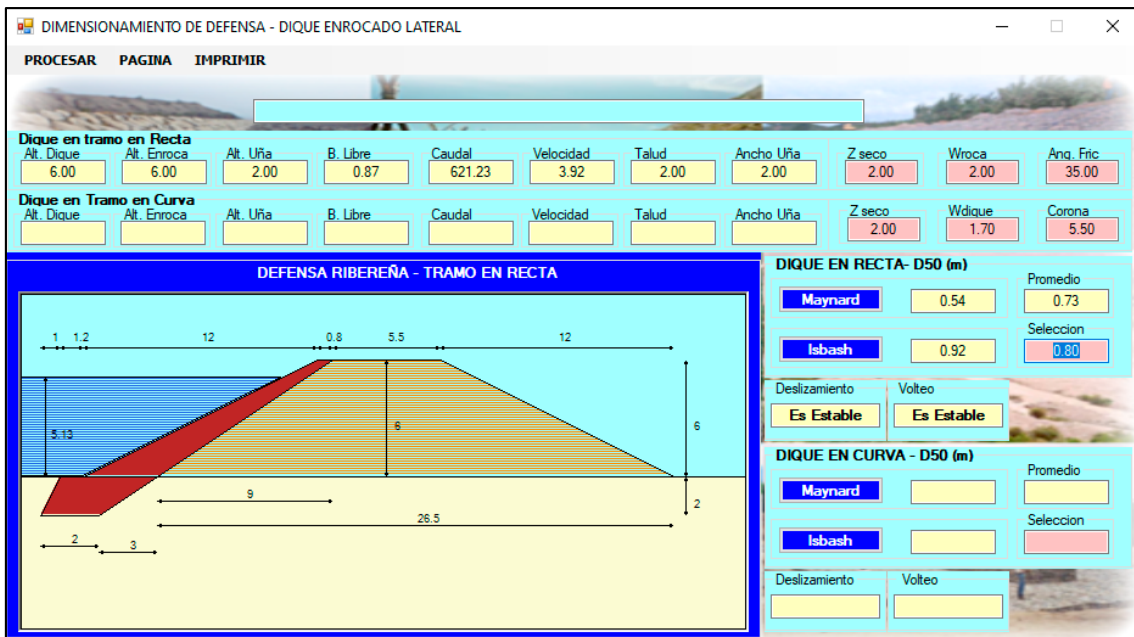


Figura 82: Aquí se aprecia las dimensiones consideradas para el diseño, y que el software River evalúa como estable ante el deslizamiento y el volteo

Interpretación: El Software River nos muestra los resultados de sus cálculos para el diseño de defensas ribereñas, para lo cual emplea las fórmulas de métodos conocidos, tales como, método de Petits, método de Simons y Henderson, método de Blench y Altunin, y el método de Manning y Strickler, siendo este software confiable ya que fue diseñado por el ingeniero Emilse Benavides C. quien es profesional especialista de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) del Ministerio de agricultura, de esta manera obtenemos las dimensiones viables para el diseño de la defensa ribereña.

Una vez determinadas las dimensiones viables y que son estables ante el deslizamiento y el volteo se procedió a diseñar la defensa ribereña para los bordes laterales del rio llave en las zonas de riesgo, como se muestra en la siguiente figura:

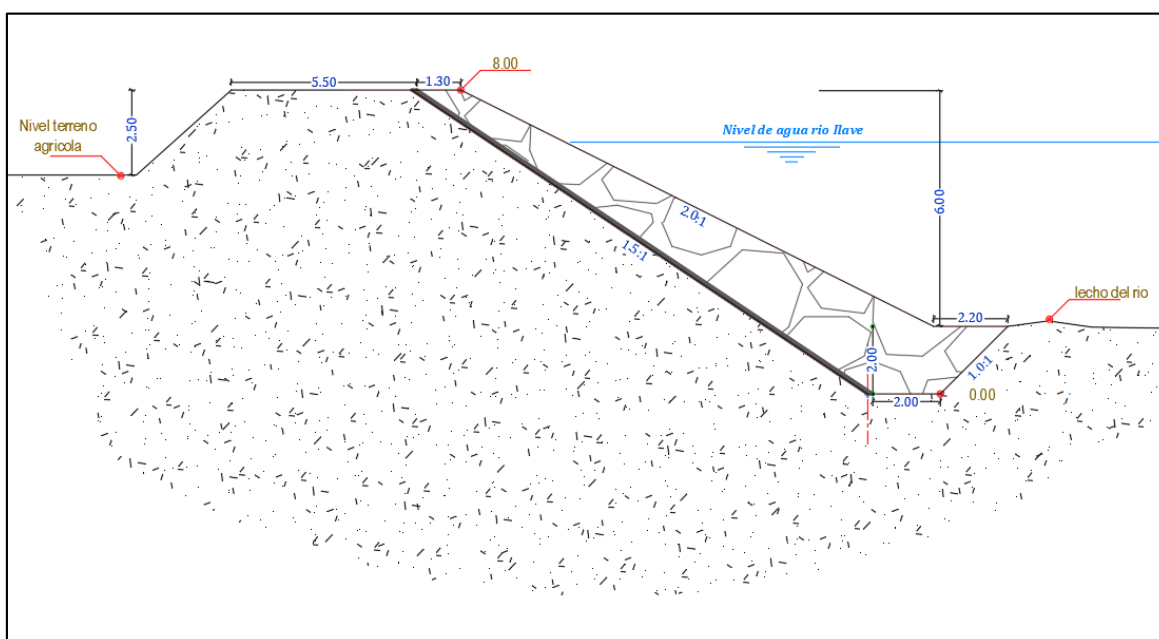


Figura 83: Diseño de la defensa ribereña del tipo dique lateral enrocado, para la prevención de inundaciones y filtraciones del rio llave en las zonas aledañas.

Con este diseño se puede aliviar las condiciones de riesgo para las pobladores de la zona, siendo que tenemos una defensa ribereña de una altura total de enrocado de 8.00m con un talud de 2:1, y la el talud de la base es 1.5:1, el ancho

de la corona sin enrocado es de 5.50m, asimismo se puede apreciar que la uña tiene un talud hacia el interior del dique, a diferencia del diseño que se muestra en el software River, que muestra la uña hacia el lecho del río, esta diferencia se debe a la socavación, siendo más estable frente a la socavación este último diseño, por lo que las dimensiones de la uña son 2.00m de la base y 2.00m de altura, para contrarrestar el volteo, una altura de dique desde la base superior de la uña hasta la corona de 6.00m, teniendo de esta manera un diseño estable frente a las condiciones de riesgo que demanda la zona en épocas de avenida máxima.

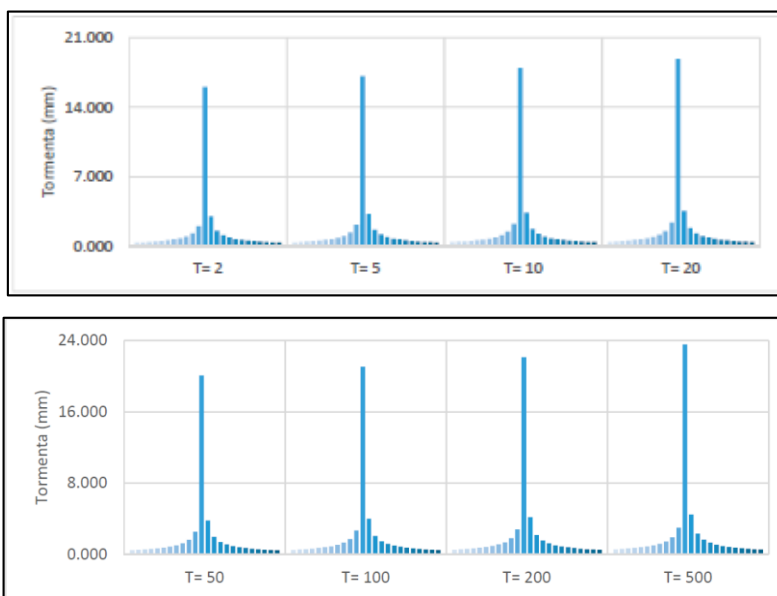
V. DISCUSIÓN

En cuanto al trabajo desarrollado en la presente investigación, se analiza las siguientes discusiones a nivel de resultados.

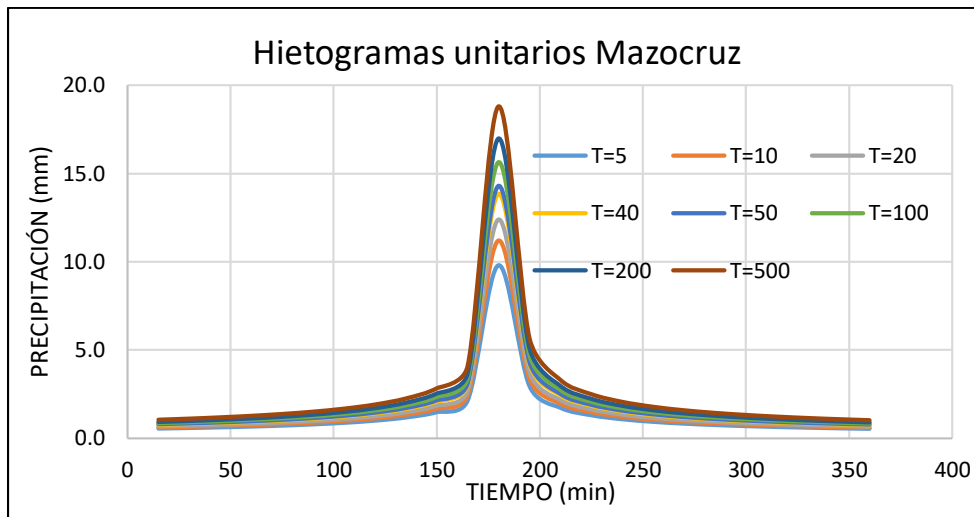
1. **Discusión 1.** Para el presente trabajo se requieren algunos cálculos previos que pertenecen al proceso de determinación de los caudales máximos de diseño.

Hietograma

Para **Zela (2021)**, Determinó los hietogramas unitarios de diseño basados en las tormentas de diseño para lo cual tomó las curvas IDF de la zona de Cusco que es la zona donde se encuentra la cuenca de su estudio, determinando estos hietogramas para cada periodo de retorno, como se muestra a continuación.



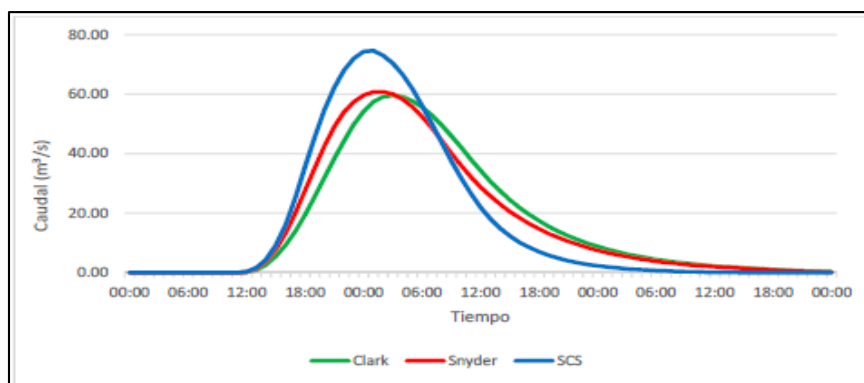
En el presente trabajo de investigación se realizó los hietogramas de diseño de la misma manera tomando como valores de referencia para la tormenta de diseño las curvas IDF, realizado en el año 1983, realizado para una tormenta de diseño de 6 horas de duración y para cada estación de la cuenca del rio llave como se muestra a continuación:



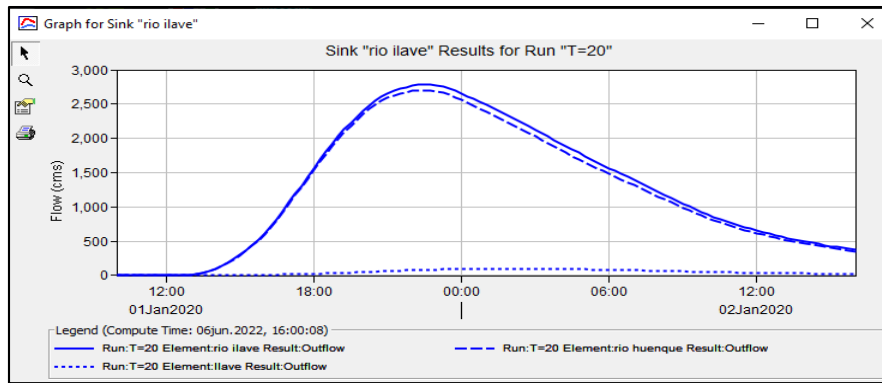
Los dos trabajos de investigación muestran unos hietogramas de diseño muy similares para cada tiempo de retorno, teniendo un pico en el centro del gráfico, teniendo en consecuencia una COINCIDENCIA en la discusión de ambos resultados

Hidrograma.

En el trabajo de **Zela (2021)**, nos muestra los hidrogramas calculados por diferentes métodos de cálculo de hidrogramas en el software HEC-HMS siendo estos los métodos, Snyder, Clark y SCS, teniendo como resultado 3 curvas de hidrogramas para cada periodo de retorno, siendo de la siguiente manera:



En el presente trabajo de investigación se realizó los cálculos de hidrogramas por el método SCS, haciendo uso del software HEC-HMS, tomando como base las 4 estaciones que están dentro de la cuenca del rio ilave, siendo el resultado siguiente:

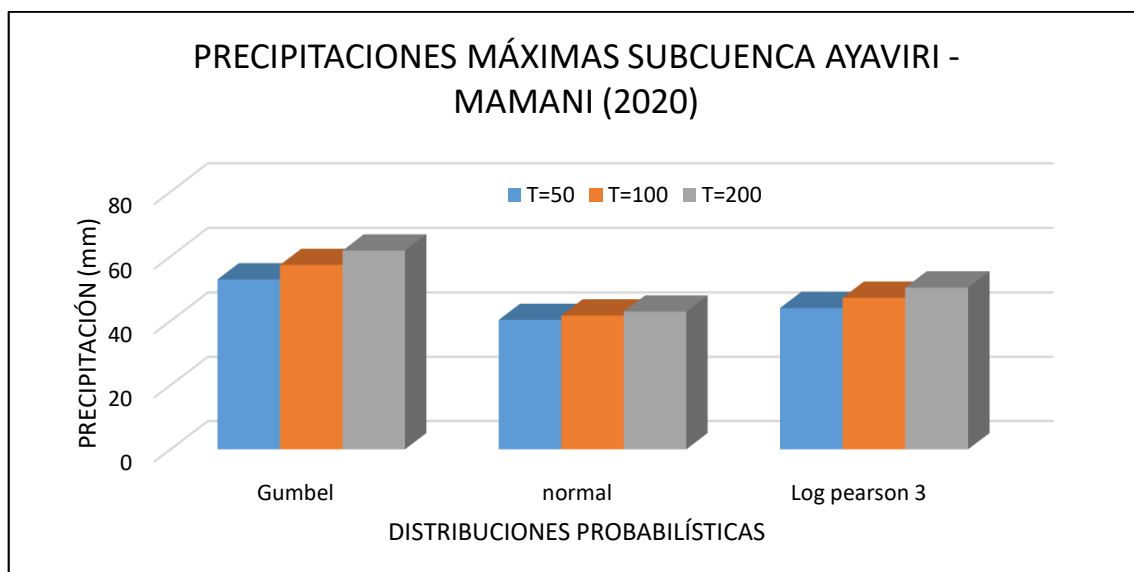


En ambos trabajos de investigación se hace uso del software HEC-HMS, diferenciándose en los métodos de cálculo utilizados, y la cantidad de estaciones consideradas para dicho cálculo, mostrando gráficos de campana con el pico aproximadamente en el 35% del tiempo de la tormenta de diseño, mostrando SIMILITUD en los resultados

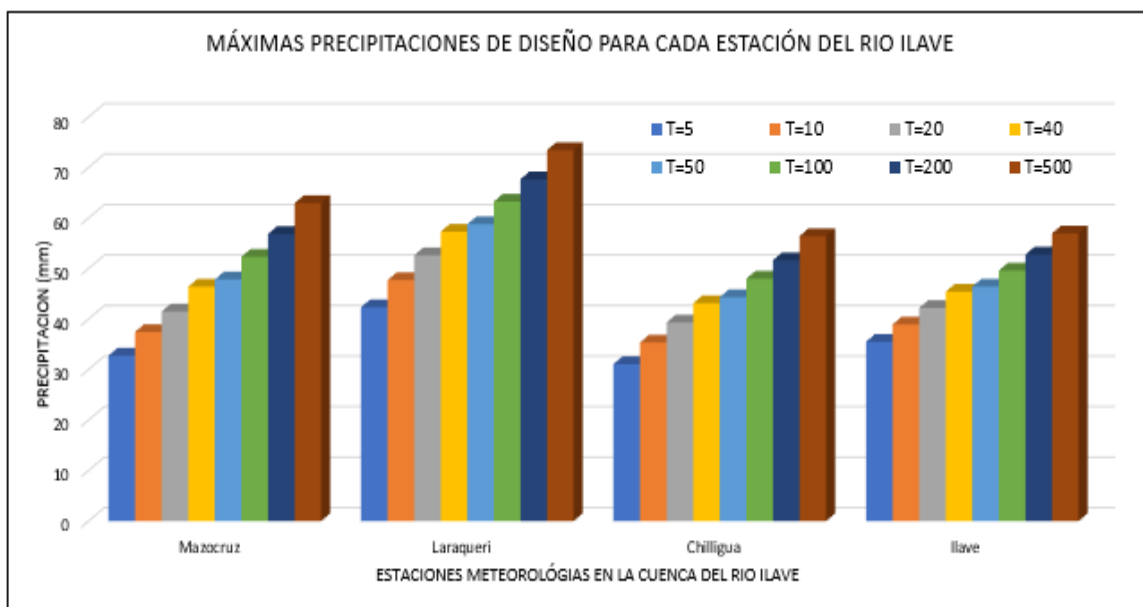
2. **Discusión 2. Objetivo específico 1**, Determinar las máximas precipitaciones de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la cuenca del rio llave.

Máximas precipitaciones de diseño.

En el trabajo de **Mamani (2020)**, realizó los cálculos de precipitaciones máximas de diseño de la subcuenca Ayaviri, tomando como base el promedio de de precipitaciones de la cuenca teniendo como resultados los siguientes valores que muestra como resultados



En el presente trabajo de investigación se calculó las precipitaciones máximas de las 4 estaciones por separado tomando estas consideraciones para los cálculos posteriores, tendiendo los siguientes resultados obtenidos para cada periodo de retorno.



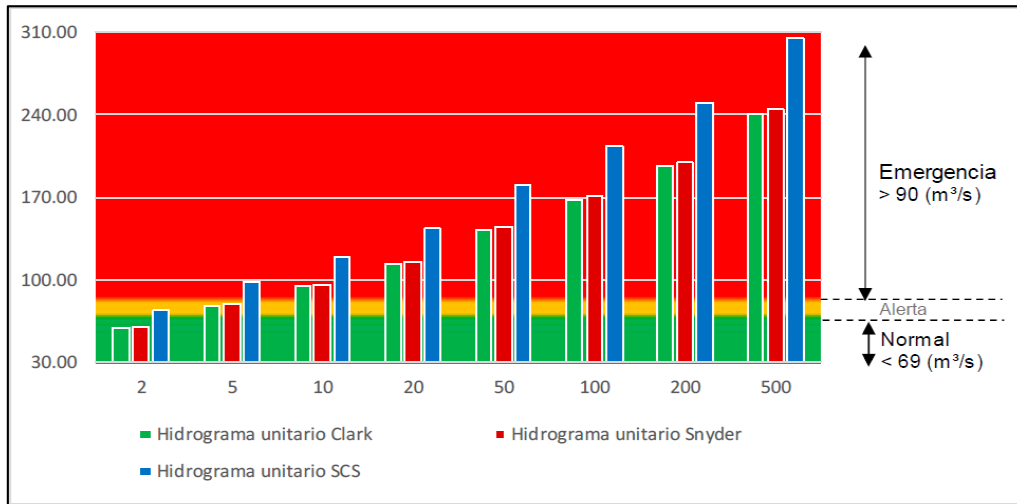
En ambos trabajos de investigación se realizó las distribuciones probabilísticas como método de cálculo de precipitaciones máximas de diseño para la investigación tendiendo como principal diferencia los métodos utilizados, sin embargo, en ambos trabajos se generan los gráficos con las mismas tendencias de crecimiento, y utilizando las distribuciones recomendadas por el manual de hidrología del MTC, por lo que genera una SIMILITUD

3. Discusión 3. Objetivo específico 2, Determinar los máximos caudales de diseño aplicando el método hidrológico.

Máximos caudales de diseño.

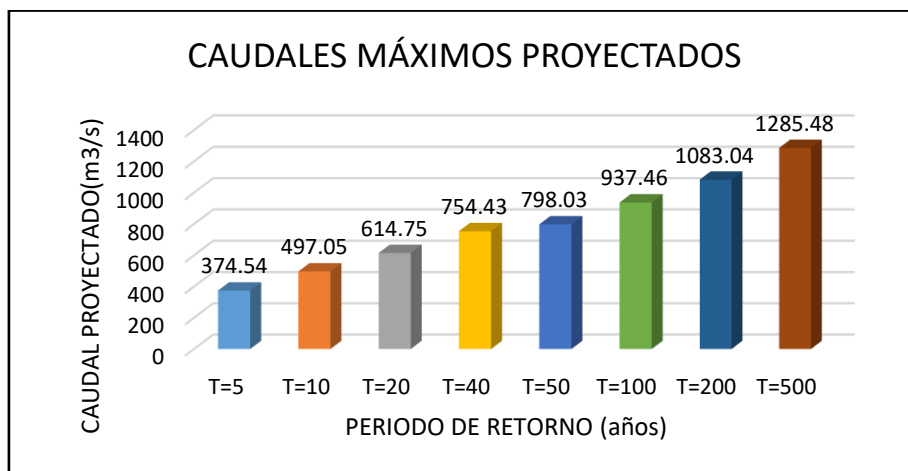
En el trabajo Zela Galiano (2021), en su primer objetivo específico, realiza el análisis de caudales en intervalos anuales para poder realizar el análisis estadístico, tomando los datos obtenidos del SENAMHI, y utilizando el software easy fit, de esta manera obtiene los caudales máximos de diseño mediante las distribuciones Gumbel, distribución Log Pearson Tipo III, Distribución Log normal

3P, distribución Gamma 3P, distribución normal, concluyendo que las distribuciones Log normal 3P, distribución gamma 3P, distribución log Pearson tipo III y distribución Gumbel fueron los que mostraron mejores resultados estadísticos, exceptuando la distribución normal.



Caudales máximos, tesis Zela

Los resultados obtenidos en la presente investigación se tomó los datos de precipitaciones máximas en 24hr anuales de 4 estaciones en la cuenca del rio llave los cuales fueron analizados con los métodos probabilísticos recomendados en el manual de hidrología del MTC de manera que en cada estación se tomó la distribución con el mejor ajuste de bondad de kolomogorov smirnov, para generar una tormenta de diseño y su respectivo hietograma unitario para luego poder introducir esos datos en el software HEC – HMS y así obtener los caudales máximos .



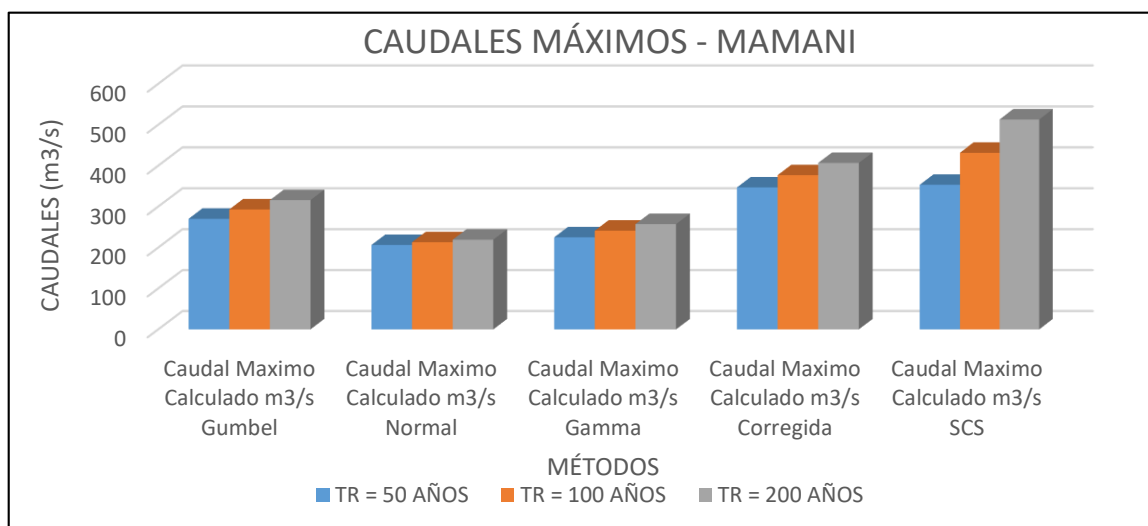
Los dos trabajos conllevan procedimientos similares, sin embargo, en el trabajo de Zela solo contempla una sola estación, a diferencia del presente trabajo que contempla 4 estaciones, debido al mayor área de la cuenca, lo que conlleva un aumento en el rango, así como disminuye la precisión de los resultados, mostrando una mejora en el proceso de determinación de caudales máximos, mostrando una SIMILITUD en los resultados obtenidos.

4. Discusión 4. Objetivo específico 3, Determinar los máximos caudales de diseño con métodos hidrométricos.

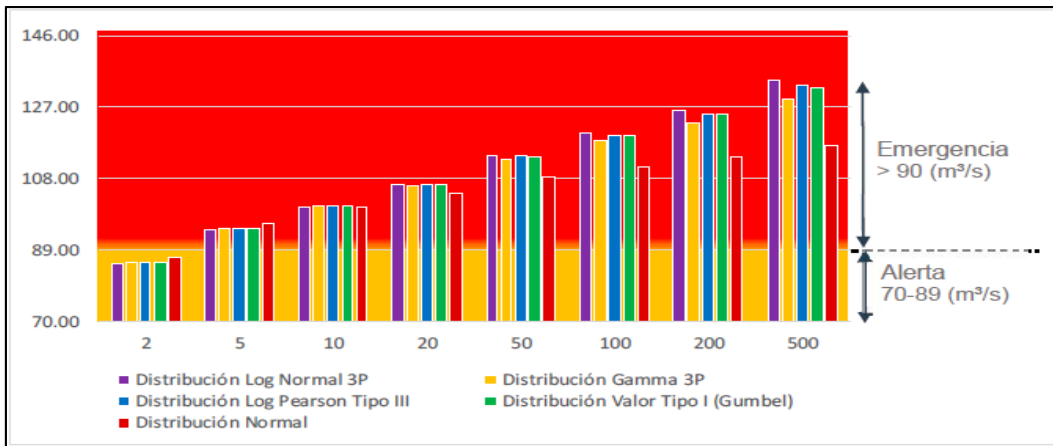
Máximos caudales de diseño.

Mamani (2021), en su investigación realiza los cálculos de diseño usando las precipitaciones máximas en 24 hrs anuales obtenidas del senamhi, estos datos fueron procesados usando los métodos de SCS con un software para poder hallar los caudales máximos de la cuenca, señalando como conclusiones que los resultados de caudales determinados usando estos métodos estadísticos no difieren de forma significativa.

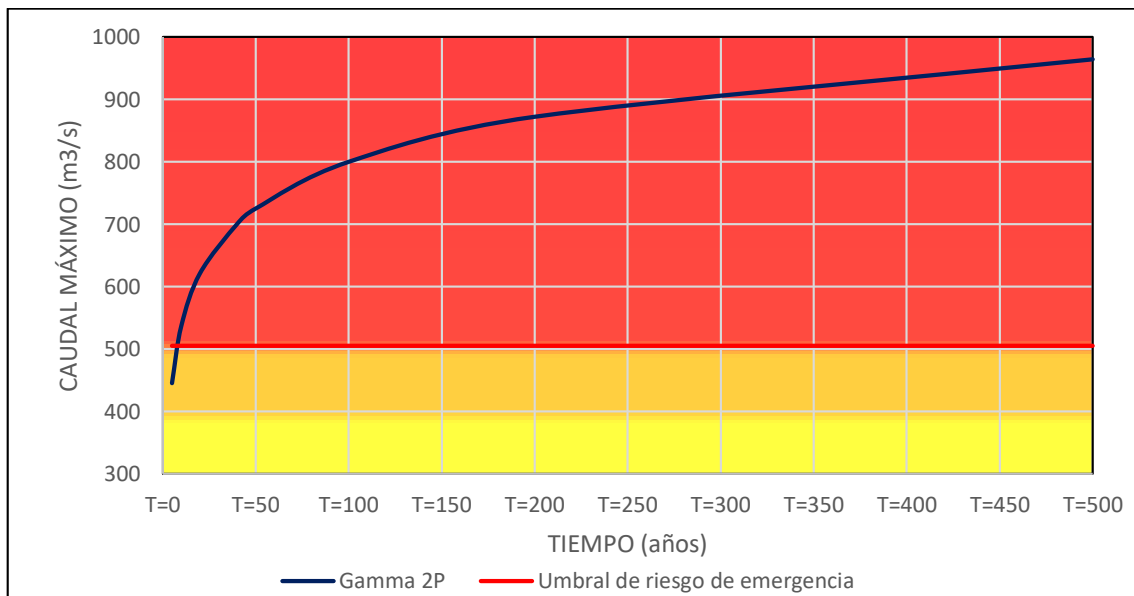
Caudales máximos de diseño, Tesis Mamani:



Zela Galiano (2021), en su investigación usa datos hidrométricos para poder encontrar los caudales máximos usando métodos hidrometeorológicos para diferentes periodos de diseño, con los datos de precipitaciones obtenidas de la entidad SENAMHI, mediante el uso del software HEC HMS, modeló el cauce principal de la cuenca del río Salcca.



En el presente trabajo se realiza el mismo procedimiento de cálculo recomendado por el manual de hidrología del MTC para determinar los caudales máximos del río ilave, con los diferentes tiempos de retorno $t=5$ años, $T=10$ años, $T=20$ años, $T=40$ años, $T=50$ años, $T=100$ años, $T=200$ años, $T=500$ años, con la diferencia que los datos utilizados para esta parte del trabajo son los caudales máximos anuales del río ilave los cuales fueron otorgados por el SENAMHI.



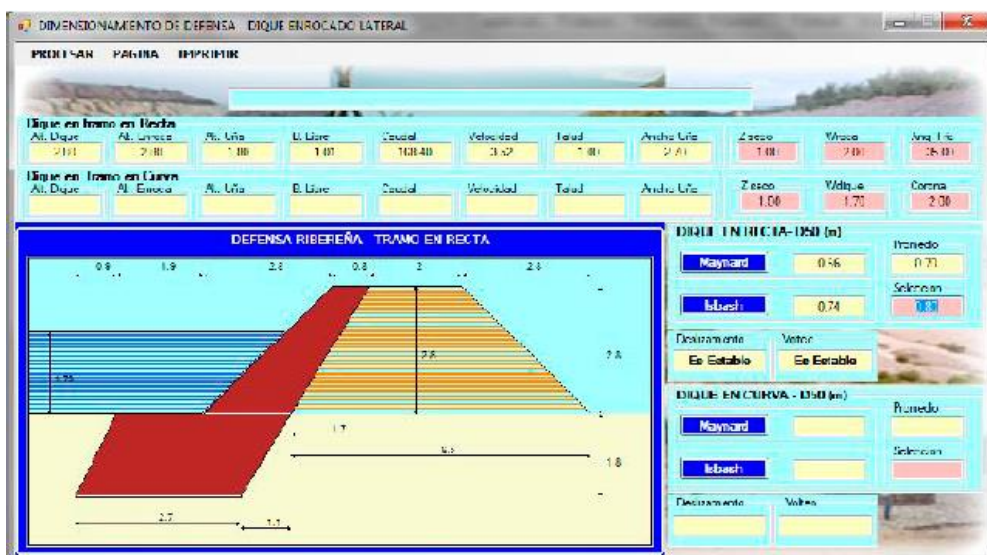
Los resultados de los antecedentes de Mamani y Zela solo presentan 3 distribuciones y 5 distribuciones respectivamente, a diferencia del presente trabajo que se realizó 8 distribuciones, los cuales son recomendados por el manual de hidrología del MTC, lo cual nos da una mayor proyección de datos, lo que conlleva a tomar una mejor opción para los procedimientos siguientes

respecto a las medidas preventivas en situaciones críticas del río llave que se encuentra en la parte baja de la cuenca del río llave.

5. Discusión 5. Objetivo específico 4, Establecer el máximo tirante de diseño para una propuesta de diseño de una defensa ribereña, utilizando los caudales máximos de diseño.

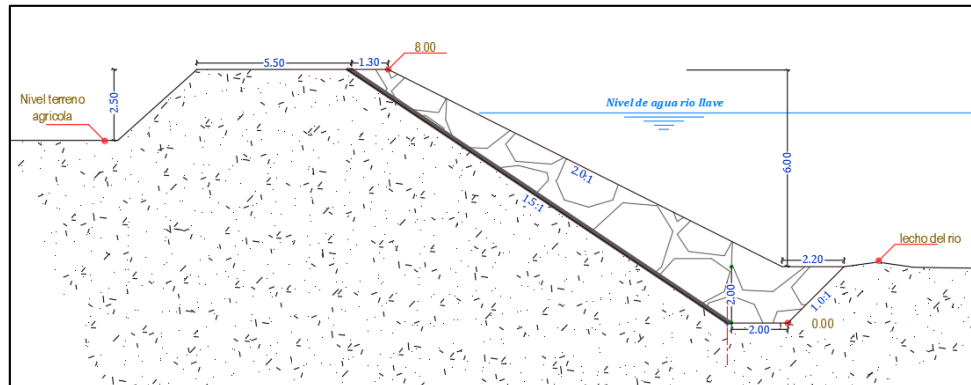
Máximos tirantes de diseño

Zela Galiano (2021) en su investigación considera una propuesta de diseño para ayudar a mitigar las posibles inundaciones con los caudales máximos obtenidos luego de haber usado los métodos ya mencionados anteriormente, y haciendo uso del software HEC RAS, en el cual se realiza un modelamiento del río para poder analizar las posibles fallas del río en su capacidad máxima, proponiendo un plan de análisis y simulación del modelo creado.



En el presente trabajo se determina la propuesta de diseño de defensa ribereña con el resultado de los caudales máximos de diseño obtenidos en el objetivo específico 3 y calculando el tirante máximo de diseño a una altura de 5.20m desde el lecho del río mostrando así la defensa ribereña , para esto se desarrolló con los softwares Autocad Civil 3d, HEC-RAS y River, además de algunos métodos hidráulicos integrados al software para los tiempos de retorno, además de algunos datos adicionales del río y sus características, por lo que este diseño sugerido se realizó para poder mitigar los posibles daños por el desborde del río,

afectando a los pobladores de las zonas aledañas, pudiendo generar daños materiales en la zona agrícola, ganadera y daños materiales en viviendas.



La principal diferencia con el antecedente de Zela Galiano (2021), son los datos recopilados de la zona de estudio, ya que en este trabajo de investigación se realizó un levantamiento topográfico para mayor precisión de trabajo, mientras que en el trabajo de Zela Galiano (2021) se tomó datos satelitales para el mismo fin, haciendo que los resultados y diseño realizados en la presente investigación sean con resultados reales que se ajustan a las medidas reales de campo, creando una propuesta realista para un problema real, por lo que estos resultados muestran DISCREPANCIA en sus resultados.

VI. CONCLUSIONES

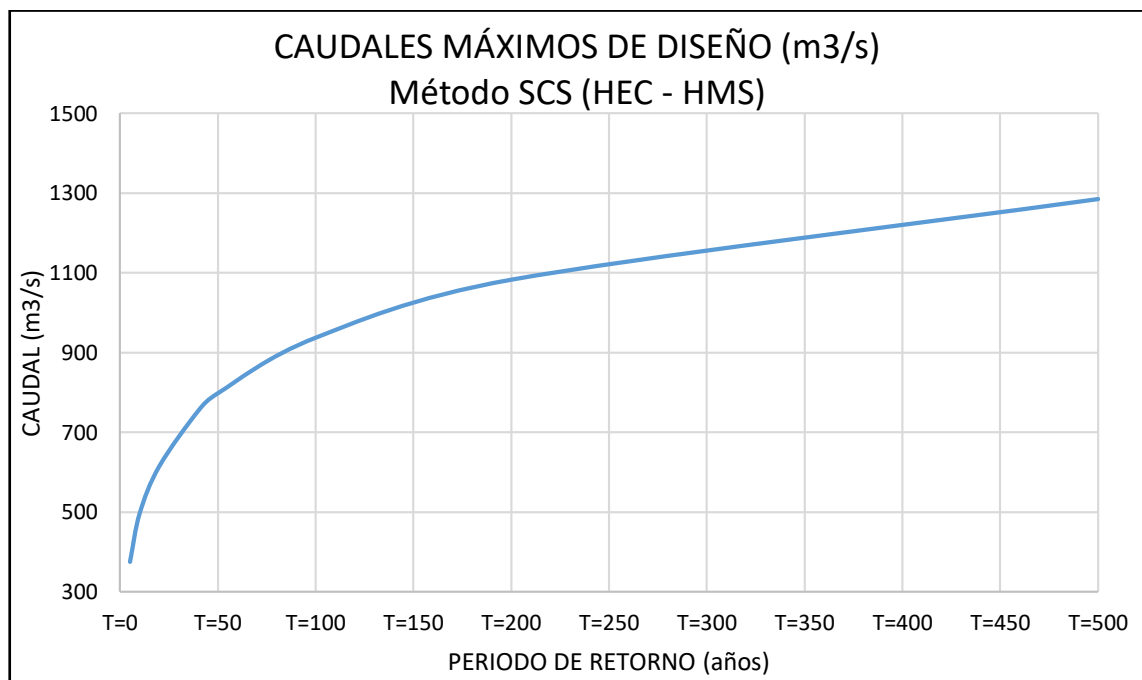
Los resultados obtenidos de las distribuciones estadísticas recomendadas en el manual del MTC tenemos las siguientes conclusiones con respecto a los objetivos.

- Los caudales máximos de diseño obtenidos fue seleccionado de acuerdo a la trascendencia de la información utilizada para cada metodología, es decir, en el caso de los métodos probabilísticos aplicados a las precipitaciones máximas en las diferentes zonas de la cuenca del río llave no son tan confiables en la presente investigación ya que requiere un estudio mucho más minucioso, además que es de mayor utilidad a diferentes especialidades tales como, ingeniería agrícola, ingeniería ambiental, ingeniería agraria y similares, ya que las condiciones que requiere dichos métodos están relacionados con las condiciones generales de la cuenca, tales como, evapotranspiración, capacidad de infiltración del suelo, terrenos agrícolas, los diferentes tipos de suelos, manantiales, entre otros factores que son difíciles de considerar, además, habiendo estudiado 4 estaciones pluviométricas, tener en cuenta la probabilidad de que las 4 estaciones coincidan en tener la tormenta con la precipitación máxima posible, teniendo en cuenta estas consideraciones resulta mejor analizar los caudales aforados y registrados por el SENAMHI; sin embargo, los resultados obtenidos en ambos métodos coinciden en un 97.3%, es decir, que ambos tienen igual valor para el diseño de estructuras hidráulicas.
- Se realizó los cálculos usando los métodos probabilísticos convencionales recomendados en el manual de hidrología del MTC que son: Distribución normal, distribución Log normal de 2 parámetros, distribución log normal de 3 parámetros, distribución gamma de 2 parámetros, distribución Gamma de 3 parámetros, distribución Log Pearson tipo III, distribución Gumbel y distribución log Gumbel de 2 parámetros, haciendo uso de dos softwares, Hidroesta y Easyfit, mostrando resultados similares, sin embargo se tomó los valores del software Hidroesta ya que este está especializado en cálculo de datos para trabajos hidrológicos e hidráulicos, luego realizar los ajustes de bondad de kolmogorov smirnov se tuvo el mejor ajuste para la estación

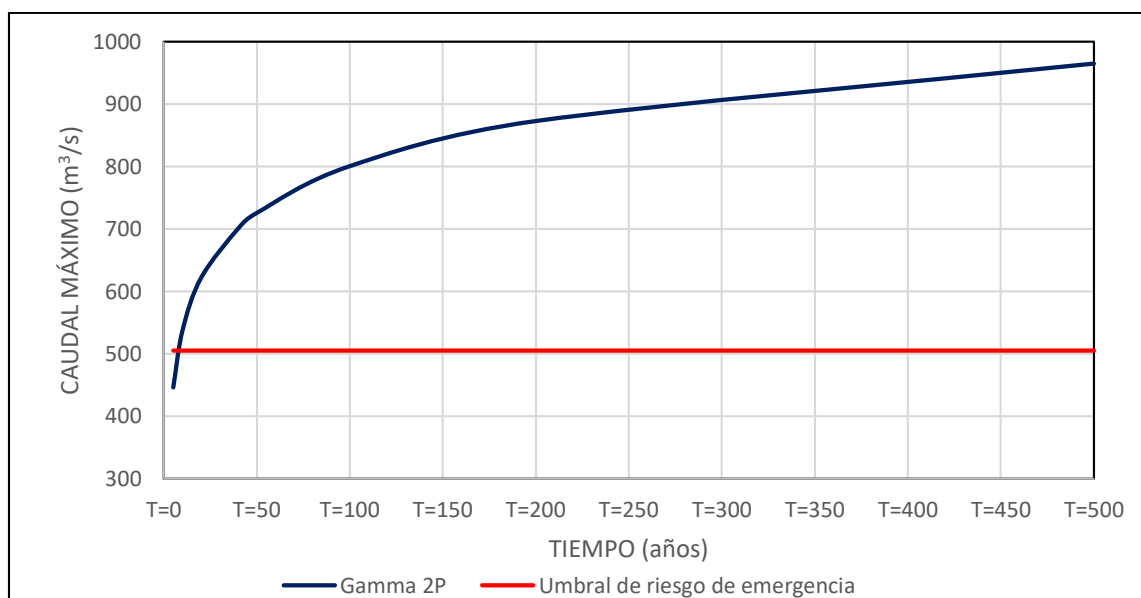
de Mazocruz la distribución Log Pearson tipo III, para la estación de Chilligua la distribución log Normal 2P, para la estación de Laraqueri la distribución Log normal 3P, para la estación de llave la distribución Gumbel, luego se insertó estos datos en el software HEC – HMS, en el que se procesó los datos para cada tiempo de retorno y usando el método de servicio de conservación de suelos (SCS) se muestran los datos obtenidos para cada tiempo de retorno, son los siguientes:

CAUDALES MÁXIMOS DE DISEÑO Método SCS (HEC - HMS)	
P. RETORNO (años)	CAUDAL (m3/s)
T=5	374.54
T=10	497.05
T=20	614.75
T=40	754.43
T=50	798.03
T=100	937.46
T=200	1083.04
T=500	1285.48

Estos caudales máximos se desarrollan en el tiempo de la siguiente manera:

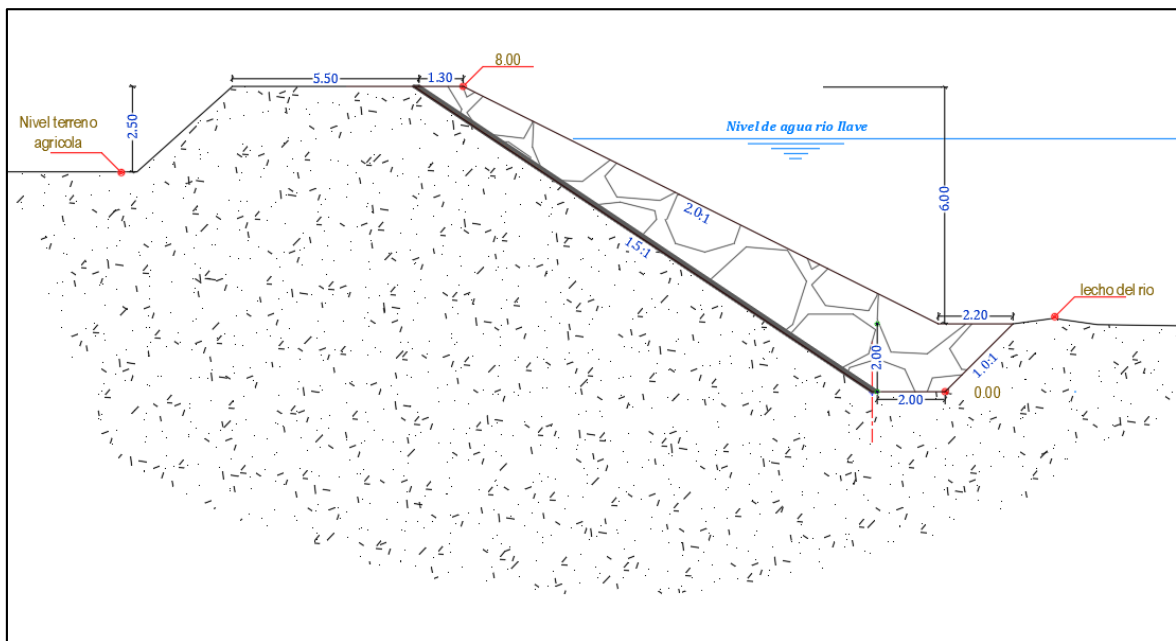


- El análisis hidrométrico realizado con los datos de caudales máximos anuales de la cuenca del río llave usando los métodos probabilísticos convencionales y realizando los ajustes de bondad de kolmogorov smirnov nos dio como resultado el mejor ajuste de bondad la distribución Gamma de 2 parámetros, por lo que nos dio como resultados para T=5 años un caudal máximo Q=445.53 m³/s, para T=10 años un caudal máximo Q=537.14m³/s, para T=20 años un caudal máximo Q=621.23 m³/s, para T=40 años un caudal máximo Q=700.48 m³/s, para T=50 años un caudal máximo de 725.21 m³/s, para T=100 años un caudal máximo Q=800.09 m³/s, para T=200 años un caudal Q=872.32 m³/s nos muestra resultados con mayor confiabilidad, ya que los datos otorgados por el SENAMHI, es la medida objetiva tomada en el río, usando herramientas especializadas para dicha causa, por lo que estos datos serán considerados para el último objetivo específico en el diseño de la defensa ribereña, el siguiente gráfico nos muestra la curva de caudales máximos de diseño de la distribución Gamma de 2 parámetros ya que esta distribución presenta el menor valor en los ajustes de bondad de kolmogorov smirnov, por consiguiente es el que tiene el menor porcentaje de probable error.



Asímismo, la línea roja representa el umbral de emergencia, dato que fue publicado por el SENAMHI en el 2020.

- Se realizó el diseño de la propuesta de una estructura preventiva en caso de caudal que supere el umbral de riesgo de emergencia, el cual realizando un análisis de forma de las orillas del río es una defensa ribereña tipo dique enrocado lateral para este procedimiento se hizo un levantamiento topográfico de un segmento del río en una zona con tendencias a ser vulnerable, para luego procesar toda esa información en los siguientes softwares: Autocad Civil 3d, HEC – RAS y RIVER, además se tomó el resultado obtenido en el objetivo específico 2 para un periodo de retorno de 40 años, es decir un caudal de $700.48 \text{ m}^3/\text{s}$, dando como resultado un diseño de altura de enrocado total de 8.00m , ancho de corona de 5.50m altura de talud enrocado 6.00m , una uña de altura 2.00m así como su ancho de 2.00m , sus taludes exterior del enrocado de $2:1$ y el talud interior $1.5:1$, tal como se muestra en la siguiente figura:



VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de los resultados de caudales máximos obtenidos por los métodos probabilísticos convencionales para futuros proyectos de estructuras hidráulicas, usando un buen criterio de diseño.
- Se recomienda a las instituciones encargadas de administrar los recursos hídricos mejorar sus equipos ya que en países desarrollados ya cuentan con equipos con mejores resultados, esto podría ayudar a tener mejores predicciones de fenómenos naturales relacionados a la hidrología e hidráulica, como inundaciones entre otros, y tener mejores estructuras.
- Se recomienda a las instituciones ANA y SENAMHI mejorar la vigilancia de las estaciones meteorológicas ya que cuando una persona llega alguno de esos lugares parecen estar abandonados, motivo por el cual algunos facinerosos podrían irrumpir el lugar y hasta dañar algunos equipos.
- Se recomienda que el presente trabajo de investigación no sea usado para estudios o referencias de trabajos relacionados con la hidrología o agricultura, ya que esta investigación está realizada con objetivos de estructuras de ingeniería civil.

REFERENCIAS

A.L. Kay, A.C. Rudd; M. Fry; G. Nash y S. Allen. Climate change impacts on peak river flows: Combining national-scale hydrological modelling and probabilistic projections. 2020. 15pp. (Fecha de consulta el 11 mayo 2021). Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221209632030053X>

Alencar Siqueira, Vinicius; Viana Sorribas, Mino; Martin Bravo, Juan; Collischonn, Walter; Vieira Lisboa, Auder Machado y Villa Trinidad, Giovanni Gomes. Real-time updating of HEC-RAS model for streamflow forecasting using an optimization algorithm. 2016. 16 pp. (Fecha de consulta el 02 de junio 2021). Disponible en:

<https://www.scielo.br/j/rbrh/a/PGR54Ty4K3SSky5LrGwW8vR/?lang=en>

Angulo, Mario A. y Saavedra, Oliver C. Hydrological Modeling of Maylanco Basin Using HEC-HMS. 2018. 18 pp. (Fecha de consulta el 22 abril 2021). Disponible en:

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312018000100005&lang=es

Antequera Cochachin, Mirian Rocio. Determinacion de caudales maximos aplicando las metodologias hidrometereologicos y estadisticos en la sub cuenca del rio Quillcay. Trabajo de Titulacion en la Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo. 2014. 73 pp. (Fecha de consulta el 28 de abril 2021). Disponible en:

<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1177>

Arteaga Naranjo, Miguel Oswaldo. Evaluacion del Modelo Hidrologico HEC – HMS para la prediccion hidrologica y crecidas, en la cuenca baja del rio Canar. Titulacion de Magister en Recursos Hidricos en la Escuela Politecnica Nacional de Quito – Ecuador. 2017. 146 pp. (Fecha de consulta el 22 abril 2021). Disponible en:

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18365?mode=full>

Bruck de Moraes, Maria Eugenia; Lorandi, Reinaldo. Metodos e tecnicas de pesquisa em bacias hidrograficas, Universidade Estadual da Santa Cruz. 2016. 289 pp. ISBN: 978-85-7455-424-2 By Dennis R. Helsel, Robert M. Hirsch, Karen R. Ryberg, Stacey A. Archfield, and Edward J. Gilroy. Statistical Methods in Water Resources, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia. 2020. 484 pp.

ISSN 2328-7047 (print); ISSN 2328-7055 (online)

Chetryrina, Anna. Analisis y determinacion de las curvas IDF en Navarra, Tesis de investigacion en la Universidad Publica de Navarra - Espana. 2017. 122 pp. (Fecha de consulta en junio del 2021). Disponible en:

<https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/25380>

Consejo Nacional de Ciencia, Tecnologia e Innovacion Tecnologica (CONCYTEC). Reglamento de Calificacion, Clasificacion y Registro de los Investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnologia e Innovacion Tecnologica – SINACYT. Resolucion de Presidencia No 215-2018-CONCYTEC-P, 16 de noviembre del 2018. 6pp. Disponible en:

<https://www.gob.pe/institucion/concytec/normas-legales/673232-215-2018-concytec-p>

Correia Mendes, Kevin Matheus; Lima de Oliveira, Aline; Pyrrho de Alcantara, Lucas Ravellys; Araujo Alves, Adriana Thays; Dos Santos Neto, Severino Martins; Paiva Coutinho, Artur; Lima Montenegro, Suzana Maria Gico; Moura Soares, Jose y Dantas Antonino, Antonio Celso. Probability distribution of heavy rainfall and determination of IDF in the city of Caruaru – PE. 2020. 15pp. (Fecha de consulta el 12 mayo 2021). Disponible en:

<https://www.scielo.br/j/ambiaqua/a/syR7KbGcYMXSTMxJfK7y9kh/?lang=en>

Da Silva Amorim, Jhones; Junqueira, Rubens; Alves Mantovani, Vanessa; Ribeiro Viola, Marcelo; Rogerio de Mello, Carlos y Lopes Bento, Nicole. Streamflow regionalization for the Mortes River Basin upstream from the Funil Hydropower Plant, MG. 2020. 11 pp (Fecha de consulta el 18 de mayo del 2021). Disponible en:

<https://www.scielo.br/j/ambiaqua/a/GRb8Ny5nhY9mW8T8R3G3jnP/?lang=en&format=pdf>

Diaz Arias, Ubaldo Andres; Guacaneme Prieto, Daniel Felipe y Alonso Nore, Francy Lorena. Estimacion de caudales maximos para el sector hidrologico de la quebrada el diamante, mediante modelacion HEC-HMS. Titulo en la Universidad Catolica de Colombia. 2017. 55 pp. (Fecha de consulta el 20 abril 2021).

Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/15352>

Duque Sarango, Paola; Patino, Daysi M. y Lopez, Xavier E. Evaluation of the Hydrological Modeling System HEC-HMS for the Hydrological Simulation of a Tropical Andean Micro-basin. 2019. 12 pp. (Fecha de consulta el 30 abril 2021). Disponible en:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071807642019000600351&lang=es

Esteban Castro, Jose. Agua e democracia na America Latina, Universidade Estadual da Paraiba. 2016. 428 pp.

ISBN: 978-85-7879-227-5

Farias Pereira, Fabio y Bertacchi Uvo, Cintia. Simulating weather events with a linked atmosphere-hydrology model. 2020. 13 pp. (Fecha de consulta el 01 de junio 2021). Disponible en:

<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/VPGMZf4tBRQYgwQ8V5ycQVz/?lang=en>

Fattorelli, Sergio y Fernandez, Pedro C. Diseno hidrológico, edicion digital.

2011. Segunda edicion. 528 pp. Disponible en:

ISBN: 978-987-05-2738-2

<https://marianiztli.files.wordpress.com/2016/06/disenio-hidrologico.pdf>

Flores Palomino, Victor Raul. Generacion de maximas avenidas en la sub cuenca Torococha empleando metodos hidrológicos, para diseno del puente Torococha, Juliaca, Puno, 2020. Tesis de investigacion en la Universidad Cesar Vallejo – Peru. 2020. 56 pp. (Fecha de consulta el 22 abril 2021). Disponible en:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57926>

Garcia Celi, Alex Daniel y Infante Arcaya, Fredy. Determinacion del caudal máximo para diseno de defensas riverenas del sector Tamarindo - Rio Tumbes 2018. Tesis de investigacion en la Universidad Nacional de Tumbes. 2018. 65 pp. (Fecha de consulta el 22 abril 2021). Disponible en:

<http://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/UNITUMBES/453>

Gutierrez Caiza, Carlos. Hidrologia basica y aplicada, Universidad Politecnica Salesiana. 2014. 371pp.

ISBN: 978-612-9978-10-169-8

Hernandez Sampieri, Roberto; Fernandez Collado, Carlos; y Baptista Lucio, Maria del Pilar. Metodologia de la Investigacion, Sexta Edicion. 2014. 600 pp.

ISBN: 978-1-4562-2396-0

Law, Michael; Collins, Amy. Getting to know Argis, Fifth Edition, Updated for ArcGis Desktop. 2018. 856 pp.

ISBN: 978-15-8948-511-2

Mamani Gomez, Jose Antonio. Determinacion de caudales maximos de diseño mediante metodos convencionales probabilisticos en la subcuenca Ayaviri, Puno – 2020. Tesis de investigacion en la Universidad Cesar Vallejo – Peru. 2021. 60 pp. (Fecha de consulta el 24 mayo 2021). Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59788>

Meteored. Inundaciones, uno de los desastres naturales mas mortiferos. (Nota informativa). (Fecha de consulta el 02 abril 2021). Disponible en: <https://www.tiempo.com/noticias/actualidad/inundacion-problema-en-todo-el-mundo.html>

Ministerio de Agricultura de Peru. Codificacion y clasificacion de cursos de agua superficiales del Peru, repositorio Autoridad Nacional del Agua. 2011. 76pp. Disponible en: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/596>

Ministerio de Agricultura de Peru. Mapa hidrografico e inventario de fuentes de aguas superficiales en el ambito del ATDR Sicuani, repositorio Autoridad Nacional del Agua. 2005. 115pp. Disponible en: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/1969>

Ministerio de Construcción, Saneamiento y Vivienda. Norma Tecnica CE. 040 Drenaje Pluvial. Resolucion Ministerial N° 126-2021-VIVIENDA, 21 de abril del 2021 51 pp. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/1881161-126-2021-vivienda>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de hidrologia, hidraulica y drenaje. Resolucion directoral N° 20-2011-MTC/14 en Lima, 12 de setiembre del 2011. 209 pp. Disponible en: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf

Onate Paladines, Arianna Yadira. Determinacion de caudales extremos mediante modelizacion hidrológica y analisis de escenarios. Trabajo de Titulacion en la Universidad Tecnica Particular de Loja – Ecuador. 2017. 74 pp. (Fecha de consulta el 20 abril 2021). Disponible en: <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/20676>

Organizacion Meteorologica Mundial (OMM). Guia de practica hidrologicas, Volumen I, Hidrologia - De la medicion a la informacion hidrologica. 2011. 330 pp. Disponible en:

ISBN: 978-92-63-30168-0

http://www.whycos.org/chy/guide/168_Vol_II_es.pdf

Organizacion Meteorologica Mundial (OMM). Guia de practicas hidrologicas, Volumen II, Hidrologia - Gestion de recursos hidricos y aplicacion de practicas hidrologicas. 2011. 324 pp. Disponible en:

ISBN: 978-92-63-30168-0

http://www.whycos.org/chy/guide/168_Vol_I_es.pdf

Organizacion Meteorologica Mundial (OMM). Problemas mundiales relacionados con el agua y respuestas hidrologicas. Boletin No: Volumen 68 (1). 2019. (Fecha de consulta el 02 abril 2021). Disponible en:

<https://public.wmo.int/es/resources/bulletin/problemas-mundiales-relacionados-con-el-agua-yrespuestas-hidrol%C3%B3gicas>

Ospina Norena, Jesus Efren; Dominguez Ramirez, Carlos Alberto; Vega Rodriguez, Emel Enrique; Darghan Contreras, Aquiles Enrique y Rodriguez Molano, Luis Ernesto. Analysis of the water balance under regional scenarios of climate change for arid zones of Colombia. 2017. 14 pp. (Fecha de consulta el 18 de mayo del 2021). Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187623617300425>

Salazar Briones, Carlos; Hallack Alegria, Michelle; Mungaray Moctezuma, Alejandro; Lomeli, Marcelo A.; Lopez Lambrano, Alvaro y Salcedo Peredia, Adrian. Modelacion hidrologica e hidraulica de un rio intraurbano en una cuenca transfronteriza con el apoyo del analisis regional de frecuencias. 2019. 27 pp. (Fecha de consulta el 03 mayo 2021). Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222018000400048&lang=es

Stella, Juan M. y Anagnostou, Emmanouil N. Modeling the flood response for a subtropical urban basin in south Florida. 2018. 15 pp. (Fecha de consulta el 12 mayo 2021). Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200724222018000300128&lang=es

Suarez Aguilar, Zagalo E.; Sepulveda Delgado, Omaidá; Patarroyo Mesa, Miguel y Canaria Camargo, Luis C. Modelo matemático para estimar curvas de intensidad, duración y frecuencia de lluvias extremas en Tunja, Colombia. 2019. 14 pp. (Fecha de consulta el 30 abril 2021). Disponible en:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642020000100193&lang=es

Tiradentes Decina, Thiago Galvao y Boccia Brandao, Joao Luiz. Análise de desempenho de medidas estruturais e não estruturais de controle de inundações em uma bacia urbana. 2016. 11 pp. (Fecha de consulta el 01 de junio 2021).

Disponible en:

<https://www.scielo.br/j/esa/a/zJ5MvDthtHkxY7hvFvHCGSc/?lang=pt>

US Army Corps of Engineers. HEC-4 Monthly Streamflow Simulation, User's Manual, Hydrology Engineering Center. 104 pp. (Fecha de consulta mayo 2021).

Disponible en:

[https://www.hec.usace.army.mil/publications/ComputerProgramDocumentation/HEC-4_UsersManual_\(CPD-4\).pdf](https://www.hec.usace.army.mil/publications/ComputerProgramDocumentation/HEC-4_UsersManual_(CPD-4).pdf)

US Army Corps of Engineers. HEC-HMS, User's Manual, Hydrology Engineering Center. 2021. (Fecha de consulta mayo a junio 2021). Disponible en:

<https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmsum/4.8>

US Army Corps of Engineers. HEC-RAS River Analysis System, User's Manual, Hydrology Engineering Center. 2021. 705 pp. (Fecha de consulta mayo a junio 2021). Disponible en:

https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HECRAS_6.0_Users_Manual.pdf

Vargas Martínez, Nelson Omar; Loaiza Quintero, Juan Carlos; Acosta Barragan, Juan Camilo; Urrego Zuluaga, Juan Pablo; Plazas Romero, Cristian; Valencia Giraldo, Marinela; Martínez Sarmiento, Oscar; Bernal Quiroga, Fabio. Protocolo de Modelización hidrológica e hidráulica. 2018. 71 pp. ISBN: 978-958-5489-09-7
Vasquez Villanueva, Absalon; Mejía Marcacuzco, Abel; Faustino Manco, Jorge; Terán Adriazola, Rubén; Vasquez Romero, Issaak; Díaz Rimarachin, Jorge; Vasquez Romero, Cristian; Castro Abanto, Andrés; Tapia Muñoz, Manuel y Alcántara Ramos, Julio. Manejo y gestión de cuencas hidrográficas, Universidad Nacional Agraria la Molina. 2016. 709 pp.

ISBN: 978-612-4147-55-5

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

TÍTULO: “Determinación de caudales máximos de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la cuenca del río llave, Puno – 2022”

AUTOR: Br. Vilca Velasquez, Aderly

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Problema general ¿Cuánto son los caudales máximos de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la cuenca del río llave?	Problema general Determinar los caudales máximos de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la cuenca del río llave, Puno	Problema general Mediante la aplicación de métodos probabilísticos e hidrológicos se determinan los caudales máximos en la cuenca del río llave, Puno	Independiente Métodos probabilísticos convencionales	Método hidrológico	-Distribuciones probabilísticas -Hietogramas -Hidrogramas -Transito de avenidas	-Registro histórico de Precipitaciones - Método de hidrograma unitario SCS - Metodo de tránsito de avenidas Muskingum cunge
				Método hidrométrico	-Distribuciones probabilísticas	-Registro histórico de caudales
Problema específico ¿Cuáles son las máximas precipitaciones de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la cuenca del río llave?	Objetivos Específicos Determinar las máximas precipitaciones de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la cuenca del río llave.	Hipótesis específica Mediante los métodos convencionales probabilísticos se obtiene las precipitaciones máximas de diseño	Dependiente Caudales máximos de diseño	Precipitaciones	-Máximas precipitaciones de diseño	-Software Eas yfit. -Software Hidroesta
¿Cuáles son los máximos caudales de diseño aplicando el método hidrológico?	Determinar los máximos caudales de diseño aplicando el método hidrológico	El método hidrológico o determina adecuadamente los caudales máximos de diseño		Caudales	-máximos caudales de diseño	-Software HEC-HMS
¿Cuáles son los máximos caudales de diseño con métodos hidrométricos?	Determinar los máximos caudales de diseño con métodos hidrométricos.	El método hidrométrico permite determinar los máximos caudales con mayor exactitud.		Caudales	-máximos caudales de diseño	-Software Easyfit. -Software Hidroesta
¿Cuál sería el máximo tirante de diseño para una propuesta de defensa ribereña, utilizando los caudales máximos de diseño?	Establecer el máximo tirante de diseño para una propuesta de defensa ribereña, utilizando los caudales máximos de diseño	Se requiere una propuesta de diseño de defensa ribereña, para evitar desbordamientos, por tirantes máximos		Tirantes	-Máximos tirantes de diseño	- Software Civil 3D - Software HEC-RAS - Software River

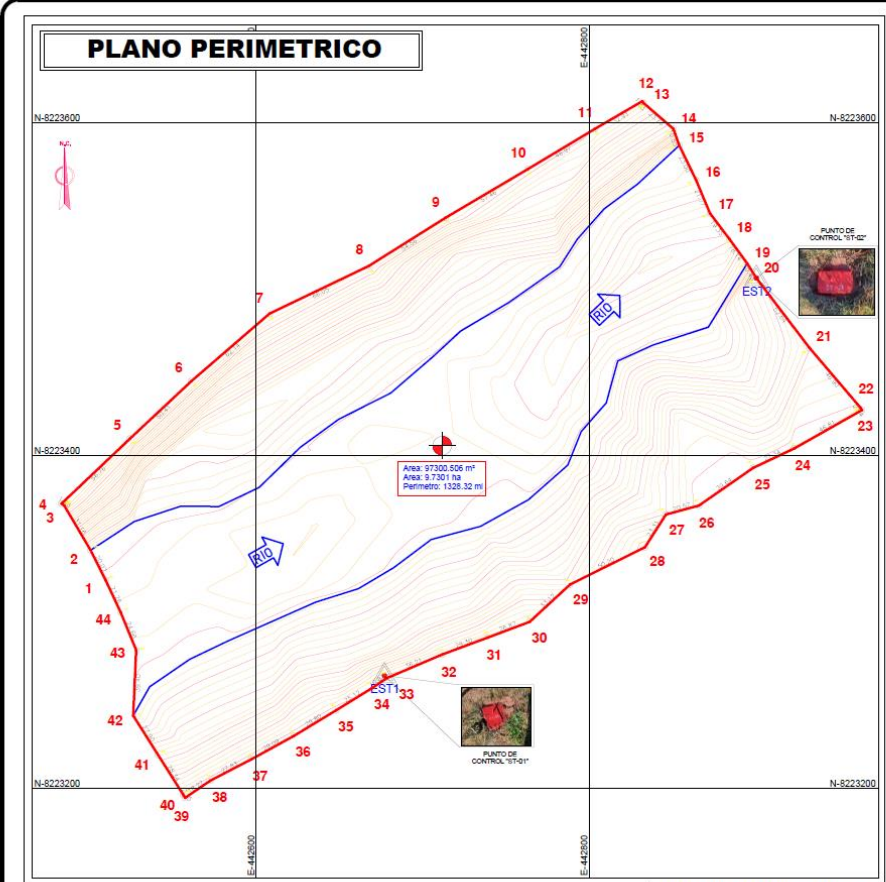
Anexo 2. Matriz de operación de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	escala de medición	Metodología
Independiente Métodos probabilísticos convencionales	La determinación de caudales pueden ser estimados empleando diversos métodos, se tienen: Los métodos probabilísticos se basan en el análisis de frecuencias que tienen la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos. (MTC, 2011). Los métodos hidrometeorológicos , son aquellos en los que las funciones que relacionan las entradas y las salidas, definen el comportamiento del sistema sin que se tenga en cuenta ley o distribución de probabilidad alguna. (Fatorelli, 2018)	Para la determinación del caudal máximo mediante métodos probabilísticos se realizó mediante el uso del software Easyfit que es utilizado para los cálculos hidrológicos, simplificando los procesos de determinación. Para la determinación del caudal máximo mediante métodos hidrometeorológicos se hizo uso del software HEC HMS, diseñado para simular los procesos hidrológicos, de los sistemas de las cuencas hidrográficas	Distribución Gumbel	Parámetros de forma	razón	<u>Tipo:</u> Aplicada <u>Nivel:</u> Explicativo <u>Diseño:</u> No experimental <u>Enfoque:</u> Cuantitativo <u>Población:</u> Cuenca del río Ilave <u>Muestra:</u> Cuenca del río Ilave <u>Muestreo:</u> no probabilístico
			Distribución Normal	Parámetros de posición	razón	
			Gamma (Pearson Tipo III)	Parámetros de escala		
Dependiente Caudales máximos de diseño	El caudal máximo es definido como el volumen máximo de agua por unidad de tiempo (L/s, m ³ /s) que puede o no sobrepasar la sección y el tirante de una corriente. (Gutiérrez, 2014, cap. 4.3).	Los caudales máximos son obtenidos en función a los periodos de retorno asignados, estos serán expresados en VOLUMEN/ TIEMPO y reflejan los resultados obtenidos, siendo estos apropiados y técnicamente obtenidos.	Características geomorfológicas	Area (km ²)	ordinal	
				Pendiente (%)		
				Densidad de drenaje (km/km ²)		
			Precipitación de 24h	Alta < 600mm/año	ordinal	
				media 601-799mm/año		
				baja > 800mm/año		
Periodo de retorno	Tiempo de retorno 50	ordinal				
	Tiempo de retorno 100					
	Tiempo de retorno 200					
Diseño de obras	Unidad de diseño	nominal				

Anexo 3. Cuadro de dosificaciones / antecedentes

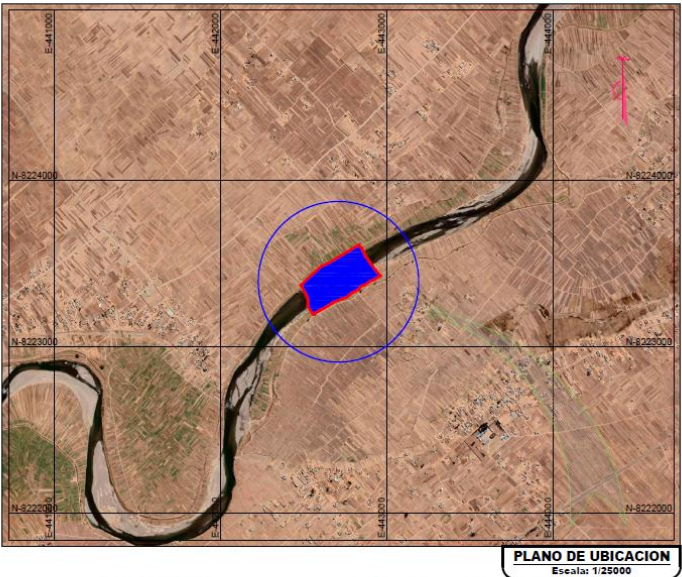
Autor	Titulo (Fuente de investigación)	año	Análisis geomorfológico de la cuenca				Determinación de caudal máximo							
			Área km ²	perímetro km	Pendiente %	Longitud del cauce principal	Métodos probabilísticos				Métodos hidrológicos			
							Tiempo de retorno	Normal	Gamma (Pearson Tipo III)	Gumbel I	HEC - HMS SCS	HEC - HMS Snyder	HEC - HMS Clark	Método racional modificado
Mamani Gomez Jose antonio	Determinación de caudales máximos de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la subcuenca Ayaviri, Puno - 2020	2021	3717.2	359.43	7.73	82.9	50 años 100 años 200 años	206.2 213.0 219.3	224.9 241.3 257.3	270.3 293.1 315.9	-	-	-	-
Arteaga Naranjo, Miguel Oswaldo	Evaluación del Modelo Hidrológico HEC – HMS para la Predicción Hidrológica y Crecidas, en la Cuenca Baja del Rio Cañar	2017	2246.2	423.8	20.47	107.81	100 años	-	-	-	2473.7	750.4	838.8	-
Flores Palomino, Víctor Raul	Generación de máximas avenidas en la sub cuenca Torococha empleando métodos hidrológicos, para diseño del puente Torococha, Juliaca, Puno, 2020	2020	31.32 11.12 18.33	41.14 27.98 24.38	1.14 0.16 1.59	13.65 8.26 9.78	140 años 500 años	-	-	-	49.8 76.6	32.1 49.2	34.9 53.5	-
Zela Galiano, Iván Fritz	Determinación de caudales máximos, aplicando metodologías probabilísticas e hidrometeorológicas, en el río Salcca, Canchis, Cusco – 2021	2021	2331.7	321.8	1.5	111.23	2 años, 5 años, 10 años, 20 años, 50 años, 100 años, 200 años, 500 años	111.1	-	119.58	74.6 98.3 119.4	60.8 79.7 96.4	59.6 78.1 94.9	-

Anexo 04 Mapas y planos: Plano de ubicación del levantamiento topográfico



LEYENDA

- LINDEROS
- PUNTOS DE ESTACION
- RIO, RIACHUELO
- CURVAS DE NIVEL
- CENTROIDE



E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44

Plano: **PERIMETRICO - UBICACIÓN**

Proyecto: **EVALUACION**

TESTISTA: **BEKER PINO ORTIZ**

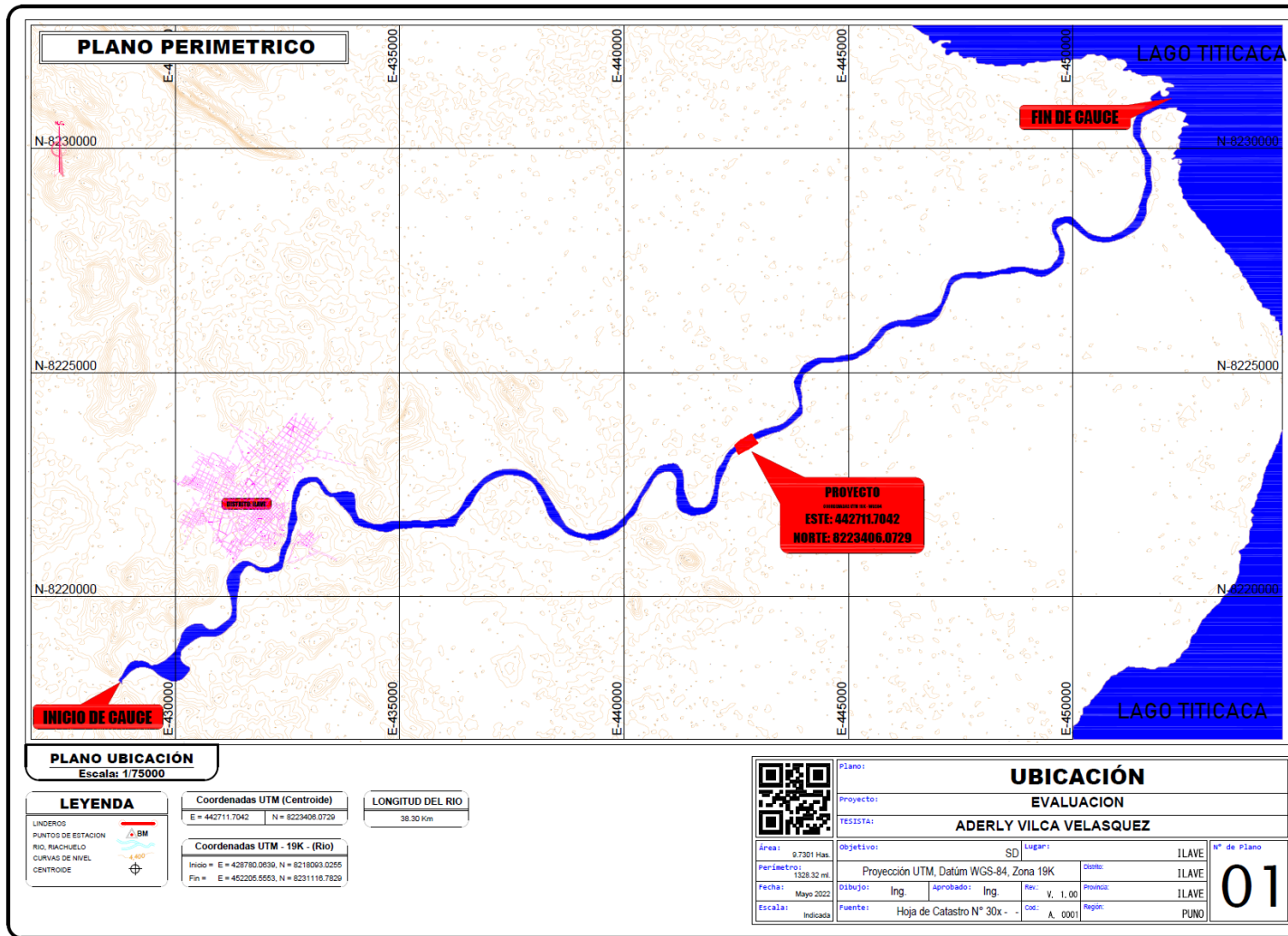
Área: 9.7301 Has. Objetivo: SD Lugar: ILAVE N° de Plano: **01**

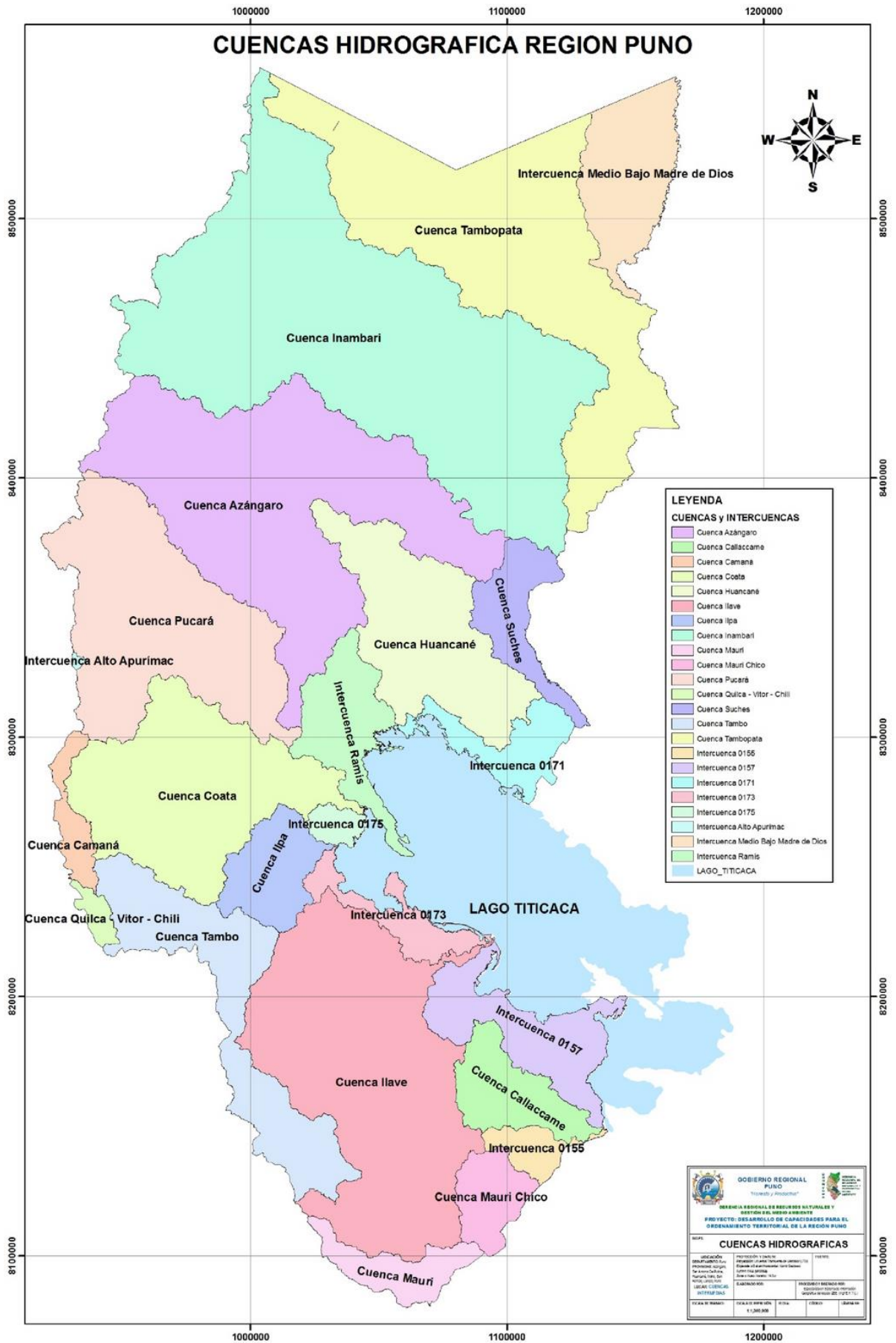
Perímetro: 1328.32 m. Proyección UTM, Datum WGS-84, Zona 19L Distrito: ILAVE

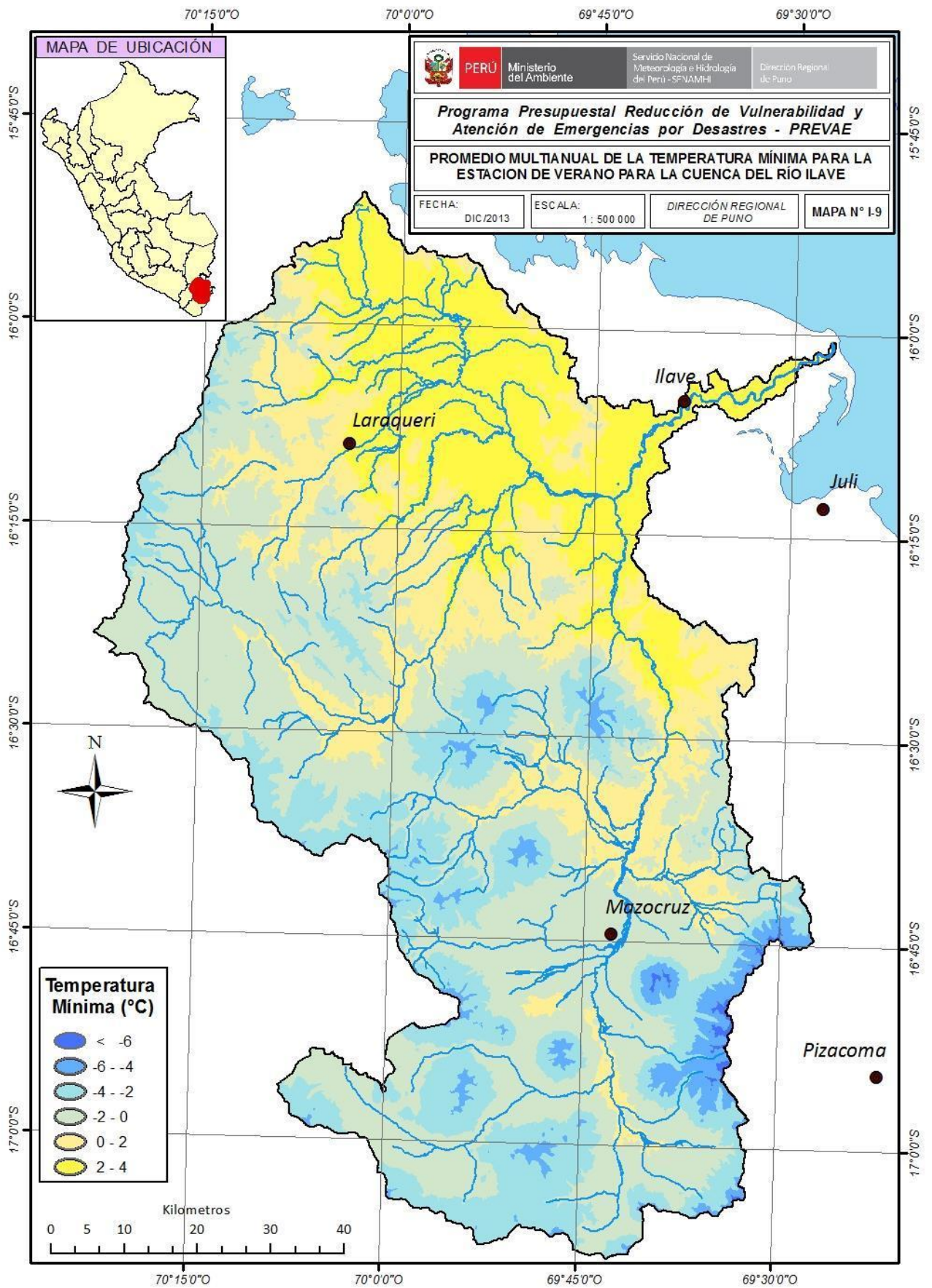
Fecha: Mayo 2022 Dibujó: Ing. Aprobado: Ing. Rev: V. 1.00 Provincia: ILAVE

Escala: Indicada Fuente: Hoja de Catastro N° 30x - - Cod: A. 0001 Región: PUNO

Plano de ubicación con referencia a la ciudad de ilave







Anexo 06 Validación de datos.

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTIFICA

I. Datos generales

Apellidos y nombre, experto : *Martínez Ramos, Hernán Pedro*

Institución donde labora : *Independiente*

Instrumentos de evaluación : Serie histórica de datos pluviométricos de las estaciones Mazocruz, Laraqueri, Chilligua e Ilave; Levantamiento topográfico de un segmento del río; Consistencia estadística y gráfica de las series históricas meteorológicas

Autor del instrumento : Br. Aderly Vilca Velasquez

Tesis : Determinación de caudales máximos de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la cuenca del río Ilave, Puno – 2022.

II. Aspectos de validación

Muy deficiente (1) Deficiente (2) Aceptable (3) Buena (4) Excelente (5)

Criterios	Indicadores	1	2	3	4	5
Claridad	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde a los sujetos muestrales				X	
Objetividad	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: caudales máximos en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales					X
Actualidad	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Caudales máximos					X
Organización	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
Suficiencia	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				X	
Intencionalidad	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variables de estudio.					X
Consistencia	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento permitirá analizar, describir y explicar la realidad. Motivo de investigación.					X
Coherencia	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Caudales máximos.					X
Metodología	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
Pertinencia	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento					X
Puntaje total					48	

Nota: Tener en cuenta que el instrumento es valido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no valido ni aplicable.

III. Opinión de aplicabilidad

Puntaje de Valoración:

48

Puno, *16* de junio del 2022



Hernán Pedro Martínez Ramos
Hernán Pedro Martínez Ramos
 INGENIERO CIVIL
 CIP 62708

SIMULACIÓN DE ANÁLISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

I. Datos generales

Apellidos y nombre, experto : Martínez Ramos Hernán Pedro
Institución donde labora : Independiente
Autor del instrumento : Br. Aderly Vilca Velasquez
Tesis : Determinación de caudales máximos de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la cuenca del río llave, Puno – 2022

II. Del instrumento de investigación científica



Validación de 0 a 1	
A. Información general	
Ubicación política País : Perú Departamento : Puno Provincia : Chucuito, Puno, El Collao Distritos : llave, Acora, Plateria, Mazocruz, Capaso, Juli Ubicación geográfica: Coordenada(X) : 352,353.0 Coordenada(Y) : 8,104,770.0 Datum : WGS84 Zona : 19L	Ubicación hidrográfica Vertiente : Titicaca Sistema hídrico : TDPS Altitud máximo : 5,400 msnm Altitud mínima : 3,805 msnm
B. Metodologías hidrológicas y probabilísticas Se procede a recolectar información de registros históricos pluviométricos de las estaciones de Mazocruz, Laraqueri, Chilligua e llave localizados en la cuenca, así mismo, los datos geomorfológicos de la cuenca. Registro histórico : años Precipitaciones máximas : mm Herramientas virtuales : Hidroesta, Easyfit, HEC – HMS Parámetros de cálculo : Distribuciones probabilísticas, Hietograma unitario, curvas IDF,	
C. Metodologías probabilísticas Se procede a recolectar información de registros históricos phidrométricos de la estación de llave localizados en la cuenca, así mismo, los datos geomorfológicos de la cuenca. Registro histórico : años Caudales máximos : m ³ /s Herramientas virtuales : Hidroesta, Easyfit Parámetros de cálculo : Distribuciones, normal, log normal 2P, log normal 3P, Gamma 2P, Gamma 3P, log pearson tipo III, Gumbel, log Gumbel.	
D. Propuesta estructural, medida de riesgo Se procede con el empleo de los resultados de caudales máximos por los métodos ya mencionados, para determinar el caudal en el río de la parte baja de la cuenca, es decir, el río llave, tomando información de campo, mediante un levantamiento topográfico de un segmento del río	
E. Respuesta hidrológica Del modelamiento hidrológico y procesamiento de la información Caudales máximos : Metodologías probabilística e hidrológica Periodos de retorno : T= 5, 10, 20, 40, 50, 100, 200 y 500 años Propuesta estructural : Tramos en riesgo	

Puntaje total 0.92

0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Válida
0.66 a 0.71	Muy Válida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Validez perfecta

Puno, 16 de junio del 2022





 Hernán Pedro Martínez Ramos
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 62768

ATENCIÓN A SOLICITUD DE DATOS DE SENAMHI PUNO // RE: solicitud de datos meteorológicos para tesista  

Recibidos x



Dirección Zonal 13 (DZ13)
para mí ▾

1 jun 2022, 13:00   

Un saludo cordial de la Dirección Zonal 13 SENAMHI, En atención al documento presentado con Expediente N° 2022-0003126; se remite adjunto la información solicitada según datos existentes a la fecha en SENAMHI Puno.

* 04 DOC. EXCEL: CO. LARAQUERI, CO MAZO CRUZ, CO ILAVE, CO JULI

SENAMHI PUNO, desde el 01 de abril empezó con la recepción física en mesa de partes, siendo el medio de recepción alternativo el correo institucional dz13@senamhi.gob.pe.

Atentamente,

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
Dirección Zonal 13 de Puno
Jr. Carlos Rubina 158-B Puno,
Email: dz13@senamhi.gob.pe
<https://www.gob.pe/senamhi/>

Jr. Carlos Rubina 158-B Puno,
Email: dz13@senamhi.gob.pe
<https://www.gob.pe/senamhi/>

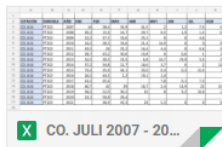
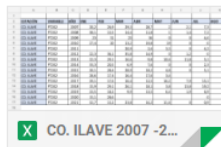
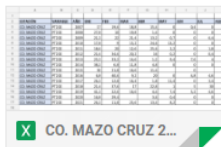
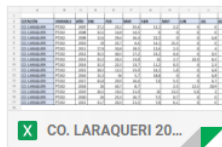
De: Vilca Velasquez Aderly <adermiler@gmail.com>
Enviado: martes, 17 de mayo de 2022 10:49
Para: Dirección Zonal 13 (DZ13) <dz13@senamhi.gob.pe>
Asunto: solicitud de datos meteorológicos para tesista

Buen día mediante la presente le saludo y solicito información de datos meteorológicos para la elaboración de tesis, para lo cual adjuntos los archivos necesarios para solitar como tesista la información de precipitaciones en la cuenca del río Ilave.

...

[Mensaje recortado] [Ver todo el mensaje](#)

4 archivos adjuntos  



MUCHAS GRACIAS.

GRACIAS.

RECIBIDO.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

"SENAMHI ORGAN OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLOGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIO ECONOMICO DEL PAIS"

ESTACION: HLG. PTE ILAVE LATITUD : 16° 05' 17.68" DEPARTAMENTO : PUNO
 RIO ILAVE LONGITUD : 69° 37' 53.95" PROVINCIA : EL COLLAO
 PARAMETRO CAUDAL MÁXIMO ANUAL ALTITUD : 3840 DIST : ILAVE
 (m3/s)

AÑO	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Q MAX	341.219	196.453	238.174	505.040	675.880	276.535	120.079

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	103.965	189.208	283.393	385.140	411.432	659.515	221.458

INFORMACIÓN PROCESADA PARA : ADERLY VILCA VELASQUEZ
 BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA : EB01-642



Firmado digitalmente por GUSPE SANCHEZ Remy Miguel FAU 20131366128
 Fecha: 19.05.2022 16:32:54 -0500



Firmado digitalmente por FLORES SANCHEZ FAU 20131366128
 Fecha: 19.05.2022 16:51:43 -0500

Elaborado por
 Analista hidrológico

VºBº
 Dirección Zonal 13

Anexo 07 Procedimiento.

The screenshot shows the StatAssist interface with the Lognormal distribution selected. The 'Cálculos' tab is active. The 'Propiedades' section lists various statistical measures. The 'Funciones' section shows the inverse function results for P=0.8, which are highlighted with a red box. The 'Parámetros' section on the right shows the distribution parameters: $\sigma = 0.32951$, $\mu = 3.0795$, and $\gamma = 4.0119$.

Propiedades	
Dominio	Continuo
Min	4.0119
Max	+INF
Moda	23.522
Media	26.973
Varianza	60.467
Desv. est.	7.776
Coef. de var.	0.28829
Asimetría	1.0548
Curtosis	2.0416

Funciones	
x	0
Densidad	N/A
Densidad acum.	N/A
Supervivencia	N/A
Riesgo	N/A
Riesgo acum.	N/A

Función de distribución inversa	
P	0.8
x(P)	32.71

Parámetros	
σ	0.32951
μ	3.0795
γ	4.0119

The screenshot shows the StatAssist interface with the Lognormal distribution selected. The 'Cálculos' tab is active. The 'Propiedades' section lists various statistical measures. The 'Funciones' section shows the inverse function results for P=0.9, which are highlighted with a red box. The 'Parámetros' section on the right shows the distribution parameters: $\sigma = 0.32951$, $\mu = 3.0795$, and $\gamma = 4.0119$.

Propiedades	
Dominio	Continuo
Min	4.0119
Max	+INF
Moda	23.522
Media	26.973
Varianza	60.467
Desv. est.	7.776
Coef. de var.	0.28829
Asimetría	1.0548
Curtosis	2.0416

Funciones	
x	0
Densidad	N/A
Densidad acum.	N/A
Supervivencia	N/A
Riesgo	N/A
Riesgo acum.	N/A

Función de distribución inversa	
P	0.9
x(P)	37.187

Parámetros	
σ	0.32951
μ	3.0795
γ	4.0119

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H Lognormal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	4.0119
Max	+INF
Moda	23.522
Media	26.973
Varianza	60.467
Desv. est.	7.776
Coef. de var.	0.28829
Asimetría	1.0548
Curtosis	2.0416

Funciones

x	0
Densidad	N/A
Densidad acum.	N/A
Supervivencia	N/A
Riesgo	N/A
Riesgo acum.	N/A

Función de distribución inversa

P	0.95
x(P)	41.406

Parámetros

σ	0.32951
μ	3.0795
γ	4.0119

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H Lognormal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	4.0119
Max	+INF
Moda	23.522
Media	26.973
Varianza	60.467
Desv. est.	7.776
Coef. de var.	0.28829
Asimetría	1.0548
Curtosis	2.0416

Funciones

x	0
Densidad	N/A
Densidad acum.	N/A
Supervivencia	N/A
Riesgo	N/A
Riesgo acum.	N/A

Función de distribución inversa

P	0.975
x(P)	45.497

Parámetros

σ	0.32951
μ	3.0795
γ	4.0119

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H Lognormal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	4.0119
Max	+INF
Moda	23.522
Media	26.973
Varianza	60.467
Desv. est.	7.776
Coef. de var.	0.28829
Asimetría	1.0548
Curtosis	2.0416

Funciones

x	0
Densidad	N/A
Densidad acum.	N/A
Supervivencia	N/A
Riesgo	N/A
Riesgo acum.	N/A

Función de distribución inversa

P	0.98
x(P)	46.799

Parámetros

σ	0.32951
μ	3.0795
γ	4.0119

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H Lognormal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	4.0119
Max	+INF
Moda	23.522
Media	26.973
Varianza	60.467
Desv. est.	7.776
Coef. de var.	0.28829
Asimetría	1.0548
Curtosis	2.0416

Funciones

x	0
Densidad	N/A
Densidad acum.	N/A
Supervivencia	N/A
Riesgo	N/A
Riesgo acum.	N/A

Función de distribución inversa

P	0.99
x(P)	50.821

Parámetros

σ	0.32951
μ	3.0795
γ	4.0119

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H Lognormal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	4.0119
Max	+INF
Moda	23.522
Media	26.973
Varianza	60.467
Desv. est.	7.776
Coef. de var.	0.28829
Asimetría	1.0548
Curtosis	2.0416

Funciones

x	0
Densidad	N/A
Densidad acum.	N/A
Supervivencia	N/A
Riesgo	N/A
Riesgo acum.	N/A

Función de distribución inversa

P	0.995
x(P)	54.831

Parámetros

σ	0.32951
μ	3.0795
γ	4.0119

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H Lognormal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	4.0119
Max	+INF
Moda	23.522
Media	26.973
Varianza	60.467
Desv. est.	7.776
Coef. de var.	0.28829
Asimetría	1.0548
Curtosis	2.0416

Funciones

x	0
Densidad	N/A
Densidad acum.	N/A
Supervivencia	N/A
Riesgo	N/A
Riesgo acum.	N/A

Función de distribución inversa

P	0.998
x(P)	60.155

Parámetros

σ	0.32951
μ	3.0795
γ	4.0119

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H Lognormal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	0
Max	+INF
Moda	24.029
Media	26.959
Varianza	57.93
Desv. est.	7.6112
Coef. de var.	0.28232
Asimetría	0.86948
Curtosis	1.3737

Funciones

x	0
Densidad	0
Densidad acum.	0
Supervivencia	1
Riesgo	0
Riesgo acum.	0

Función de distribución inversa

P	0.8
x(P)	32.754

Parámetros

σ	0.27693
μ	3.256
γ	0

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H Lognormal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	0
Max	+INF
Moda	24.029
Media	26.959
Varianza	57.93
Desv. est.	7.6112
Coef. de var.	0.28232
Asimetría	0.86948
Curtosis	1.3737

Funciones

x	0
Densidad	0
Densidad acum.	0
Supervivencia	1
Riesgo	0
Riesgo acum.	0

Función de distribución inversa

P	0.9
x(P)	36.998

Parámetros

σ	0.27693
μ	3.256
γ	0

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H Lognormal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	0
Max	+INF
Moda	24.029
Media	26.959
Varianza	57.93
Desv. est.	7.6112
Coef. de var.	0.28232
Asimetría	0.86948
Curtosis	1.3737

Funciones

x	0
Densidad	0
Densidad acum.	0
Supervivencia	1
Riesgo	0
Riesgo acum.	0

Función de distribución inversa

P	0.95
x(P)	40.914

Parámetros

σ	0.27693
μ	3.256
γ	0

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H Lognormal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	0
Max	+INF
Moda	24.029
Media	26.959
Varianza	57.93
Desv. est.	7.6112
Coef. de var.	0.28232
Asimetría	0.86948
Curtosis	1.3737

Funciones

x	0
Densidad	0
Densidad acum.	0
Supervivencia	1
Riesgo	0
Riesgo acum.	0

Función de distribución inversa

P	0.975
x(P)	44.645

Parámetros

σ	0.27693
μ	3.256
γ	0

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H | Lognormal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	0
Max	+INF
Moda	24.029
Media	26.959
Varianza	57.93
Desv. est.	7.6112
Coef. de var.	0.28232
Asimetría	0.86948
Curtosis	1.3737

Funciones

x	0
Densidad	0
Densidad acum.	0
Supervivencia	1
Riesgo	0
Riesgo acum.	0

Función de distribución inversa

P	0.98
x(P)	45.82

Parámetros

σ	0.27693
μ	3.256
γ	0

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H | Lognormal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	0
Max	+INF
Moda	24.029
Media	26.959
Varianza	57.93
Desv. est.	7.6112
Coef. de var.	0.28232
Asimetría	0.86948
Curtosis	1.3737

Funciones

x	0
Densidad	0
Densidad acum.	0
Supervivencia	1
Riesgo	0
Riesgo acum.	0

Función de distribución inversa

P	0.99
x(P)	49.412

Parámetros

σ	0.27693
μ	3.256
γ	0

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H Lognormal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	0
Max	+INF
Moda	24.029
Media	26.959
Varianza	57.93
Desv. est.	7.6112
Coef. de var.	0.28232
Asimetría	0.86948
Curtosis	1.3737

Funciones

x	0
Densidad	0
Densidad acum.	0
Supervivencia	1
Riesgo	0
Riesgo acum.	0

Función de distribución inversa

P	0.995
x(P)	52.947

Parámetros

σ	0.27693
μ	3.256
γ	0

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H Lognormal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	0
Max	+INF
Moda	24.029
Media	26.959
Varianza	57.93
Desv. est.	7.6112
Coef. de var.	0.28232
Asimetría	0.86948
Curtosis	1.3737

Funciones

x	0
Densidad	0
Densidad acum.	0
Supervivencia	1
Riesgo	0
Riesgo acum.	0

Función de distribución inversa

P	0.998
x(P)	57.571

Parámetros

σ	0.27693
μ	3.256
γ	0

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H Normal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	-INF
Max	+INF
Moda	26.981
Media	26.981
Varianza	64.083
Desv. est.	8.0052
Coef. de var.	0.29669
Asimetría	0
Curtosis	0

Funciones

x	0
Densidad	1.7011E-4
Densidad acum.	3.7519E-4
Supervivencia	0.99962
Riesgo	1.7017E-4
Riesgo acum.	3.7526E-4

Función de distribución inversa

P	0.8
x(P)	33.719

Parámetros

σ	8.0052
μ	26.981

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H Normal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	-INF
Max	+INF
Moda	26.981
Media	26.981
Varianza	64.083
Desv. est.	8.0052
Coef. de var.	0.29669
Asimetría	0
Curtosis	0

Funciones

x	0
Densidad	1.7011E-4
Densidad acum.	3.7519E-4
Supervivencia	0.99962
Riesgo	1.7017E-4
Riesgo acum.	3.7526E-4

Función de distribución inversa

P	0.9
x(P)	37.24

Parámetros

σ	8.0052
μ	26.981

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H

Normal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	-INF
Max	+INF
Moda	26.981
Media	26.981
Varianza	64.083
Desv. est.	8.0052
Coef. de var.	0.29669
Asimetría	0
Curtosis	0

Funciones

x	0
Densidad	1.7011E-4
Densidad acum.	3.7519E-4
Supervivencia	0.99962
Riesgo	1.7017E-4
Riesgo acum.	3.7526E-4

Función de distribución inversa

P	0.95
x(P)	40.149

Parámetros

σ	8.0052
μ	26.981

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H

Normal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	-INF
Max	+INF
Moda	26.981
Media	26.981
Varianza	64.083
Desv. est.	8.0052
Coef. de var.	0.29669
Asimetría	0
Curtosis	0

Funciones

x	0
Densidad	1.7011E-4
Densidad acum.	3.7519E-4
Supervivencia	0.99962
Riesgo	1.7017E-4
Riesgo acum.	3.7526E-4

Función de distribución inversa

P	0.975
x(P)	42.671

Parámetros

σ	8.0052
μ	26.981

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H Normal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	-INF
Max	+INF
Moda	26.981
Media	26.981
Varianza	64.083
Desv. est.	8.0052
Coef. de var.	0.29669
Asimetría	0
Curtosis	0

Funciones

x	0
Densidad	1.7011E-4
Densidad acum.	3.7519E-4
Supervivencia	0.99962
Riesgo	1.7017E-4
Riesgo acum.	3.7526E-4

Función de distribución inversa

P	0.98
x(P)	43.422

Parámetros

σ	8.0052
μ	26.981

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H Normal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	-INF
Max	+INF
Moda	26.981
Media	26.981
Varianza	64.083
Desv. est.	8.0052
Coef. de var.	0.29669
Asimetría	0
Curtosis	0

Funciones

x	0
Densidad	1.7011E-4
Densidad acum.	3.7519E-4
Supervivencia	0.99962
Riesgo	1.7017E-4
Riesgo acum.	3.7526E-4

Función de distribución inversa

P	0.99
x(P)	45.604

Parámetros

σ	8.0052
μ	26.981

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H | Normal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	-INF
Max	+INF
Moda	26.981
Media	26.981
Varianza	64.083
Desv. est.	8.0052
Coef. de var.	0.29669
Asimetría	0
Curtosis	0

Funciones

x	0
Densidad	1.7011E-4
Densidad acum.	3.7519E-4
Supervivencia	0.99962
Riesgo	1.7017E-4
Riesgo acum.	3.7526E-4

Función de distribución inversa

P	0.995
x(P)	47.601

Parámetros

σ 8.0052

μ 26.981

Aplicar Restab.

Delimitadores

Límites

NUM

StatAssist

Archivo Ver Ayuda

f F S h H | Normal

Gráficos Cálculos Probabilidades

Propiedades

Dominio	Continuo
Min	-INF
Max	+INF
Moda	26.981
Media	26.981
Varianza	64.083
Desv. est.	8.0052
Coef. de var.	0.29669
Asimetría	0
Curtosis	0

Funciones

x	0
Densidad	1.7011E-4
Densidad acum.	3.7519E-4
Supervivencia	0.99962
Riesgo	1.7017E-4
Riesgo acum.	3.7526E-4

Función de distribución inversa

P	0.998
x(P)	50.021

Parámetros

σ 8.0052

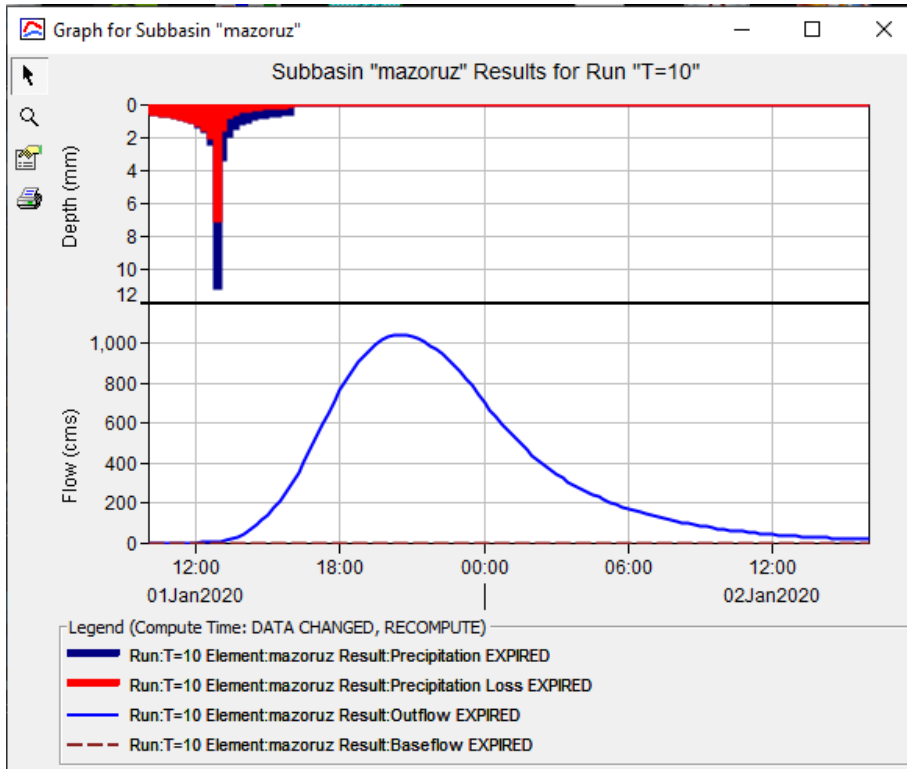
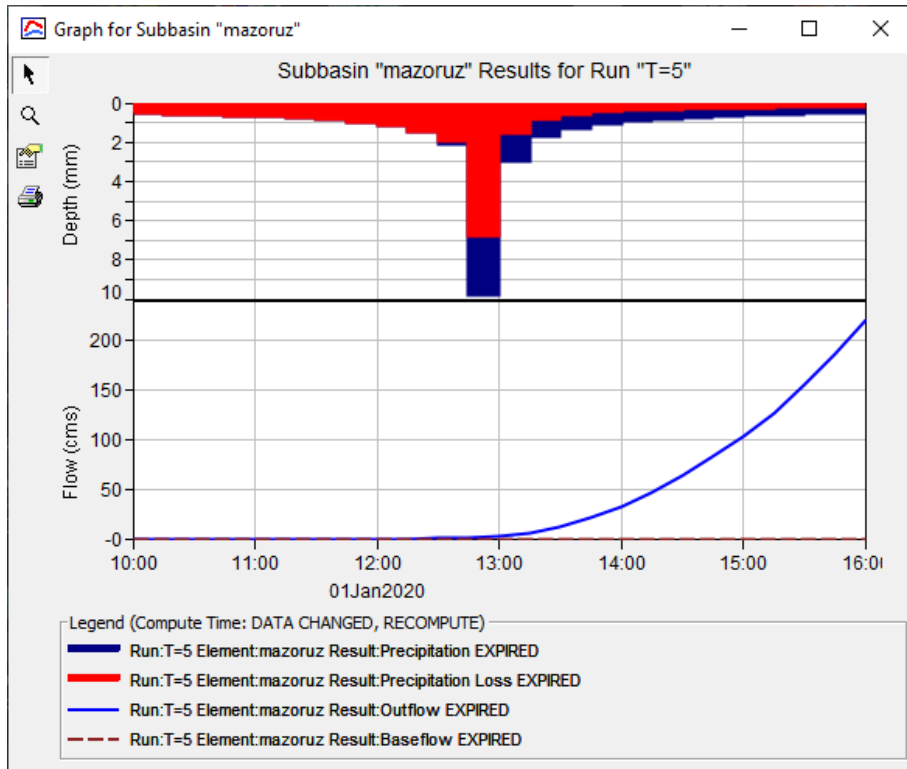
μ 26.981

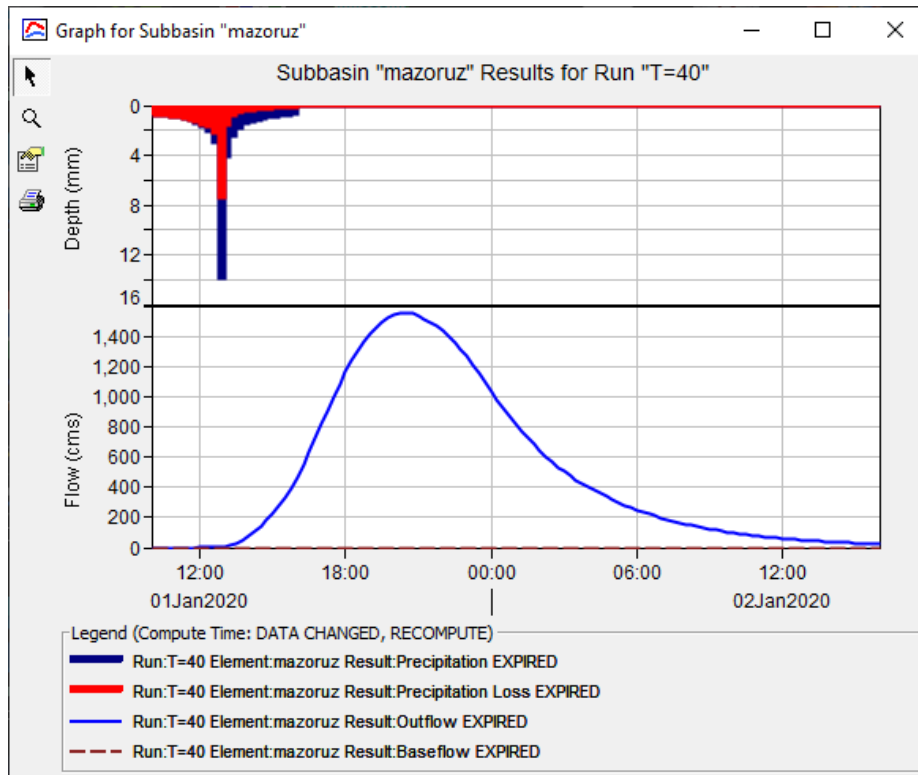
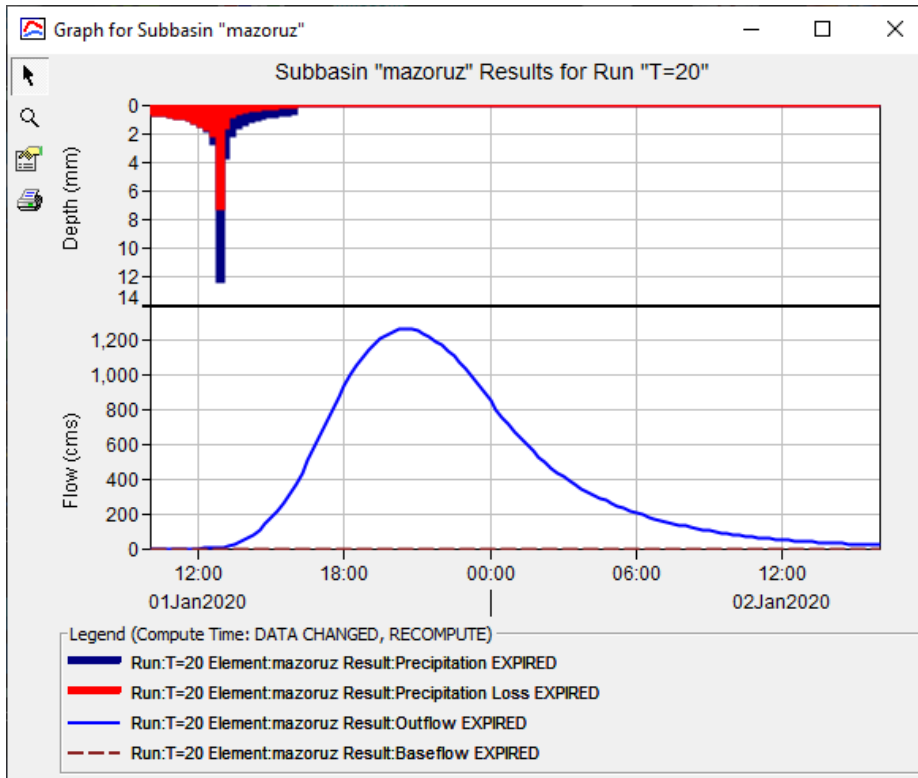
Aplicar Restab.

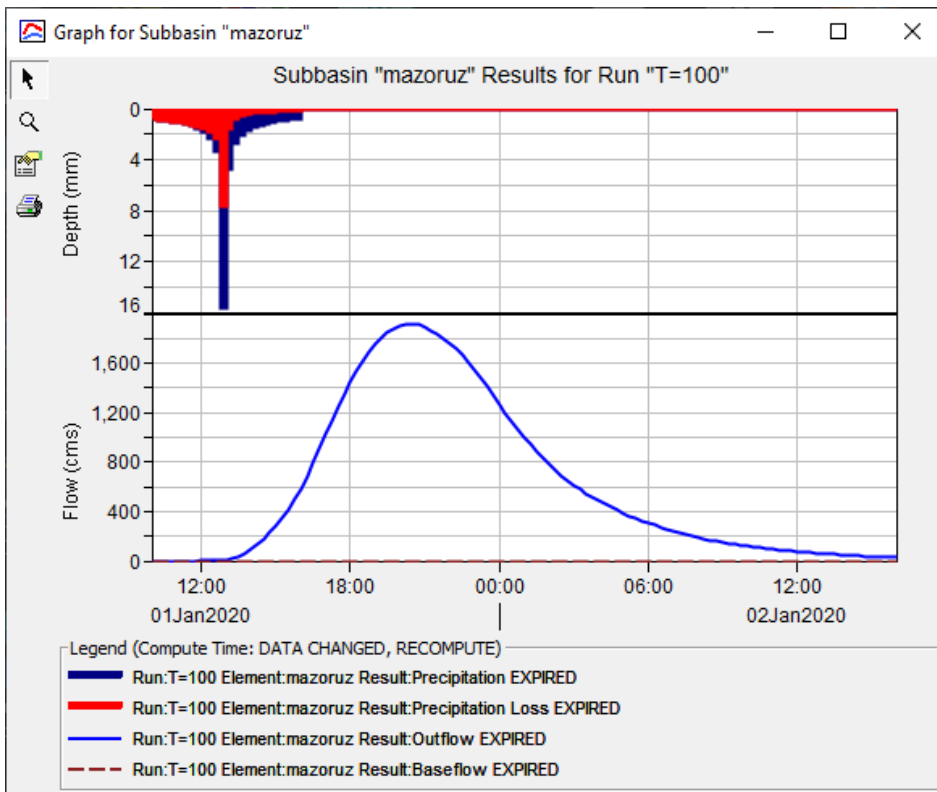
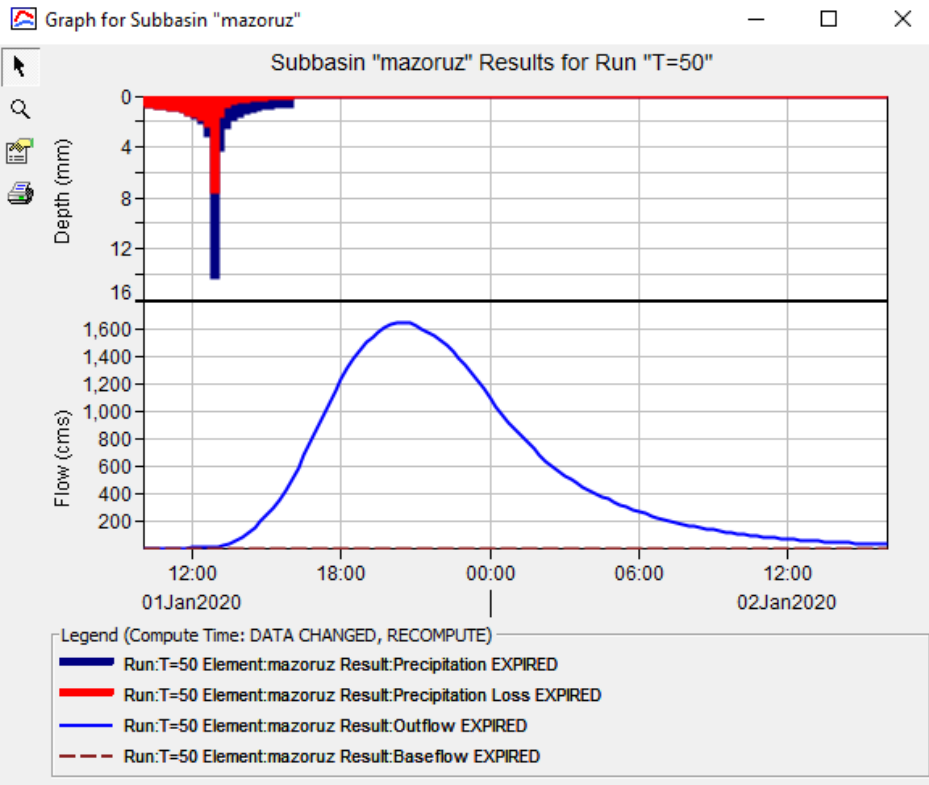
Delimitadores

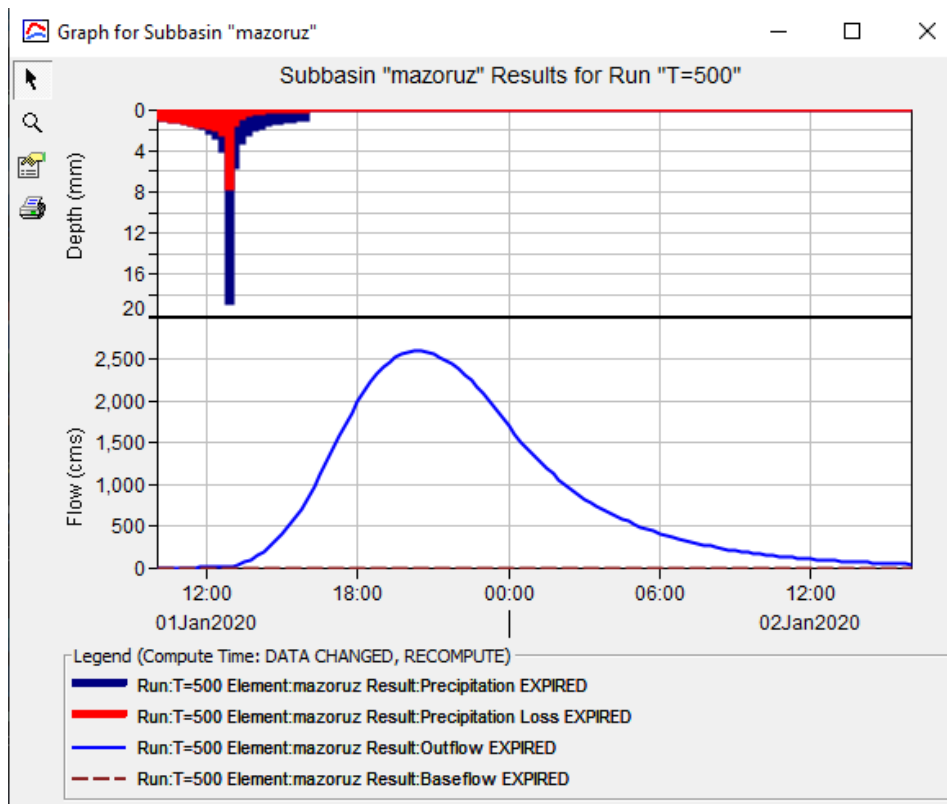
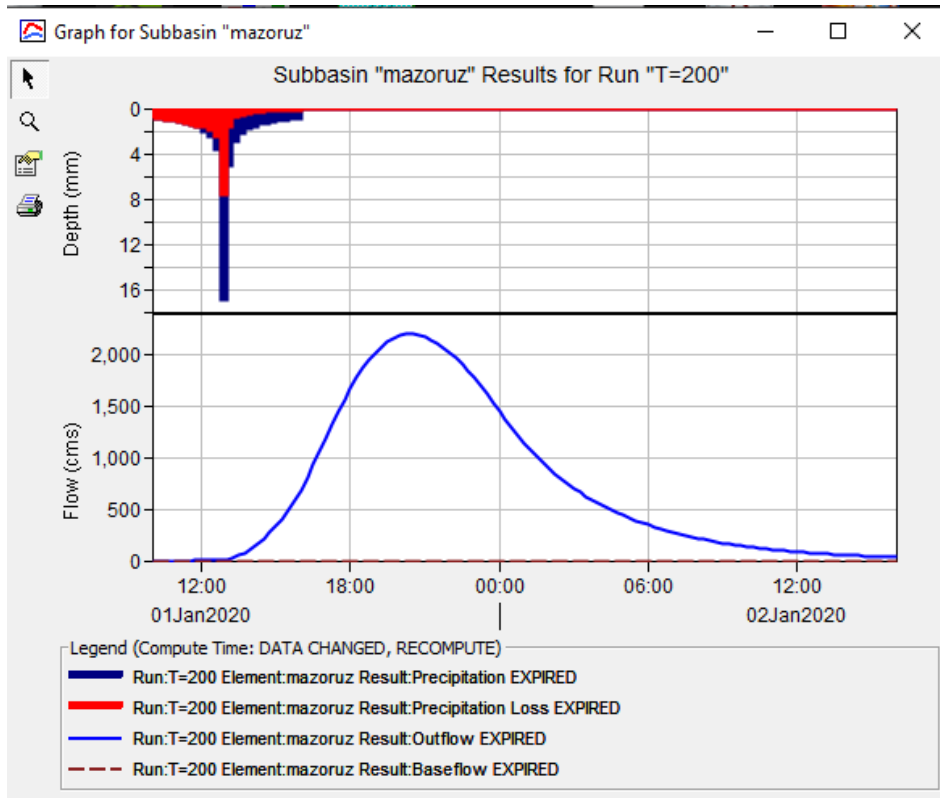
Límites

NUM









Anexo 06 Panel fotográfico



Imagen 25: levantamiento topográfico

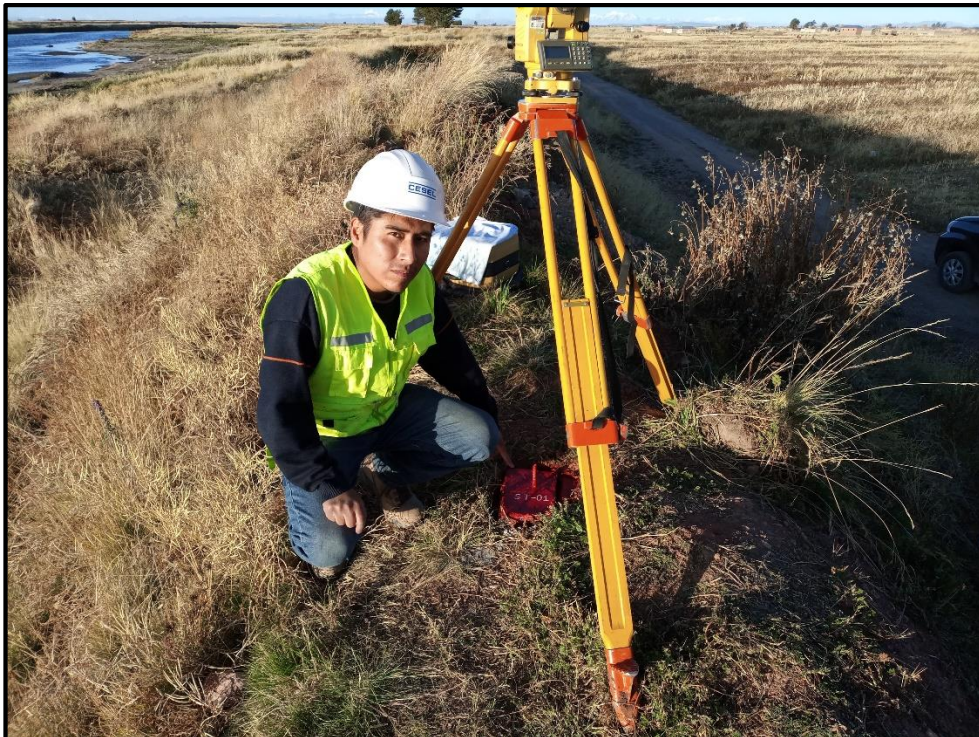


Imagen 26: monumentación de BM



Imagen 27: monumentación de BM



Imagen 28: Seccionamiento del rio



Imagen 29: Seccionamiento del rio



Imagen 26: Seccionamiento del rio



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VARGAS CHACALTANA LUIS ALBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Determinación de caudales máximos de diseño mediante métodos convencionales probabilísticos en la cuenca del río llave, Puno – 2022", cuyo autor es VILCA VELASQUEZ ADERLY, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 12 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VARGAS CHACALTANA LUIS ALBERTO DNI: 09389936 ORCID 0000-0002-4136-7189	Firmado digitalmente por: LAVARGASV el 12-07- 2022 21:36:06

Código documento Trilce: TRI - 0339550