



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

Aplicación de sistema de información geográfica para el  
cálculo de llanuras de inundación en la Cuenca “Pozo Negro”  
Alborada, Arequipa 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Panduro Gonzales, Fulton (orcid.org/0000-0001-9021-6654)

**ASESOR:**

Dr. Requis Carbajal, Luis Villar (orcid.org/0000-0002-3816-7047)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA– PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitirme llegar hasta este punto, por su infinita bondad y amor, además haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mi Esposa Ana Medina ,mi Hija Valentina por apoyarme en todo momento, por sus amor, sus comprensión , por la constante motivación que me ha permitido llegar a esta instancia.

A mis padres Fulton y Simona, por sus consejos, sus valores, por la constante motivación que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

**Fulton Panduro**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a Dios por brindarme las fuerzas necesarias para salir adelante pese a las adversidades y obstáculos que se presentaron durante el tiempo de estudio.

Asimismo, agradecer a mi mayor soporte y motivación, mi familia quienes estuvieron siempre en todo momento brindándome su apoyo y amor incondicionalmente, su aliento constante y su confianza en mi han sido una fuerza impulsadora en toda la etapa universitaria

Finalmente, a mi asesor el Doctor Luis Villar Requis Carbajal por el asesoramiento y dedicación para poder realizar esta tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	14
II. METODOLOGÍA .....	35
III. RESULTADOS.....	97
IV. DISCUSIÓN.....	104
V. CONCLUSIONES .....	107
VI. RECOMENDACIONES .....	109
REFERENCIAS .....	110
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Instrumentos y validaciones.....	39
Tabla 2. Aplicación coeficiente alfa de Cronbach. ....	40
Tabla 3. Rango y confiabilidad alfa Cronbach .....	41
Tabla 4. Propiedades geométricas de las subcuencas .....	56
Tabla 5. Precipitaciones estación la Pampilla .....	62
Tabla 6. Resumen de aproximaciones para lluvias de diseño .....	68
Tabla 7. Curvas IDF estación la Pampilla.....	69
Tabla 8. Método de bloques alternos .....	70
Tabla 9. Nivel de peligro a inundaciones .....	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efectos del cambio climático.....	14
Figura 2. Inundaciones en Europa Alemania. ....	15
Figura 3. Niveles de llanuras de inundación.....	25
Figura 4. Modelamiento de llanuras de inundación. ....	28
Figura 5. SIG como herramienta de prevención. ....	32
Figura 6. Diagrama de diseño de Investigación. ....	36
Figura 8. Esquema de Diseño de Investigación no experimental. ....	36
Figura 8. Zona de estudio cuenca Pozo Negro. ....	38
Figura 9. Diagrama de flujo-procedimiento 1 , 2 y 3 .....	42
Figura 10. Diagrama de flujo-procedimiento 4,5 y 6 .....	43
Figura 11. Inundación en puente Pozo Negro.....	46
Figura 12. Huaico afectación en estructuras. ....	47
Figura 13. Quebrada Buena Vista.....	48
Figura 14. Ejemplo de inundación en vivienda. ....	48
Figura 15. Pase vehicular en cauce.....	49
Figura 16. Cauce Quebrada Buena Vista. ....	49
Figura 17. Resarch Data.....	50
Figura 18. Modelo DEM. ....	51
Figura 19. Llenado de sumideros. ....	52
Figura 20. Reducción del área de estudio. ....	52
Figura 21. Unión de cuencas.....	53
Figura 22. Dirección de flujo. ....	53
Figura 23. Quebradas de la imagen satelital .....	54
Figura 24. Detección de quebradas. ....	54
Figura 25. Flujo de direcciones. ....	55

Figura 26. Selección del área de estudio.....	55
Figura 27. Partes del modelado en Hec HMS .....	58
Figura 28. Flow direction.....	59
Figura 29. Centroides de sub cuencas. ....	59
Figura 30. Esquemático HMS.....	60
Figura 31. Modelo Final Hec HMS. ....	60
Figura 32. Mapa de estaciones del Perú. ....	61
Figura 33. Estación la pampilla. ....	62
Figura 34. Distribución normal estación la pampilla.....	64
Figura 35. Distribución log normal 2 parámetros estación la pampilla. ....	65
Figura 36. Distribución log normal 3 parámetros estación la pampilla. ....	65
Figura 37. Distribución gamma 2 parámetros estación la pampilla. ....	66
Figura 38. Distribución gamma 3 parámetros la pampilla. ....	66
Figura 39. Distribución log normal III estación la pampilla. ....	67
Figura 40. Distribución Gumbel estación la pampilla.....	67
Figura 41. Distribución log Gumbel estación la pampilla.....	68
Figura 42. Curvas intensidad duración frecuencia.....	70
Figura 43. Precipitación de diseño para TR 50 años .....	71
Figura 44. Precipitación de diseño para TR 100 años .....	71
Figura 45. Precipitación de diseño para TR 150 años.....	72
Figura 46. Precipitación de diseño para TR 200 años.....	72
Figura 47. Sub cuencas del proyecto.....	73
Figura 48. Área de drenaje de sub cuenca.....	74
Figura 49. Números de curva del proyecto.....	75
Figura 50. Parámetros de superficie. ....	75

Figura 51. Numero de Manning.....	76
Figura 52. Números de Manning del SCS .....	76
Figura 53. Sección transversal de rio.....	77
Figura 54. Hietograma. ....	77
Figura 55. Precipitación efectiva. ....	78
Figura 56. Hidrograma 50 años de periodo de retorno.....	79
Figura 57. Hidrograma 100 años de periodo de retorno.....	79
Figura 58. Hidrograma 150 años de periodo de retorno.....	80
Figura 59. Hidrograma 200 años de periodo de retorno.....	80
Figura 60. Tabla de inundación. ....	81
Figura 61. Modelo de elevación digital 3D.....	83
Figura 62. Modelo en 3D. ....	83
Figura 63. Segmento de análisis.....	84
Figura 64. Enmallado de superficie.....	85
Figura 65. Marcado de zona.....	85
Figura 66. Discretización de espacios. ....	86
Figura 67. Condiciones de contornos. ....	86
Figura 68. Hidrograma de entrada y condiciones. ....	87
Figura 69. Pendiente de condición de contorno. ....	87
Figura 70. Hidrograma de entrada. ....	88
Figura 71. Análisis de flujos no estacionarios .....	88
Figura 72. Borde de llanura de inundación T=50 años .....	89
Figura 73. Borde de llanura de inundación T=100 años.....	89
Figura 74. Borde de llanura de inundación T=150 años.....	90
Figura 75. Borde de llanura de inundación T=200 años.....	90

Figura 76. Borde de protección .....	91
Figura 77. Mapa de velocidades T=50 años. ....	91
Figura 78. Mapa de velocidades T=100 años. ....	92
Figura 79. Mapa de velocidades T=150 años. ....	93
Figura 80. Mapa de velocidades T=200 años. ....	93
Figura 81. Zonas de Vulnerabilidad. ....	94
Figura 82. Niveles de peligro analizando el tirante del agua y velocidad. ....	95
Figura 83. Líneas de drenaje. ....	97
Figura 84. Flujo de dirección. ....	97
Figura 85. Cuencas y sub cuencas. ....	98
Figura 86. Modelado de la cuenca. ....	98
Figura 87. Hietograma de diseño .....	99
Figura 88. Hidrograma de diseño. ....	99
Figura 89. Zonas de peligro en base a la altura y velocidad. ....	100
Figura 90. Peligro por inundaciones T=50 años.....	101
Figura 91. Peligro por inundaciones T=100 años. ....	102
Figura 92. Peligro por inundaciones T=150 años. ....	102
Figura 93. Peligro por inundaciones T= 200 años. ....	103

## RESUMEN

El proyecto consistió demostrar que el sistema de Información geográfica permite analizar la llanura de inundación en la cuenca "Pozo Negro" para ello se realizó un modelado hidráulico e hidrológico usando las imágenes satelitales DEM, con las que se han armado el modelo hidrológico de sub cuencas para la aproximación de la llanura de inundación, calculando hietogramas para periodos de retorno de 50, 100, 150 y 200 años, para los cuales se han encontrado 56.26 mm, 64.32 mm, 68.98 mm, 72.25 mm, con una distribución de probabilidad de Gamma 3, considerando un numero de curva de 46, determinando un peligro alto de inundaciones los cuales tienen para un periodo de retorno de 50 años, 2.93 m de altura máxima de inundación con una velocidad de 3.25m/s, para el periodo de 100 años se tiene una altura de 3.075 m, con una velocidad de 3.6 m/s, para el periodo de 150 años se tiene 3.265 m, con una velocidad de 3.95 m, para el periodo de retorno de 200 años se tiene una altura de 3.475 m, con una velocidad de 4.2 m/s, para el diseño se propone una altura de 3.5 m de muro de contención.

**Palabras Clave:** Inundaciones, hidrología, muro de contención.

## ABSTRACT

The project consisted of demonstrating that the geographic information system allows the analysis of the floodplain in the “Pozo Negro” basin, for which a hydraulic and hydrological modeling was performed using DEM satellite images, with which the hydrological model of sub-basins has been assembled for the approximation of the floodplain, calculating hietograms for return periods of 50, 100, 150 and 200 years, for which 56.26 mm, 64.32 mm, 68.98 mm, 72. 25 mm, with a probability distribution of Gamma 3, considering a curve number of 46, determining a high flood hazard which have for a return period of 50 years, 2.93 m of maximum flood height with a velocity of 3.25m/s, for the period of 100 years has a height of 3. 075 m, with a velocity of 3.6 m/s, for the 150-year period there is 3.265 m, with a velocity of 3.95 m, for the 200-year return period there is a height of 3.475 m, with a velocity of 4.2 m/s, for the design a height of 3.5 m of retaining wall is proposed.

**Keywords:** Floods, Hydrology, retaining wall, retaining wall.

## I. INTRODUCCIÓN

Los problemas con el clima y la lluvia, han venido aumentando en estos últimos años, esto debido al cambio climático, el cual ha modificado el clima convencional de muchos lugares del mundo, se han presentado climas extremos, como olas de calor, sequias, precipitaciones elevadas e incluso heladas, todo esto ha llevado a que se deba realizar un control más exacto de todos los problemas en la estimación de la precipitación, los cuales circulan por cada una de las subcuencas así como los ramales de cada cuenca, Para los autores Xia, Wang, Zhang, Wang y She (2018) el cambio climático a influenciado no solo en la estimación del clima, sino también en el cambio de la geografía, es por ello que se debe de analizar las precipitaciones máximas, así como las llanuras de inundación que son generadas por estos eventos extremos, también Borzi et al.(2020) argumentan que realizar el control de llanuras de inundación es de gran importancia, dado que se pueden mandar mensajes de alerta, así como mensajes para la evaluación de zonas que posiblemente puedan llegar a ser inundadas, es por ello que en este proyecto se propone primeramente el análisis y verificación del problema de inundaciones en la zona, mediante la aplicación de una llanura de inundación, para luego realizar la investigación sobre cómo estos efectos modifican el comportamiento actual de la cuenca.



Figura 1. Efectos del cambio climático.

Fuente:IPCC AR6-WGI Atlas, 2023

Según Ceconi, Piccilli, Bernardi y Fensterseifer (2018) en sus artículo indican que para el cálculo de los efectos de precipitaciones sobre cuencas a nivel mundial se ha utilizado varios métodos, sin embargo no siempre se ha podido incluir los efectos del cambio climático, así como los efectos de la urbanización de diversas ciudades o localidades en el mundo, el problema radica que en el proceso de urbanización se producen efectos sobre la cuenca urbana y rural del proyecto, lo cual modifica los efectos de infiltración y de delimitación , todos los efectos que luego sirven como base para poder realizar análisis históricos de las precipitaciones y los efectos en las llanuras de inundación, asi mismo indica que en, Europa existen problemas de cambio del clima, considerando que las lluvias han causado bastantes destrozos en pueblos alejados asi mismo indican que las llanuras de inundación permiten delimitar el borde máximo de la inundación en base a una probabilidad de una lluvia y su calidad de excederse en el paso del tiempo.



*Figura 2.* Inundaciones en Europa Alemania.

Fuente: Rhein-Erft-Kreis,2023

Para Martínez (2020), en el Perú en estos últimos años se han tenido problemas de inundación en el norte del país, considerando también ciudades de la costa y parte de la sierra, donde se han inundado gran cantidad de viviendas, lo cual ha dejado en problemas y estado de alerta un grupo de viviendas , es por ello que a lo largo del Perú se ha insistido a poder buscar un mapa de llanuras de inundación, con el fin de atacar este problema principal que son las inundaciones, para que luego se pueda resolver todos los problemas asociados, tales como ordenamiento de territorios, encauzamiento de sistemas de protección y otros elementos existentes.

Según Rivera, Vílchez y Vela (2018) en Arequipa se han tenido problemas de inundaciones debido al problema de mala distribución de viviendas, mala ubicación de algunos asentamientos humanos e incluso se ha tenido problemas causados por otros asentamientos humanos que se instalan y modifican las condiciones ambientales existentes en un lugar, todo ello lleva a que deba de realizarse un estudio de las llanuras de inundación en todo Arequipa, con el fin de poder identificar que partes están siendo afectadas, primeramente se tiene efectos en zonas como Mariano Melgar, Cayma y Paucarpata, siendo este último el motivo del presente documento, dado que se ha tenido entierro de viviendas hasta de un nivel de 1.2 m sobre el nivel del suelo, con escombros y tierra que ha sido juntada en dichas zonas, lo cual también es peligroso para los habitantes que están en estas zonas cercanas, el ANA y INGEMMET ya han dado avisos de que estas zonas posiblemente puedan inundarse, pero aún no ha ocurrido las épocas de lluvia que traigan efectos como derrumbes o problemas de colapso de viviendas, es por ello que se debe analizar y mitigar el problema, en caso de ser posible.

Con todo lo explicado se ha propuesto la siguiente interrogante: ¿De qué manera la aplicación del sistema de información geográfica permite analizar la llanura de inundación en la cuenca "Pozo Negro" Alborada, Arequipa? Y como problemas específicos ¿Cuáles son los parámetros del modelamiento de la llanura de inundación en la cuenca "Pozo Negro" Alborada Arequipa? ¿Cómo determinar el riesgo por inundación en base al nivel y velocidad del agua para la cuenca "Pozo Negro" Alborada Arequipa, mediante la aplicación del sistema de información geográfica? ¿Qué zonas son consideradas de riesgo en la cuenca "Pozo Negro" Alborada Arequipa?

Mediante la presente investigación se podrá realizar sistemas de alerta a la población mediante el uso de técnicas de llanuras de inundación, en base a ello se le puede decir a las personas en zonas de riesgo, bajo un nivel de peligro y de ocurrencia, que sus viviendas pueden sufrir problemas de inundación.

Teóricamente la única forma de poder estimar una inundación y sus efectos en toda el área donde funciona es mediante la estimación de la llanura de inundación aplicando sistemas de información geográfica, esta llanura de inundación permite conocer mediante una probabilidad de inundación que zonas van a colapsar con agua o que zonas serán dañadas, es por ello que también nos permite mitigar, solucionar y estar prevenidos frente a una posible inundación en todo ese sector.

El cálculo de llanuras de inundación necesita información que no es complicada de conseguir, las topográficas de las cuencas pueden ser obtenidas por satélites y las precipitaciones pueden conseguirse por medio de estaciones pluviométricas que están libres para su uso, por otro lado, las ventajas que ofrece este tipo de análisis son bastante claras y precisas, el único inconveniente es que necesita que el usuario tenga conocimientos de modelamiento hidrológico y de hidrología.

Metodológicamente el problema consiste en seleccionar un área en estudio, aplicarle un proceso de modelado de hidrología, para poder luego estimar un nivel de caudal o hidrograma de salida de dicha cuenca, con ello poder simular la cantidad de agua que inunda una zona particular, lo cual permite poder realizar una investigación del tipo aplicada, por lo que no es necesario el uso de ensayos o de otro tipo de técnicas ajenas.

Es por ello que se propone como objetivo general: Demostrar que el sistema de Información geográfica permite analizar la llanura de inundación en la cuenca "Pozo Negro" Alborada, Arequipa, para los objetivos específicos se tienen: Describir los parámetros del modelamiento de la llanura de inundación en la cuenca "Pozo Negro" Alborada, Arequipa. Determinar el riesgo por inundación para la cuenca "Pozo Negro" Alborada Arequipa en base al nivel y velocidad del agua. Identificar las zonas consideradas de riesgo en la cuenca "Pozo Negro" Alborada, Arequipa.

La hipótesis general de la presente investigación propone que el sistema de Información geográfica permite analizar la llanura de inundación de la cuenca "Pozo Negro" Alborada Arequipa.

## **Antecedentes**

En el plano internacional Hussein, Khan, Ncibi, Hamdi y Hamed (2022) utilizaron el software hidrológico, como WMS y HEC-HMS, para calcular hidrogramas de flujos torrenciales y estimar volúmenes de agua y caudales en una cuenca fluvial y observaron volúmenes de inundación que variaron ampliamente, entre 29.680 y 2.229.200 metros cúbicos, y caudales máximos de 10,4 a 66,4 metros cúbicos por segundo en diferentes momentos, el estudio del riesgo de inundaciones en el río Khazir, combinaron los modelos HEC-RAS y HEC-GeoRAS en ArcGIS y analizaron dos eventos de inundación en 2013 y 2018 utilizando datos de elevación y caudal de ríos. Se identificaron zonas de riesgo que iban desde bajo a muy bajo (80,31%), medio (16,03%) y alto a muy alto (3,8%), los resultados demostraron que las comunidades cercanas a la salida del río contuvieron más daños por inundaciones que las ubicadas aguas abajo, además, se destacó la fuerte correlación entre HEC-HMS y HEC-RAS en la determinación de riesgos y en la predicción de inundaciones futuras cuencas en estudio.

Según Kamza, Kuznetsova y Levin (2023), en este trabajo utilizan tecnologías de teledetección y sistemas de información geográfica (SIG) para analizar cambios costeros y predecir inundaciones a medida que el nivel del agua aumenta, la metodología propuesta permite la creación de mapas dinámicos para monitorear la costa del mar Caspio y pronosticar inundaciones.

El estudio identificó factores claves que influyen en los cambios costeros y analizó datos del nivel del agua de 1988 a 2019 y observaron un aumento del nivel del mar entre 1980 y 1995, con un máximo de -26,04 metros. Posteriormente, el nivel del mar disminuyó y se mantuvo relativamente estable entre 1996 y 2009, con un promedio de -27,18 metros, crearon un mapa de la dinámica del nivel del agua en el Mar, el trabajo describe un método para predecir áreas de inundación estimadas y utiliza un único mapa para prevenir la zona de inundación en la costa noreste, además, presentan un análisis comparativo de los datos de Landsat y SRTM, este estudio es esencial para comprender y gestionar los cambios costeros y las amenazas de inundación en la región del Mar Caspio.

Subraelu et al. (2023) en sus artículos estudian las inundaciones repentinas indicando que es el peligro natural más común que pone en riesgo la vida de las personas, la economía y la infraestructura. La gestión y planificación de cuencas hidrográficas son esenciales para reducir los daños por inundaciones,

especialmente en zonas residenciales, y mapear zonas sensibles a inundaciones repentinas, un mapa de zonas vulnerables a inundaciones repentinas es esencial para una evaluación y gestión exhaustivas del riesgo de inundaciones repentinas a fin de minimizar sus efectos perjudiciales, particularmente en áreas residenciales, en este trabajo, combinaron ocho parámetros derivados de imágenes satelitales: precipitación, elevación, pendiente, uso/cobertura del suelo, densidad de drenaje, geología, geomorfología y suelo para predecir las zonas vulnerables a inundaciones repentinas utilizando una superposición ponderada. Técnica basada en sistemas de información geográfica (SIG). Cada elemento de los mapas temáticos está clasificado y ponderado según su vulnerabilidad a inundaciones repentinas en el área de estudio, clasificándose 55 km<sup>2</sup> como área muy vulnerable, 78 km<sup>2</sup> como área de alto riesgo, 9,3 km<sup>2</sup> como zona de riesgo moderado, 70 km<sup>2</sup> como zona de baja vulnerabilidad y 257 km<sup>2</sup> como zona de muy baja vulnerabilidad. Además, Por lo tanto, además de ayudar a los responsables de políticas y decisiones a tomar las mejores decisiones sobre la eficacia de las estructuras protectoras del área de estudio contra el riesgo de inundaciones repentinas en el futuro, los resultados también son una valiosa fuente de información.

Según Mohamed (2019) indica que las inundaciones repentinas en Egipto se consideran riesgos naturales meteorológicos frecuentes. Qena es una de las provincias egipcias más propensas a sufrir inundaciones repentinas y se ha visto afectada por varias inundaciones repentinas e inundaron casas y carreteras, generaron pérdidas de vidas y daños a la propiedad privada y pública, la integración de datos de teledetección con el proceso de jerarquía analítica y el modelado espacial de sistemas de información geográfica presentaron técnicas de análisis valiosas en este estudio centrándose en la cartografía de la distribución espacial de la vulnerabilidad a las inundaciones repentinas en las zonas urbanas de Qena y utilizaron diez indicadores para analizar las inundaciones, a saber: precipitaciones, suelo, geología, pendiente, elevación, dirección del flujo, red de drenaje, cobertura del suelo, población total y densidad de población. Los resultados revelaron que los distritos urbanos de Qena, Qus, Naqadah y Dishna son los más vulnerables a las inundaciones repentinas y están situados en la zona muy alta con un 25,3%, 14,9%, 12,3% y 9,8% respectivamente. La población total situada en las zonas de vulnerabilidad muy alta y alta representa el 7,66% y el

43,36% de la población total. Los resultados obtenidos se consideran información crucial para los responsables de la toma de decisiones para la futura mitigación efectiva de los peligros de inundaciones repentinas, la gestión de la evaluación, la planificación y el desarrollo sostenible.

Para Socas et al. (2023) las inundaciones son un fenómeno natural que causa daños a estructuras y propiedades, además de afectar negativamente la vida humana, evaluar el alcance, la velocidad, la potencia y la profundidad de las inundaciones siempre ha sido un desafío para los planificadores de recursos hídricos, en esta investigación desarrollaron un modelo de simulación hidráulica para los ríos urbanos Cubanicay y Bélico en la localidad de Santa Clara, la metodología se basó en un modelo unidimensional en el programa (HEC-RAS) y métodos basados en SIG y analizaron el modelo HEC-RAS (Beta) y tres pruebas de modelación de inundaciones para escenarios de 1% (100 años), 2% (50 años) y 10% (10 años) de probabilidad para eventos hidrometeorológicos. Los resultados mostraron que las áreas cercanas al tramo de control 2+87 presentaban un alto riesgo de inundación. El mapa de límites de inundaciones para áreas urbanas podría ser una herramienta importante para investigadores, planificadores y gobiernos locales para la evaluación de riesgos y el desarrollo de planes de evacuación y estrategias de mitigación de inundaciones con el fin de reducir las pérdidas humanas y económicas durante una inundación.

Según Jafarzadegan, Merwade y Moradkhani (2020) las llanuras de inundación pueden clasificarse en base a su forma, considerando la aplicación de modelos hidrológicos e incluso modelos de inteligencia artificial, lo cual se muestra en la predicción en regiones con escasez de datos es uno de los desafíos de los problemas ambientales. En hidrología, este problema se aborda comúnmente mediante el uso de técnicas de regresión o regionalización basadas en similitudes. El núcleo de las técnicas de regionalización basadas en similitudes es una métrica de similitud física/climática que generalmente está predeterminada a partir del conocimiento sobre la física del problema y el área de estudio. El propósito de este artículo es: (1) reducir la subjetividad que existe en la selección de la métrica de similitud física/climática mediante el establecimiento de un enfoque sistemático, y (2) proponer un marco genérico de regionalización basado en similitud que estime los parámetros de impacto ambiental. Modelos en regiones con escasez de datos. Se evalúa la eficacia del marco propuesto para la

regionalización de un modelo estadístico que crea mapas probabilísticos de llanuras aluviales en regiones con escasez de datos. Los resultados muestran que una máquina de vectores de soporte (SVM) entrenada con diez descriptores de cuenca y una precisión del 86% es una métrica de similitud física/climática apropiada que crea mapas confiables de llanuras aluviales en la región Arkansas-White-Red.

Para Mehta, Eslamian, y Prajapati (2022) las inundaciones han demostrado con el tiempo ser un grave desastre a escala mundial. El mapeo de llanuras de inundación es uno de los actos clave que se deben realizar para determinar, decidir y tomar acciones para la gestión del riesgo de inundaciones, dada la importancia y gravedad de los efectos de las inundaciones. Este artículo analiza el mismo tema desde una perspectiva geo informática, utilizando software SIG. Para definir llanuras aluviales se utilizan herramientas SIG como HEC-RAS, HEC-HMS, ArcGIS y otras. Muchos académicos han trabajado sobre este tema anteriormente y hay bastante información disponible. Sin embargo, un nuevo usuario que aprende el material por primera vez puede encontrar las cosas difíciles y complejas. Hay muchos enfoques de mapeo de llanuras aluviales accesibles, lo que puede dificultar que un nuevo usuario elija uno para su propia tarea. Este artículo intenta ayudar a un nuevo usuario categorizando los estudios examinados previamente (2000-2021) en tres categorías: Métodos de análisis de frecuencia de inundaciones, modelos digitales de elevación (DEM) y softwares utilizados.

En el plano nacional, según Cuba y Surco (2022) en sus artículos se enfocan en la Evaluación temporal y espacial de sequías e inundaciones meteorológicas en la Cuenca del Alto Apurímac, utilizando el Índice China-Z. Este índice proporcionará de manera detallada de la variación climática en la zona y permitirá identificar períodos de sequía e inundación. El objetivo es mejorar la comprensión de estos eventos climáticos y su impacto en la zona, brindando información valiosa para la gestión de recursos hidrológicos y la toma de decisiones. El estudio ha involucrado tanto datos temporales como espaciales para crear un panorama integral de las condiciones climáticas y su impacto en la región. Estos hallazgos son fundamentales para mejorar la resiliencia y la preparación de la comunidad ante eventos climáticos extremos en la intercuenca Alto Apurímac.

Según Salazar (2022) en su tesis tiene el propósito de analizar el riesgo, vulnerabilidad y peligrosidad asociados a inundaciones en el pueblo de Tacala en Castilla, Piura, con el fin de identificar distintos niveles de riesgo, clasificados en muy alto, alto, medio y bajo. Para lograrlo utiliza el método del “Manual de Evaluación del Riesgo de Inundaciones de Pluvia” (CENEPRED, 2014). El método de la investigación es documental y se caracteriza por su naturaleza descriptiva. Este diseño de investigación no implica ninguna medida experimental y emplea software de Sistema de Información Geográfica (SIG) para geoprocésamiento a través de ArcGIS para elaborar mapas que representen el riesgo, susceptibilidad y peligrosidad de inundaciones en el área de estudio.

En el pueblo de Tacalá comprende 1,456 lotes. ¿Qué son? Un lote (0,07%) se considera de muy alto riesgo, 284 lotes (19,51%) entran en la categoría de alto riesgo y 1171. (80%) se clasifican en un nivel de riesgo medio. Se descubrió que todos los lotes tenían un perfil de riesgo bajo.

Así, se determina que viviendas de la zona afectada presentan niveles de riesgo altos y medios. La evaluación del riesgo contempla la descripción del nivel y frecuencia de las consecuencias clasificadas como altas. Concluye que la aceptabilidad y tolerabilidad del riesgo identificado es "INACEPTABLE", y señala la necesidad de emprender inmediatas para la gestión de los riesgos.

Según Panduro y Medina (2021) el objetivo principal del estudio, realizado en el Centro Poblado El Milagro, en La Libertad de Huanchaco, fue evaluar la vulnerabilidad a las inundaciones provocadas por el desbordamiento del río el León. en periodo 2020. Para llevar a cabo este estudio, se emplearon una metodología descriptiva utilizando un muestreo probabilístico que abarcó un total de 15,523 viviendas. La recopilación de datos lo realizaron mediante la observación y siguiendo la guía del INDECI. Posteriormente, se emplearon varios programas de modelamiento y simulación para analizar los datos recopilados.

Los principales resultados de vulnerabilidad a inundaciones del centro poblado El Milagro mostraron que la vulnerabilidad física fue de 2.39, la vulnerabilidad económica fue de 2.20, la vulnerabilidad social fue de 2.78 y la vulnerabilidad cultural-ideológica fue de 2.27. Como medida de protección se propuso el establecimiento de medidas de protección a lo largo del río, y según el informe la evaluación de vulnerabilidad del centro poblado El Milagro fue media, con un puntaje total de 2.40. La propuesta de mejora para mitigar esta vulnerabilidad

incluyó la construcción de gaviones tipo A y muros de contención con el sistema ErdoX a un costo total de S/ 164,475.11 y S/ 244,577.44 respectivamente.

Según Chalco y Cullanco (2020) la investigación de sus tesis se basa en el estudio en una zona específica en el distrito de Lurigancho-Chosica, Perú cuyo objetivo principal de esta investigación fue identificar y mapear las áreas que son vulnerables a inundaciones a lo largo del tramo del río Rímac, con el propósito de desarrollar estrategias de mitigación de desastres, este trabajo involucró la recopilación de datos geográficos, hidrológicos y climáticos, así como la aplicación de modelos y herramientas de análisis geoespacial para determinar los lugares de mayor riesgo de inundación en la región. También se considera la evaluación de factores como el uso del suelo, la topografía y la densidad de población para comprender la vulnerabilidad local, una vez identificadas las áreas vulnerables, propusieron medidas y estrategias de mitigación de desastres, que pueden incluir la mejora de la infraestructura de defensa contra inundaciones, sistema de alerta temprana, plan de evacuación y la educación de la comunidad sobre cómo prepararse y responder a las inundaciones.

Según Tinoco (2019) en su artículo evalúa el sector Challhua en Huaraz, Ancash, indicando que ha enfrentado históricamente el riesgo de inundaciones debido a que alcanza el máximo caudal del río Santa, agravado por el cambio climático y la urbanización. Para abordar esta problemática, en su estudio realizó el modelamiento de riesgo de inundación el mismo que busca comprender y mitigar las inundaciones, proporcionando información crucial para aplicar decisiones, planificación urbana y la gestión de emergencias. El proyecto involucra a expertos, autoridades locales y la comunidad para construir una zona más resiliente y segura en Challhua, contribuyendo a la protección de recursos naturales y económicos en Ancash.

### **Teorías**

Según Devanand y Kundapura (2021) referente a nuestra variable una llanura de inundación, también conocida como planicie de inundación o simplemente planicie, son extensiones de terreno llano o suavemente inclinado que bordea los márgenes de un río y que tiende a inundarse de manera periódica durante eventos de crecida. Estas inundaciones pueden ser causadas por lluvias intensas, deshielo, tormentas, o cualquier evento que aumente significativamente el caudal del agua en el río o arroyo.

Las llanuras de inundación son características geográficas naturales y cumplen un papel importante en el ciclo hidrológico y ecológico de una región. Algunas de sus características y funciones clave incluyen:

**Depósito de sedimentos:** Durante las inundaciones, el agua transporta sedimentos y materiales arrastrados desde áreas más altas. Cuando el agua se desborda en la llanura de inundación, estos sedimentos se depositan en la zona, enriqueciendo el suelo y contribuyendo a la fertilidad de la tierra.

**Filtros naturales:** Las llanuras de inundación pueden actuar como filtros naturales al absorber y purificar las lluvias y las aguas de crecida, reduciendo la cantidad de sedimentos y contaminantes que llegan a los cuerpos de agua más grandes.

**Regulación de inundaciones:** Aunque las llanuras de inundación pueden inundarse periódicamente, también ayudan a mitigar inundaciones al proporcionar espacio para el almacenamiento temporal del agua durante eventos de crecida. Esto disminuye la velocidad y la magnitud de las inundaciones aguas abajo.

También se puede indicar, debido a la proximidad a los cuerpos de agua, las llanuras de inundación son susceptibles a inundaciones, lo que puede representar un riesgo para las propiedades, la vida y la salud de las personas que habitan o trabajan en estos espacios. Por lo tanto, la gestión de las llanuras de inundación es importante para equilibrar la conservación de su función ecológica con la protección de las comunidades y las infraestructuras. Esto incluye la implementación de normativas de zonificación, construcción de diques y presas, y la planificación adecuada de desarrollo urbano y agrícola en estas áreas.

El desarrollo y la construcción similar en o cerca de una llanura aumentan la tasa de flujo y escorrentía, reduciendo el área de superficie disponible para absorber la lluvia y desviando la escorrentía mucho más rápidamente hacia alcantarillas y caminos. Los terraplenes artificiales en la llanura aluvial reducen la capacidad del canal de inundación y pueden aumentar la altura de la inundación. En consecuencia, aumenta el riesgo de inundaciones.

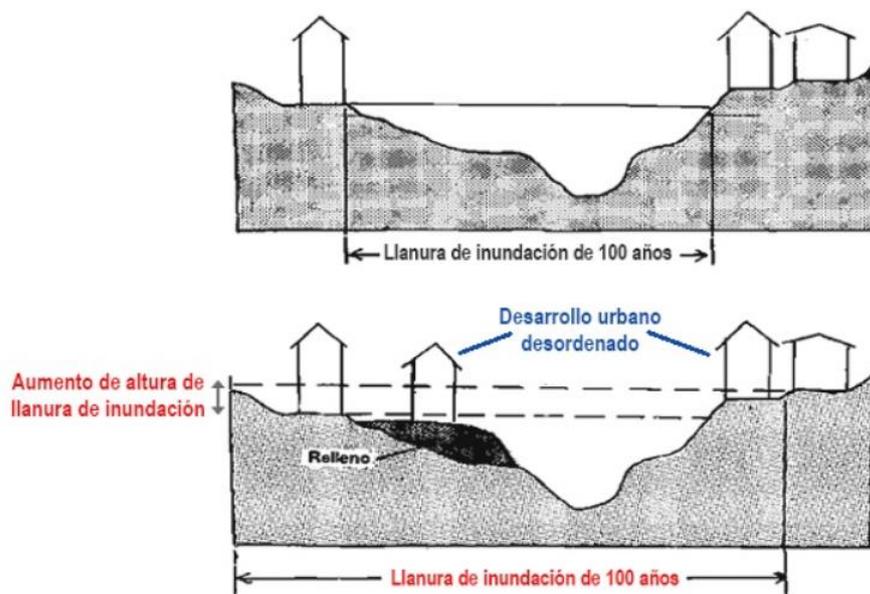


Figura 3. Niveles de llanuras de inundación.

Fuente: Indeci, 2019

Andrew, Avantika y Sebastián (2020) concluyen que la dinámica de las llanuras es un aspecto clave del diseño de investigación de desarrollo integrado. Es importante que la investigación reconozca que los cambios debidos al desarrollo pueden afectar, y de hecho afectan, los niveles de inundación de varias maneras. La demarcación de los niveles de inundación y otras zonas propensas a inundaciones es útil para proponer medidas de desarrollo compatibles. El riesgo de inundación puede aumentar si la naturaleza del peligro no se comprende y se considera aleatoria en el tiempo y el espacio, cuando en realidad es más o menos predecible en función de probabilidades estadísticas.

Según Reyes, Cunha y Caviedes (2022) mencionan que las llanuras de inundación desempeñan un papel importante en la hidrología, ya que actúan como reguladores naturales de inundaciones al permitir que el exceso de agua se extienda lateralmente y se almacene temporalmente en lugar de fluir rápidamente río abajo y causar daños catastróficos. Estas áreas también son ecosistemas ricos en biodiversidad y a menudo son utilizadas para actividades agrícolas debido a la fertilidad de los suelos depositados por las inundaciones.

Los ingenieros y científicos hidrólogos estudian las llanuras de inundación para comprender mejor sus patrones de inundación, gestionar de manera efectiva los riesgos de inundación y mantener la calidad de agua y el entorno natural en estas áreas.

Según Arriola et al. (2022) el riesgo por inundaciones es la probabilidad de que ocurran inundaciones, en un determinado espacio y a las posibles consecuencias negativas que estas inundaciones pueden tener en términos de daños a la vida, la propiedad y el entorno natural. El riesgo por inundaciones es el resultado de la interacción entre tres componentes principales:

**Amenaza de inundación:** La amenaza es la probabilidad que ocurra una inundación en una ubicación dada durante un período de tiempo determinado. Esto depende de factores como el clima, la topografía, la hidrología y la historia de inundaciones en la zona. La amenaza se cuantifica, en función de la probabilidad de que ocurra y la magnitud esperada de las inundaciones.

**Vulnerabilidad:** La vulnerabilidad se refiere a la susceptibilidad de las personas, las propiedades y los ecosistemas a sufrir daños debido a una inundación. La vulnerabilidad puede variar según la construcción y el diseño de las estructuras, la densidad de población, la planificación urbana, la capacidad de respuesta de la comunidad, entre otros factores. Cuanto mayor sea la vulnerabilidad, mayor será el riesgo.

**Consecuencias:** Las consecuencias se refieren a los daños y pérdidas que pueden ocurrir como resultado de una inundación. Esto puede incluir daños a viviendas, infraestructura, pérdida de vidas humanas, impactos económicos, degradación del entorno natural y otros efectos negativos.

Para Alcocer, Rodríguez y Bourguett (2016) el riesgo por inundaciones es el resultado de la combinación de la probabilidad de inundación (amenaza) y la susceptibilidad a los daños (vulnerabilidad) en una determinada ubicación. Para gestionar y reducir el riesgo por inundaciones, es importante llevar a cabo actividades como la planificación del uso del suelo, la construcción de infraestructuras de defensa contra inundaciones, creación de un sistema de alerta temprana, la educación pública sobre la preparación y respuesta a inundaciones, y la promoción de prácticas de manejo del agua sostenibles. El objetivo es minimizar tanto la probabilidad de inundaciones como las consecuencias negativas cuando estas ocurren.

La mayoría de las aplicaciones hidrológicas implementadas en SIG son evaluación de riesgos naturales y estudios de sitio, ambos tienen muchos aspectos comunes e incluso algo similares, aunque tratados de manera diferente en la modelización hidrológica debemos distinguir claramente entre lo que es procedimientos y

recursos utilizados en el proceso de modelado dónde se aplican en SIG la mayoría de los investigadores utilizan una herramienta para crear parámetros que dan significado lógico al modelado. Para esto utiliza métodos computacionales existentes que generalmente se crean fuera de él en el campo de los SIG, convirtiéndolos en una herramienta para gestionar datos geográficos (Arriola et al., 2022).

Asimismo, con la introducción del modelo hidráulico HEC-RAS en ArcGIS se presentarán mapas de inundaciones de los que se derivarán las zonas afectadas por el fenómeno meteorológico.

Según Ünes et al. (2020) en hidrología, un hidrograma es una representación gráfica de los cambios en el flujo de agua a lo largo del tiempo en un sistema fluvial o en una cuenca hidrográfica específica. Básicamente, muestra cómo cambia el flujo en función del tiempo, generalmente en forma de un gráfico de líneas.

Un hidrograma típico puede tener dos ejes: el eje horizontal grafica el tiempo, generalmente en horas o días, y el vertical es el caudal, generalmente en  $m^3/s$  o  $l/s$ . La forma y la variación del hidrograma pueden proporcionar información valiosa sobre eventos hidrológicos, como lluvias intensas, deshielo de nieve, inundaciones, sequías y otros fenómenos relacionados con el flujo de agua en una cuenca hidrográfica.

Los hidrogramas se utilizan en hidrología para realizar análisis y predicciones en la gestión de recursos hidrológicos, para la planificación de infraestructuras, la evaluación en riesgos de inundaciones y la comprensión de los patrones de flujo de agua en una región específica. Son una herramienta importante en la modelización hidrológica, donde se utilizan para simular y prever el comportamiento de los ríos y arroyos en diferentes condiciones climáticas e hidrológicas.

Para Van, Dottori, Alfieri, Feyen y Koks (2021) el ciclo hidrológico en el modelamiento hidrológico se compone de varios procesos y componentes que describen el movimiento del agua en la Tierra, Estos procesos incluyen, precipitación, infiltración, escorrentía superficial, en el modelamiento hidrológico, se utilizan ecuaciones matemáticas y modelos computacionales para simular y prever cómo estos procesos interactúan y afectan el comportamiento del agua en una cuenca hidrográfica específica. Estos modelos ayudan en la gestión de

cuencas, la evaluación de riesgos de inundaciones, la planificación de infraestructuras, entre otros aspectos relacionados con el agua.

Para Orellana (2021) el proceso de precipitación en el modelamiento hidrológico se refiere a la simulación y predicción de la lluvia, o en forma de nieve, desde la atmósfera hacia la superficie terrestre en una cuenca hidrográfica específica. Este proceso es fundamental en el ciclo hidrológico y desencadena una serie de respuestas en la cuenca, como el aumento del caudal en ríos y arroyos, la recarga de acuíferos subterráneos y la generación de escorrentía superficial.

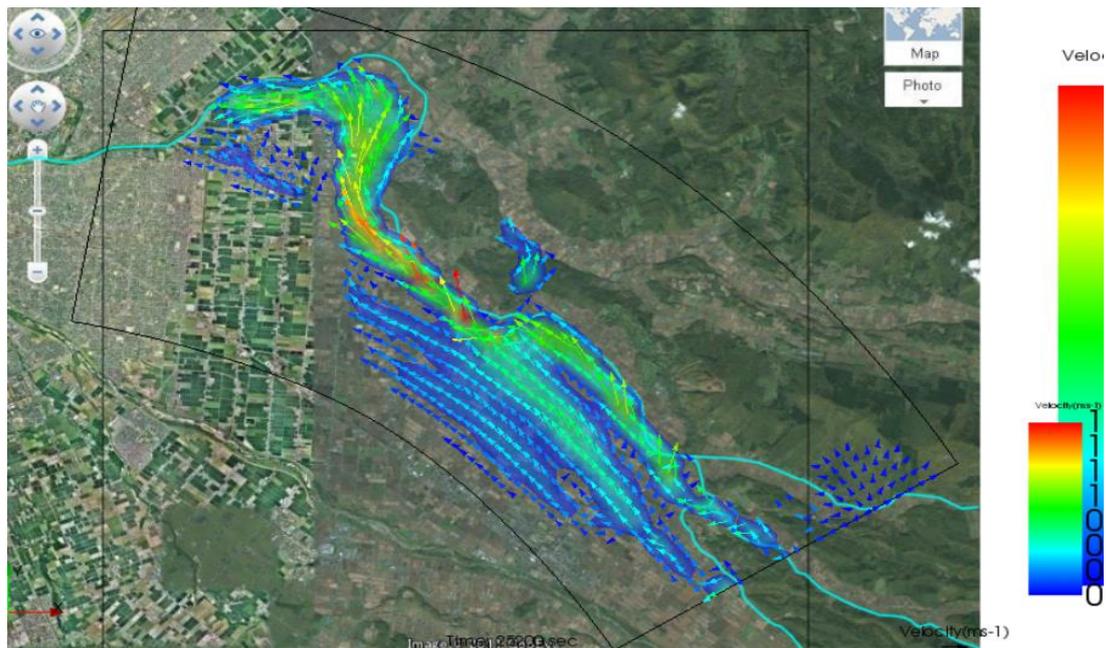


Figura 4. Modelamiento de llanuras de inundación.

Fuente: Gidahari gestión sostenible del agua ,2018.

El modelamiento de la precipitación en hidrología implica varios aspectos y pasos clave:

**Datos meteorológicos:** Para modelar la precipitación, se requiere acceso a datos meteorológicos históricos y en tiempo real, que incluyan información sobre la cantidad de precipitación, su intensidad, duración, y ubicación geográfica. Estos datos suelen provenir de estaciones meteorológicas, radares, satélites y modelos meteorológicos.

**Distribución espacial y temporal:** La lluvia no es uniforme en una cuenca hidrográfica, ni constante en el tiempo. Por lo tanto, los modelos hidrológicos tienen una distribución espacial y temporal de la lluvia, lo que implica dividir la cuenca en subáreas y determinar cómo la precipitación varía en cada una de ellas a lo largo del tiempo.

Interpolación espacial: Para calcular la cantidad de lluvia en ubicaciones donde no se tienen datos directos, se utilizan técnicas de interpolación espacial, como el kriging o la interpolación inversa de la distancia, para estimar los valores de precipitación en puntos no muestreados.

Modelos de lluvia: Existen diferentes modelos de lluvia que pueden utilizarse en el modelamiento hidrológico, como el modelo de lluvia puntual (que considera un solo punto de precipitación), el modelo de lluvia distribuida (que considera la distribución espacial de la precipitación en la cuenca) y el modelo de lluvia radar (que utiliza datos de radar para estimar la precipitación en tiempo real).

Temporalidad de la precipitación: Los modelos también deben considerar la temporalidad de la precipitación, es decir, cómo varía la cantidad de precipitación a lo largo del día, la semana o el año. Esto es importante para simular eventos de lluvia intensa, estacionalidad de las precipitaciones y otros patrones temporales.

Eventos de lluvia: En el modelamiento hidrológico, es común considerar eventos de lluvia específicos, como tormentas o frentes meteorológicos, y simular cómo estos eventos afectan el caudal de los ríos y arroyos.

El proceso de precipitación en el modelamiento hidrológico implica la recopilación de datos, la distribución en el espacio y tiempo de la precipitación, y la utilización de modelos matemáticos para simular cómo la precipitación afecta el flujo de agua en una cuenca hidrográfica. Esto es esencial para comprender y predecir los eventos hidrológicos, como las inundaciones, y gestionar de manera efectiva los recursos hídricos en una región determinada.

Para Oreano y Hernández (2022) la infiltración es un proceso fundamental en el modelamiento hidrológico que describe la entrada de agua de lluvia o nieve desde la superficie hacia el suelo y, eventualmente, hacia el sistema de aguas subterráneas. En el contexto del modelamiento hidrológico, la infiltración se modela para comprender cómo el agua se distribuye a través del suelo y cómo afecta los flujos de agua superficiales y subterráneos en una cuenca hidrográfica:

Características del suelo: Para modelar la infiltración, se consideran las características del suelo, como su tipo, textura, porosidad, capacidad de retención de agua y la conductividad hidráulica, estas propiedades del suelo influyen en la velocidad y la capacidad de infiltración del agua.

**Precipitación:** La infiltración comienza cuando la precipitación llega a la superficie del suelo. El volumen y la intensidad de la precipitación son factores clave que determinan cuánta agua puede infiltrarse en el suelo.

**Capa superficial y escorrentía:** Parte de la precipitación puede quedar retenida en la capa superficial del suelo o generar escorrentía superficial si el suelo está saturado o no puede absorber el agua rápidamente.

**Tasa de infiltración:** Representa la velocidad a la cual el agua penetra en el suelo, así mismo varía la tasa con el tiempo debido a cambios en las condiciones del suelo y la precipitación.

Para García, Delfín, Ledezma y Boris (2021) la escorrentía superficial en el modelamiento hidrológico se refiere al proceso de fluidez de agua sobre el suelo, después de una precipitación, cuando el suelo ya no puede absorber más agua o cuando la tasa de precipitación es tan intensa que el suelo no puede infiltrarla rápidamente. Este proceso es importante en la cuenca hidrográfica, ya que contribuye al aumento del caudal en ríos, arroyos y otros cuerpos de agua, lo que puede dar lugar a inundaciones.

**Superficie de escorrentía:** El agua de lluvia que se acumula en la superficie del suelo forma una "superficie de escorrentía". Esta superficie puede ser en pendiente, como una colina o una carretera, o puede ser más plana, como un campo agrícola.

**Escorrentía superficial:** En terrenos con pendiente, el agua de lluvia tiende a fluir hacia abajo por la pendiente, formando arroyos temporales o canales de escorrentía. Este tipo de escorrentía superficial se llama "escorrentía superficial".

**Confluencia de flujo:** A medida que la escorrentía superficial avanza, puede converger con otros flujos de agua, formando arroyos más grandes o ríos. La escorrentía superficial contribuye al aumento del caudal en estos cursos de agua.

**Modelamiento de la escorrentía:** En el modelamiento hidrológico, se utilizan modelos matemáticos para simular la escorrentía superficial. Estos modelos consideran factores como la topografía, la intensidad de la precipitación, la infiltración, la capacidad de retención del suelo y otros para predecir cómo el agua fluirá sobre la superficie y cómo afectará los ríos y arroyos en una cuenca hidrográfica.

La comprensión y modelización de la escorrentía superficial son esenciales para la gestión de recursos hídricos y la predicción de inundaciones, ya que la

escorrentía superficial puede llevar a eventos de crecida repentina en los cursos de agua, con potenciales consecuencias para las comunidades y el medio ambiente.

Según Bucogen, Piccolo y Bohn (2021) el proceso de tránsito de avenidas en el modelamiento hidrológico se refiere a la simulación y predicción del flujo de agua durante eventos de avenida o crecida en una cuenca hidrográfica. Las avenidas son eventos de flujo de agua que se producen debido a una precipitación intensa, deshielo rápido, liberación de agua de embalses u otras condiciones que resultan en un aumento significativo en el caudal de los ríos y arroyos. El modelamiento del tránsito de avenidas es esencial para la gestión de inundaciones y la evaluación de riesgos en zonas propensas a inundaciones.

Precipitación y entrada de agua: El proceso comienza con la ocurrencia de una precipitación intensa o un evento que agrega agua significativa a la cuenca, como el derretimiento rápido de la nieve o la liberación de agua de un embalse.

Escorrentía superficial: Es decir la precipitación supera la infiltración del suelo, se acumula agua en la superficie y comienza la escorrentía superficial. Esta agua fluye hacia arroyos y ríos, aumentando el caudal.

Concentración del flujo: En el modelamiento de tránsito de avenidas, se considera cómo se concentra el flujo de agua de las áreas tributarias de una cuenca hacia los principales cursos de agua. Se utilizan modelos topográficos y redes de drenaje para calcular cómo fluye el agua en la cuenca.

Modelos hidrodinámicos: Para simular el flujo de agua en ríos y arroyos durante una avenida, se utilizan modelos hidrodinámicos. Estos modelos resuelven ecuaciones matemáticas que describen la dinámica de flujo, teniendo en cuenta factores como la topografía, la rugosidad del canal, el caudal de entrada y otros parámetros.

Predicción de caudales de crecida: Utilizando datos meteorológicos, hidrográficos y modelos hidrodinámicos, se pueden predecir los caudales de crecida en diferentes puntos de la cuenca. Esto permite a las autoridades de gestión de inundaciones y emergencias tomar medidas para proteger a las comunidades y los bienes ante la crecida.

Alertas y respuesta ante inundaciones: Con base en las predicciones de tránsito de avenidas, se emiten alertas a las comunidades y se activan planes de

respuesta ante inundaciones, que pueden incluir evacuaciones, medidas de protección y coordinación de recursos de emergencia.

El modelamiento del tránsito de avenidas es una herramienta esencial para la gestión de riesgos y la protección de vidas y propiedades en áreas propensas a inundaciones. Permite anticipar y prepararse para eventos de avenida, minimizando así los daños causados por las crecidas de agua.

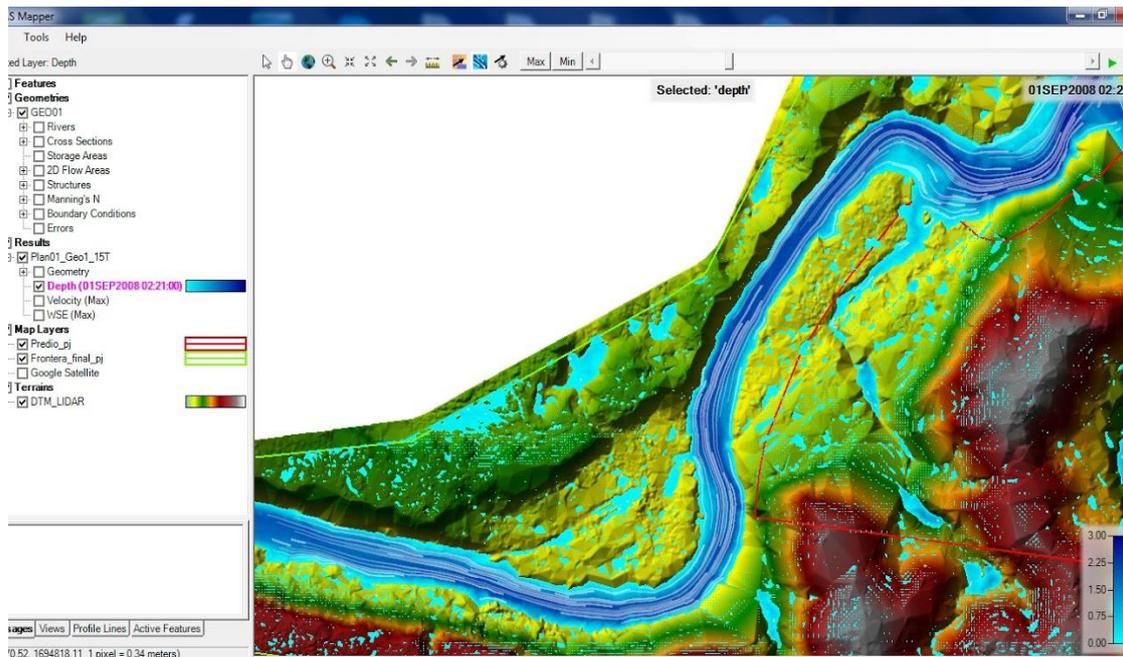


Figura 5. SIG como herramienta de prevención.

Fuente: Contreras, Lujan ,2014.

Según Rojas,Hidalgo,Moya y Castro (2019) la mitigación de inundaciones es un conjunto de estrategias y acciones diseñadas en disminuir las afectaciones negativas de las inundaciones en áreas susceptibles a inundaciones. El objetivo principal de la mitigación de inundaciones es proteger vidas, propiedades y recursos naturales al limitar el impacto de las inundaciones. Aquí hay algunas de las principales medidas de mitigación de inundaciones:

Control de crecidas de ríos: Esto incluye la construcción de presas y embalses para regular el flujo de agua de los ríos y reducir el riesgo de inundaciones aguas abajo. También se pueden construir canales y diques para desviar o contener el agua de manera controlada.

Ordenación del territorio: Planificar el desarrollo urbano y rural de manera que se evite la construcción en áreas de alto riesgo de inundaciones. Esto implica establecer zonas de protección y limitar la urbanización en las llanuras de inundación.

Sistemas de alerta temprana: Desarrollar sistemas de monitoreo y alerta que permitan advertir a la población sobre la inminencia de una inundación, para que puedan tomar medidas preventivas a tiempo.

Infraestructuras de drenaje: Construcción de sistemas de drenaje eficientes, como alcantarillados pluviales y sistemas de bombeo, para evacuar rápidamente el agua de lluvia y prevenir inundaciones urbanas.

Restauración de zonas húmedas: Restaurar o conservar áreas naturales como humedales y manglares, que actúan como esponjas naturales para absorber el exceso de agua durante eventos de lluvia intensa.

Elevación de edificios y estructuras: Elevar viviendas y edificios por encima del nivel de inundación esperado, lo que se conoce como construcción elevada, para proteger las propiedades de daños por inundación.

Control de erosión: Implementar técnicas de control de erosión en riberas de ríos y costas para evitar que la erosión agrave las inundaciones.

Inversión en infraestructura de defensa contra inundaciones: Esto incluye la construcción y mantenimiento de muros de contención, diques y barreras para proteger áreas críticas contra las inundaciones.

Educación y concienciación pública: Informar y educar a la población sobre los riesgos de inundación y cómo prepararse y responder de manera adecuada en caso de inundación.

La mitigación de inundaciones es esencial para reducir los daños económicos, ambientales y sociales causados por las inundaciones. En muchas regiones del mundo, la planificación y la inversión en estas medidas son cruciales para minimizar los riesgos y mejorar la resiliencia ante eventos climáticos extremos.

Según Gil, Rodríguez, Torres y Velasco (2019) un muro de contención, también conocido como muro de retención, es una estructura construida para contener o mantener en su lugar una masa de tierra, roca u otros materiales y prevenir su deslizamiento, erosión o colapso. Estos muros se utilizan comúnmente en ingeniería civil y geotecnia para estabilizar terrenos inclinados o pendientes, creando plataformas horizontales o terrazas.

Los muros de contención pueden variar en su diseño y materiales, pero generalmente consisten en una estructura sólida que resiste la presión ejercida por la masa de tierra o agua que se encuentra detrás de ellos. Pueden estar

hechos de diversos materiales, como concreto armado, mampostería, piedra, madera o incluso geotextiles y geo redes reforzados con tierra.

Los muros de contención se utilizan en una variedad de situaciones, como:

Prevención de deslizamientos de tierra en carreteras y caminos.

Protección contra la erosión costera.

Creación de terrazas agrícolas en terrenos escarpados.

Control de inundaciones alrededor de ríos y embalses.

Soporte de taludes en proyectos de construcción y desarrollo urbano.

El diseño y la construcción de un muro de contención dependen de factores como la altura del muro, la naturaleza del suelo, la carga que debe soportar y las condiciones geológicas locales. Se requiere un análisis geotécnico detallado para determinar el tipo de muro y los materiales adecuados para una ubicación específica. Los muros de contención bien diseñados y construidos son esenciales para garantizar la seguridad y la estabilidad en una variedad de aplicaciones de ingeniería civil.

## II. METODOLOGÍA

El enfoque, tal como se ha planteado, se basó en el aspecto cuantitativo. Esto significa que se han medido y cuantificando los datos en función al volumen de flujo de agua que fluye por todos los afluentes de la cuenca, así como la elevación del agua en diferentes partes del área del proyecto. En este contexto, el valor máximo de elevación en la superficie y la evaluación de los diferentes sectores fueron aspectos fundamentales. Sin embargo, lo que desempeña un papel de suma importancia en este estudio es la probabilidad de inundación.

El fin de la investigación se categoriza como aplicativo, lo que implica que este tipo de investigación se basó en la aplicación práctica de técnicas en cada aspecto y etapa del proyecto. En este contexto, no se buscó evaluar ni modificar métodos, sino más bien emplear técnicas de modelamiento hidrológico e hidráulico, como la estimación de precipitación, el análisis de la escorrentía superficial, el tránsito de hidrogramas en relación con las precipitaciones.

El nivel descriptivo predictivo consiste en una descripción de la geometría y la inundación del proyecto, además se puede predecir la inundación la cual está en función al nivel de agua que acumulada sobre el área del proyecto, la cual ocasiona la llanura de inundación, considerando que el análisis se realiza para varias lluvias con distintas intensidades y distintos periodos de retorno asociados.

El diseño de la investigación se clasifica como no experimental, ya que no involucra modificaciones y se basa exclusivamente en la recopilación de resultados de mediciones directas realizadas en la cuenca. Estos resultados se utilizaron para proponer soluciones relacionadas con el nivel de desempeño de la cuenca y para analizar los efectos de inundaciones. Se recolectaron las mediciones sobre la variable en un único período de tiempo siendo transversal, con el fin de poder describir la posibilidad de una inundación, así como la generación de grandes velocidades en el lecho, lo cual ocasiona erosiones en su superficie. Además, se aplica una planificación descriptivo, donde se observan y describen los fenómenos tal como ocurren en su estado natural.

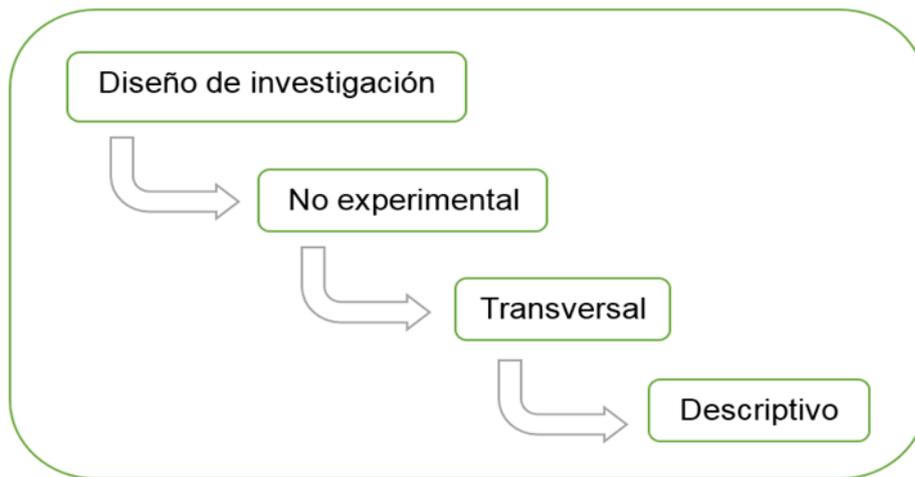


Figura 6. Diagrama de diseño de Investigación.

Elaboración Propia

El diseño de investigación seleccionado es de carácter no experimental, dado que no se llevarán a cabo alteraciones ni ajustes en las variables. En lugar de ello, el enfoque se centrará exclusivamente en la observación y el análisis de los resultados obtenidos.

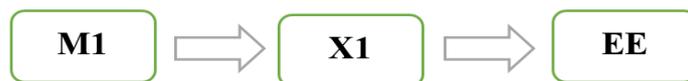


Figura 7. Esquema de Diseño de Investigación no experimental.

Elaboración Propia

Siendo:

**M1:** Muestra observable (Geografía del Proyecto)

**X1:** Observación de la muestra (Nivel de Inundación)

**EE:** Evaluación de la cuenca (Modelamiento hidrológico e hidráulico)

### **Variables y Operacionalización**

**Variable:** Llanura de inundación

**Definición conceptual:** Según Serra et al.(2022) la llanura de inundación se define como la extensión territorial próxima a cuerpos de agua, como ríos o arroyos, propensa a inundarse durante eventos de crecida. Este territorio, caracterizado por una topografía plana o de baja pendiente, facilita la dispersión lateral del agua cuando los niveles del cuerpo de agua se elevan a causa de fuertes lluvias u otros factores hidrológicos. Este fenómeno ocasiona daños inevitables, irreprimibles e irresistibles a personas, animales, tierras agrícolas y propiedades cercanas al río,

pero cuando se anticipan y se toman medidas adecuadas la cantidad del daño se puede reducir y prevenir.

**Definición operacional.**

Las llanuras de inundación se determinarán utilizando programas informáticos SIG, también realizando levantamientos topográficos, análisis hidrológicos, modelado hidráulico, delimitación geoespacial, establecimiento de umbrales, validación en campo y documentación detallada de características, identificación precisa y cuantificable de áreas susceptibles a inundaciones.

La obtención e interpretación de mapas de llanuras de inundaciones es una de las soluciones adecuadas para prevenir y reducir las pérdidas causadas por las inundaciones.

**Indicadores.** Tenemos la primera dimensión de la variable es imágenes satelitales con tres indicadores que son el ancho de celda, precisión de la imagen y antigüedad de la imagen, como segunda dimensión tenemos a las zonas de inundación con dos indicadores que son el borde izquierdo de la llanura y el borde derecho de la llanura, como tercera dimensión tenemos a las propiedades del caudal con dos indicadores que son la velocidad del agua en la base y la máxima altura del agua.

**Escala de medición.** Los dos primeros indicadores de la dimensión imágenes satelitales se medirá en metros y el tercer indicador será en años, de la segunda dimensión los indicadores serán medidos en metros, mientras que el primer indicador de la tercera dimensión será medido en metros por segundo y el ultimo indicador será medido en metros.

**Población, muestra y muestreo**

**Población.**

La población del proyecto fue: La cuenca de Arequipa.

**Población finita**

La población del proyecto es finita, comprende solo la cuenca de Alborada Paucarpata.

## Muestreo

### Técnica de Muestreo

De acuerdo con Otzen y Manterola (2017) se utilizó el método no probabilístico, ya que la cuenca a analizar no se pudo seleccionar al azar y se evaluó la problemática pasada y su historia, lo que llevó a seleccionar la cuenca alborada de Paucarpata pozo negro.

Se debe de verificar que las llanuras de inundación no sobrepasen los límites de linderos de las personas, también poder identificar las posibles viviendas que son afectas y dar una posible solución.

### Muestra y muestreo

#### Tamaño de muestra

La muestra de esta investigación es la cuenca de Paucarpata Alborada.

#### Unidad de Estudio

De acuerdo con Hernández et al. (2014) para este estudio se está considerando la cuenca de pozo negro Alborada.



Figura 8. Zona de estudio cuenca Pozo Negro.

Fuente: Elaboración Propia

## Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### Técnicas de recolección de datos

En el proyecto de investigación se utilizó la observación directa como técnica y la revisión de documentos como métodos, ya que los datos se obtendrán a partir de un sistema de información geográfica y el modelado tridimensional del proceso hidrológico en HecHMS. Para el modelado hidráulico en Hec Ras, se aplicó principalmente la técnica de observación para analizar los resultados del modelado, mientras que en la fase de obtención de planos se utilizará la revisión documental como enfoque.

### Instrumentos de recolección de datos

Basado en las técnicas de recolección se utilizan diversas herramientas de recolección, para el servicio de información se resume y enumera todo lo encontrado, de donde se seleccionan planos o documentos relacionados con el modelado de cuencas, para ello son necesarios límites catastrales, información de precipitación, registros de caudales en la quebrada.

Si bien para la etapa de evaluación de la llanura de inundación es necesario recopilar toda la información como la profundidad del agua, así como los límites máximos referenciados en el mapa de la ciudad, se necesita también analizar y proponer una solución a este problema mediante una simulación de la inundación.

**Tabla 1.** *Instrumentos y validaciones.*

<b>Etapas de la investigación</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Validación</b>
Geografía del proyecto	Ficha Resumen 1: Obtención del DEM	Cuenca Existente
Análisis Hidrológico e hidráulico	Guía de observación 1: Resultados del modelamiento hidrológico e hidráulico	Parámetros Hidrológicos
Propuesta de mitigación	Guía de observación 2: Bordes de inundación	Riesgo de inundaciones usando FEMA

Fuente: Elaboración propia, 2023

### Validación del instrumento de recolección de datos

En este proyecto actual, se utilizaron fichas resumidas y pautas de observación como instrumentos para recolectar la información requerida. Estos recursos fueron sometidos a evaluación y validación por expertos en el campo de estudio, que también posean experiencia en temas relacionadas con la investigación.

- Guía de Observación: En este caso, las herramientas de observación Guía de Observación 1 y 2 son verificadas mediante juicio de expertos.
- Hoja Resumen: Esta herramienta de recolección de datos contiene la información de resultados del proyecto.

### Confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos

La confiabilidad del instrumento se evalúa de la siguiente manera:

Guías de observación: La guía de observación 1 y 2 correspondientes a los resultados del modelamiento hidrológico e hidráulico, así como la revisión de los bordes de inundación, serán revisadas y garantizadas por el especialista en el área.

De acuerdo con las variables estudiadas, esta variable está sujeta a cambios ya que depende de fenómenos naturales como llanuras de inundación y recolección de datos instrumentales. La Guía de Gestión del Riesgo de Inundaciones del Perú está basada en la Autoridad Nacional del Agua, por lo que esta característica es el foco principal. La validez de los instrumentos calificados por expertos y la confiabilidad de estos instrumentos se determinan calculando el coeficiente alfa de Cronbach para determinar la relevancia de los ítems y la confiabilidad de los instrumentos.

**Tabla 2.** Aplicación coeficiente alfa de Cronbach.

ítems	JUEZ I	JUEZ II	JUEZ III	Suma de ítems
1	5	5	4	14
2	4	4	3	11
3	5	4	5	14
4	5	5	5	15
5	5	5	4	14
6	5	4	4	13
7	5	5	5	15
8	4	3	4	11
9	4	4	4	12
10	4	5	4	13

<b>VARP</b> <b>(Varianza de la Población)</b>				<b>S<sub>T</sub><sup>2</sup>:</b>	
	<b>0.24</b>	<b>0.44</b>	<b>0.36</b>		<b>1.96</b>
		<b>Σ S<sub>i</sub><sup>2</sup>:</b>	<b>1.04</b>		

Fuente: Elaboración propia,2023

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

- K:** Cantidad de ítems  
**Σ S<sub>i</sub><sup>2</sup>** : Suma de Varianzas de los ítems  
**S<sub>T</sub><sup>2</sup>** : Varianza de la suma de los ítems  
**α** : Coeficiente de Alfa de Cronbach

**α :0.70**

**Tabla 3. Rango y confiabilidad alfa Cronbach**

<b>RANGO</b>	<b>CONFIABILIDAD</b>
0.53 a menos	Confiabilidad nula
0.54 a 0.59	Confiabilidad baja
0.6 a 0.65	Confiable
0.66 a 0.71	Muy confiable
0.72 a 0.99	Excelente Confiabilidad
1	Confiabilidad perfecta

Fuente: Garcia,2006

De acuerdo con los resultados de la tabla 2 el coeficiente Alfa Cronbach tiene el valor de **α :0.70** realizando la comparación con la tabla 3 determina muy confiable.

Luego de escudriñar y validar el instrumento de medición, se determina que se logró un instrumento robusto desarrollado con criterios técnico-metodológicos que se adapta a los necesarios para la investigación.

## Procedimientos

El procedimiento empleado en la tesis ha sido dividido en seis fases con el propósito de determinar cada uno de los pasos para alcanzar los objetivos de la tesis. Se adjunta el diagrama de flujo de la metodología a continuación.

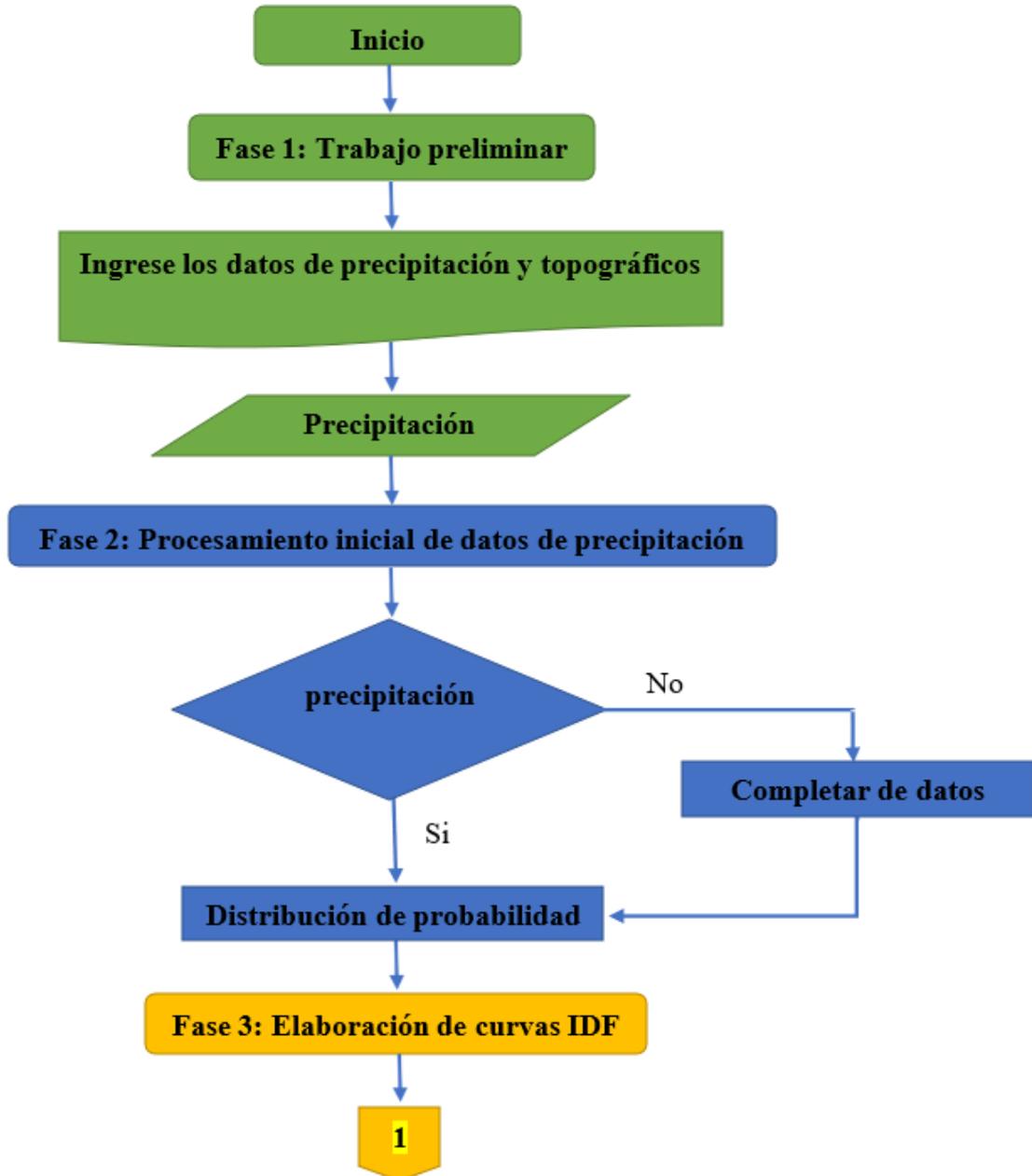


Figura 9. Diagrama de flujo-procedimiento 1 , 2 y 3

Fuente: Elaboración Propia

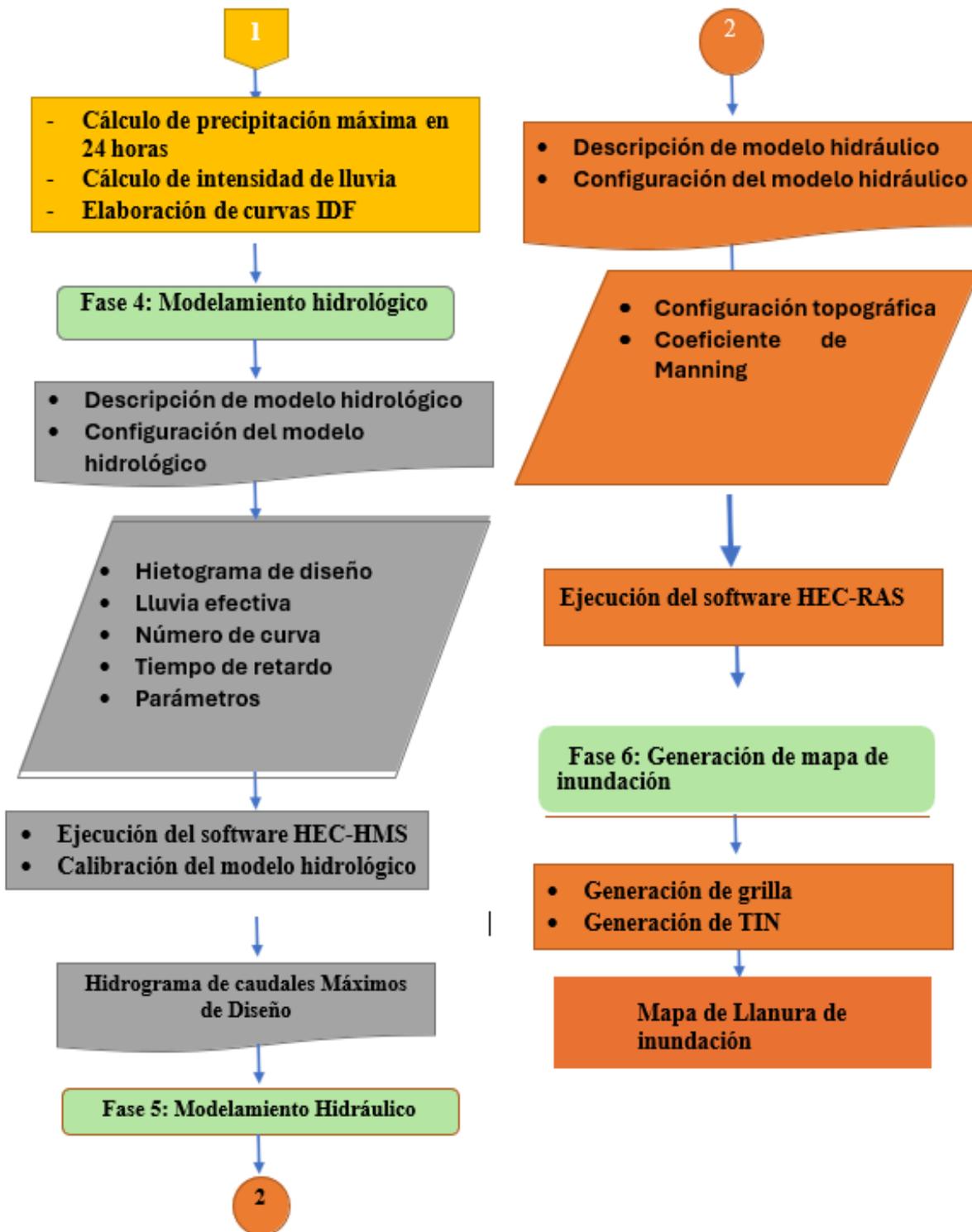


Figura 10. Diagrama de flujo-procedimiento 4,5 y 6

Fuente: Elaboración Propia

Se procede a detallar las fases indicadas en el grafico descriptivo.

### **Fase 1: Trabajo inicial**

- Recopilación de información básica necesaria de estudios anteriores y antecedentes de inundaciones o trabajos realizados en la cuenca o en cuenca vecinas.
- Recopilación de información básica de la cuenca pozo Negro: datos topográficos, hidrológicos y meteorológicos.
- Reconocimiento de la cuenca en campo.

### **Fase 2: Procesamiento inicial de datos de precipitación**

- Ordenar datos de precipitación de la estación meteorológica de la zona de estudio.
- Análisis de la precipitación mediante las distribuciones estadísticas de probabilidad de Gumbel, Log Gumbel, Normal, Log Normal, Pearson y Log Pearson.

### **Etapa 3: Grafica de la Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF)**

- Determinación de la máxima precipitación para intervalos de duración 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18 y 24 horas, afectados por los coeficientes de duración según el manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC.
- Determinación de la intensidad de lluvia para los periodos de retorno 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años
- Determinación de los valores de intensidad, para los periodos de retorno 2, 5, 10, 25, 50, 100 y años para una duración total de 1440 minutos.
- Gráficas de curvas IDF a partir de los valores obtenidos en la tabulación.

### **Etapa 4: Modelamiento hidrológico**

- Desarrollo del modelo hidrológico
- Configuración del modelo hidrológico
  - o Creación de elementos hidrológicos: subcuenca, unión de cauces, de tránsito de avenida y un sumidero o punto de aforo.
  - o Input de datos: descripción de subcuenca, área, lluvia neta o efectiva (loss method), método de escorrentía directa (transform method), abstracción inicial (Ia), número de curva (CN),

- impermeabilidad y tiempo de retardo (lag time).
- Input de datos de tránsito de avenidas y precipitación de la estación pluviométrica.
- Modelación meteorológica asociado al registro de la estación pluviométrica de Pampilla.
- Ejecución del software HEC-HMS con todos los parámetros ingresados (para la ejecución del HEC-HMS con los datos de cuenca).
- Usar los máximos valores del número de curva.
- Input de caudal máximo para periodos de retorno 50,100,150 y 200 años.

#### **Etapas 5: Modelamiento hidráulico:**

- Desarrollo del modelo hidráulico
  - Configuración del modelo hidráulico
    - Ingreso de la topográfica de la zona de estudio
    - Digitalización geométrica de tramos de la quebrada Pozo Negro mediante la extensión Hec-GeoRas
    - Importación de la geometría creada desde la extensión del ArcGis (Hec-GeoRas)
    - Input del coeficiente de rugosidad de Manning
    - Elaboración del modelamiento hidráulico de la cuenca pozo negro.

#### **Etapas 6: Generación de mapa de inundación**

- Importación de archivo generado en el ARCGIS
- Generación de grilla a través de la función de Ras Mapping-LayerSetup
- Generación del TIN de la zona de inundación
- Obtención del mapa de inundación a través de la función RAS Mapping – Inundation Mapping – Floodplain Delineation Using Rasters.

## Parámetros Hidrológicos de la Cuenca

El proyecto cuenta con varios antecedentes de problemas de inundaciones, donde se ha realizado varias inspecciones y análisis anteriores por el ANA e INGEMMET, sin embargo no se ha propuesto una solución directa a la inundación, la cual se puede reflejar en las siguientes imágenes:



*Figura 11. Inundación en puente Pozo Negro.*

Fuente: "Opinión Técnico N° 003-2021", INGEMMET,2021.

En la figura se puede ver como las viviendas están dentro del cauce, se tienen ladrilleras y algunas viviendas en el borde de la llanura, lo cual afecta y está relacionado con la quebrada en análisis, también se puede ver en la figura b, la presencia de un puente con una altura baja, la cual ocasiona que el caudal o huayco se junte en ese borde, permitiendo que a su vez este se desborde y pueda mandar agua a las viviendas que están en el borde cercano de la quebrada.

Se puede ver en la figura c, como el huayco ha sobrepasado el borde superior del puente, inundando la cancha de fútbol que se tiene en esa quebrada, también se puede ver la cantidad de tierra que ha entrado a las casas, se puede ver que la cantidad de tierra que ha entrado en las casas es bastante, la altura aproximada es de 50cm desde la base, encontrado que este es solo el nivel de la tierra, para el nivel total debe de sumar la cantidad de agua, lo cual deja una altura de aproximadamente de 70cm, en la última figura se puede ver que las viviendas en los costados son las que han recibido toda la cantidad de huayco, por el taponado del puente y de su base, este puente es parte del problema de inundaciones en este proyecto.



Figura 12. Huaico afectación en estructuras.

Fuente: "Opinión Técnico N° 003-2021" INGEMMET, 2021.

En vista en planta se puede ver la infraestructura que afecta la inundación, se trata de una curva con un puente, el cual tiene poca capacidad de volumen, al lado también se tiene la quebrada buena vista, la cual ha sido cerrada por la inclusión de unas viviendas en el centro del cauce, ello también puede analizarse en el estudio de la inundación, siendo parte de la solución que se propondrá en la sección de análisis.



Figura 13. Quebrada Buena Vista.

Fuente: INGEMMET,2021.



Figura 14. Ejemplo de inundación en vivienda.

Fuente: INGEMMET,2021.

Se han tomado fotografías del nivel máximo de la tierra sobre las viviendas, donde se puede ver que se ha llegado hasta el nivel de las ventanas, el nivel del agua sobre pasaba este nivel por unos 50 a 60 centímetros, lo cual mostraba un peligro inminente para algunas de las viviendas en análisis.



Figura 15. Pase vehicular en cauce.

Fuente: INGEMMET,2021



Figura 16. Cauce Quebrada Buena Vista.

Fuente: INGEMMET,2021

Algunas de las fuentes que han ocasionado estas inundaciones son las altas pendientes que se tienen en las cuencas que drenan a dicho lugar, por ejemplo también se puede ver la cantidad de material suelto, el cual es usado también como botadero por algunos pobladores de la zona, ocasionando que el material que descende de esta zona a la parte baja aumente en gran manera.

Es en base a estos antecedentes y los reportes de inundaciones que se proponen soluciones, así como un análisis de la cuenca que vierte agua sobre esta zona en particular.

El modelado de la cuenca necesita como primeros pasos el tratamiento de los datos, tanto del área de la cuenca, así como de sus propiedades, para ello se hace uso de imágenes satelitales, las cuales mediante el delimitado y algoritmos de delimitación encuentran la forma de las cuencas y sub cuencas, para luego procesar las propiedades de las cuencas y subcuencas para calcular parámetros como los tiempos de concentración, números de curva, así como la lluvia de diseño, con ello realizar el modelado hidrológico del proyecto.

Primeramente se debe de descargar las imágenes satelitales, con el fin de encontrar la zona del proyecto, lo cual se descarga del satélite ALOS PALSAR, siendo este parte de la vista seleccionada en la imagen siguiente:

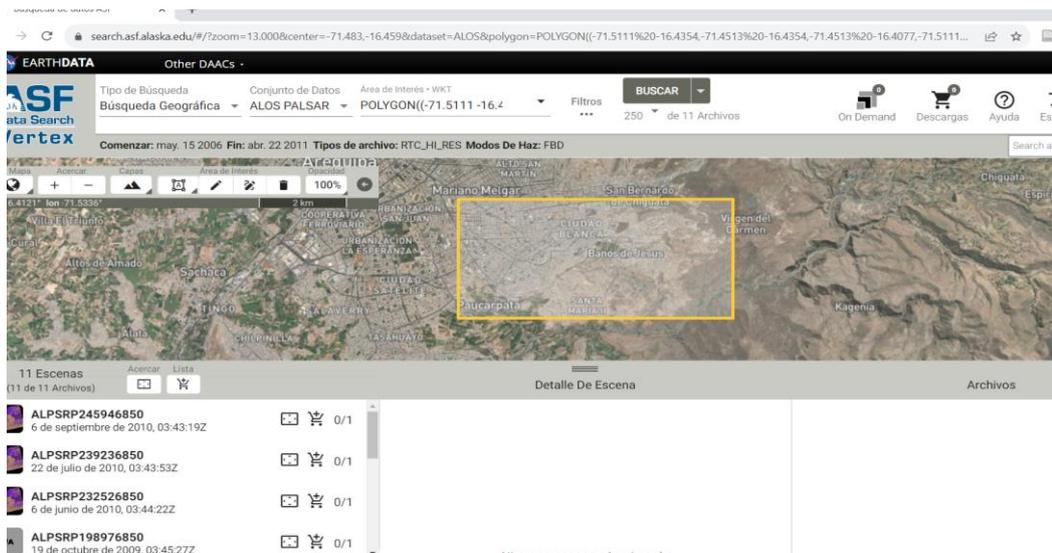
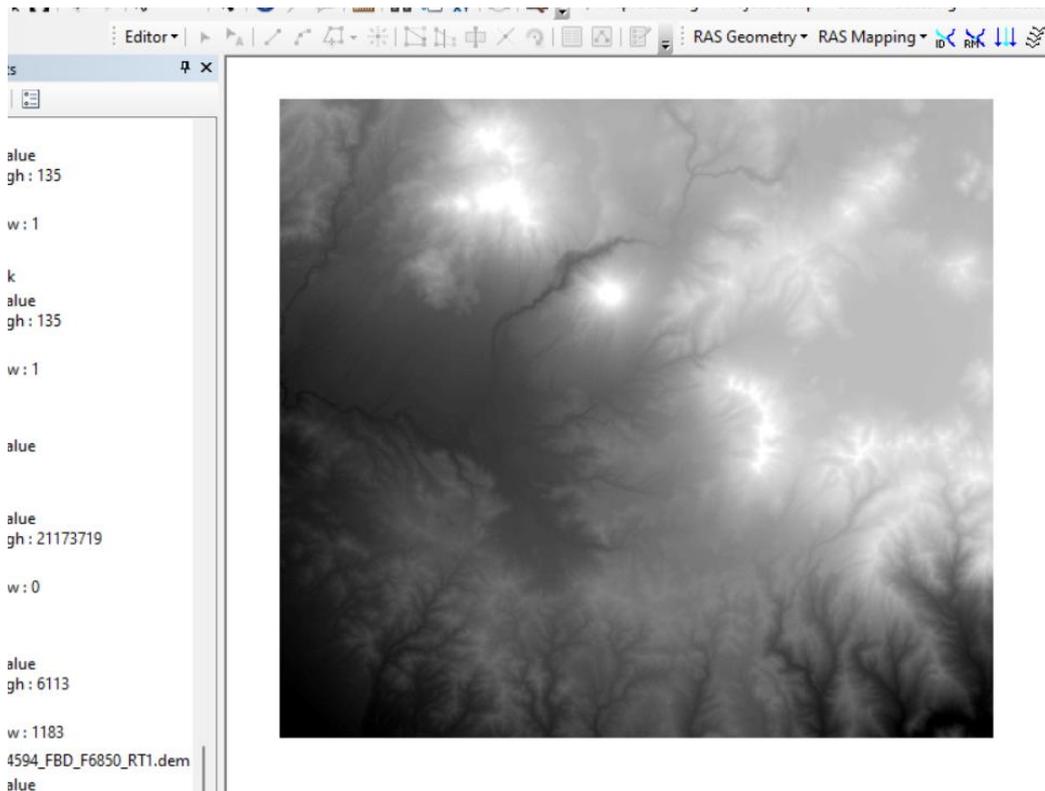


Figura 17. Resarch Data.

Fuente: Elaboración Propia

Con ello se reciben varias imágenes satelitales, siempre es necesario seleccionar la que abarca la zona del proyecto con una mayor cobertura, esto porque la cuenca que origina la inundación es una cuenca medianamente grande y debe entrar dentro de la imagen satelital.



*Figura 18. Modelo DEM.*

Fuente: Elaboración Propia

Habiendo realizado la importación de la imagen satelital a ArcGIS, es necesario evaluar lo encontrado, para ello se ubican los puntos de drenaje, como el puente origen de la inundación, así como las quebradas naturales formadas por el modelo hidrográfico según la imagen satelital.

El primer paso es realizar una inundación artificial sobre todo el terreno del modelo hidrológico, para poder reconocer los puntos de sumideros naturales, dado que el primer paso de una inundación es el llenado de los sumideros, luego de haber llenado estos sumideros se puede utilizar un algoritmo de identificación de direcciones, lo cual muestra la dirección para donde fluye el agua, con ello se puede definir las quebradas de las torrenteras, así como los cauces de los ríos.

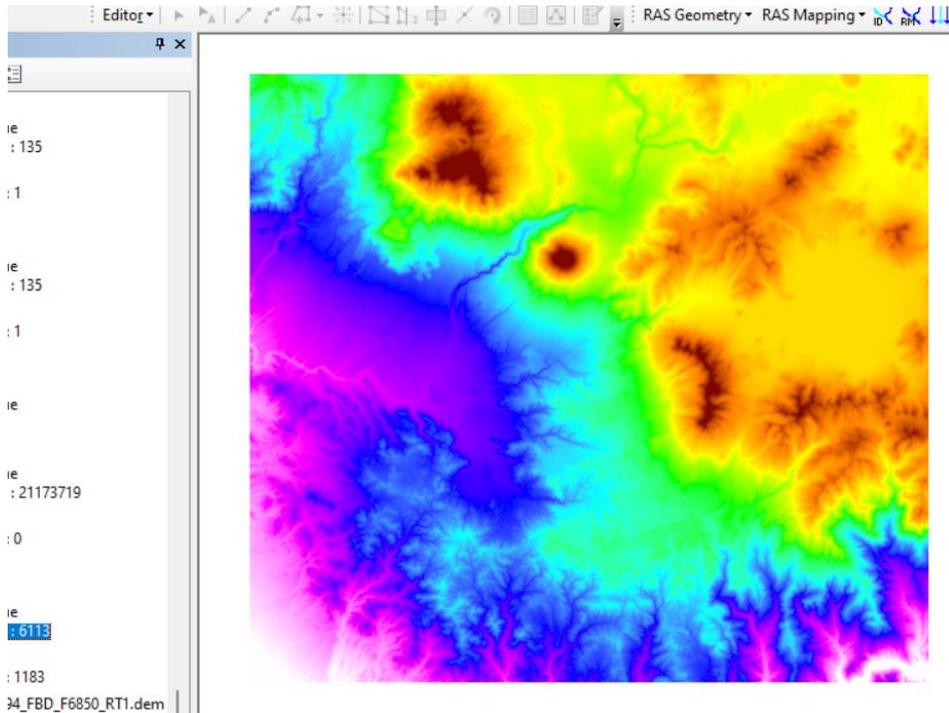


Figura 19. Llenado de sumideros.

Fuente: Elaboración Propia

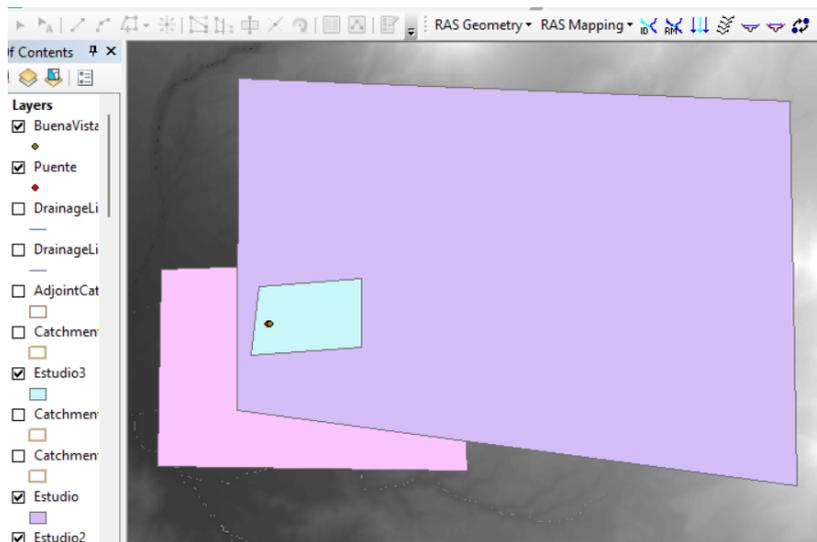


Figura 20. Reducción del área de estudio.

Fuente: Elaboración Propia.

El problema de esta imagen satelital es que para poder estudiar a mayor detalle la cuenca que vierte sobre el punto de análisis debemos reducir la zona de análisis, para ello se ha realizado el corte de colocar celeste, donde se puede tener una vista más detallada de la cuenca , esto se determinó mediante un delimitado progresivo e interactivo, dado que se delimitan todas las cuencas y subcuencas, para luego

realizar una identificación de la cuenca de aporte, si esta cuenca es grande comparada con el resto de las cuencas, es necesario hacer el recorte.

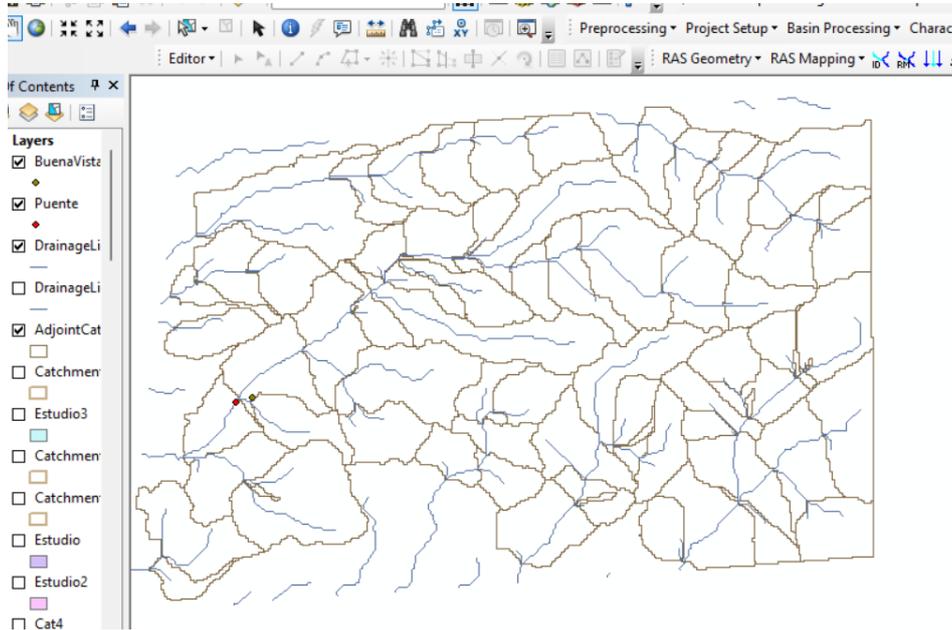


Figura 21. Unión de cuencas.

Fuente: Elaboración Propia

Con ello se ha encontrado los siguientes resultados:

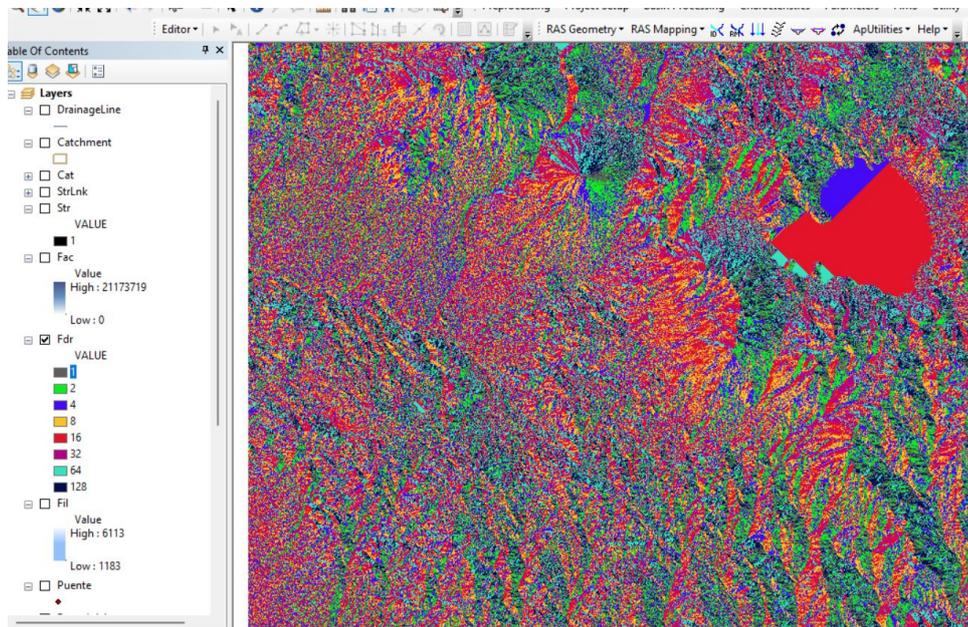


Figura 22. Dirección de flujo.

Fuente: Elaboración Propia

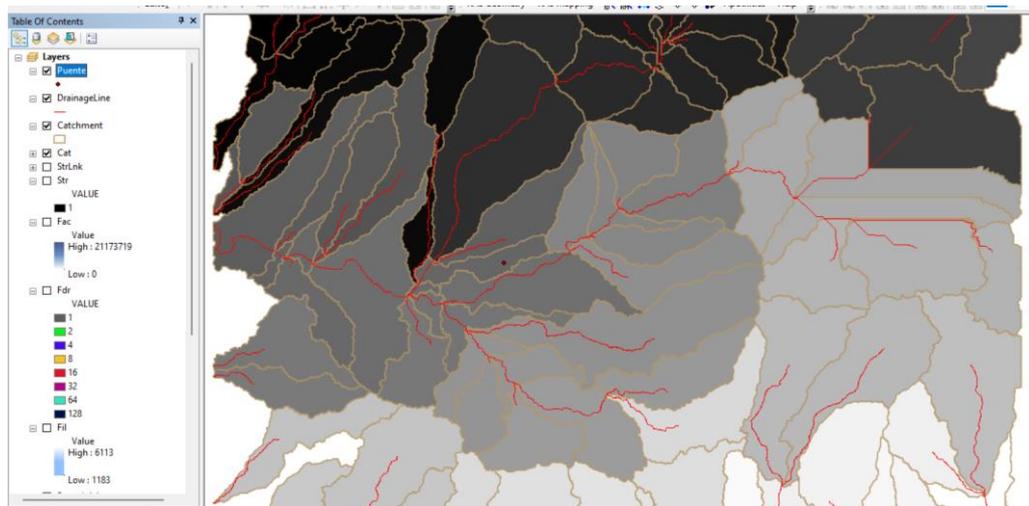


Figura 23. Quebradas de la imagen satelital

Fuente: Elaboración Propia.

Luego de haber realizado el recorte de la zona de estudio se tiene un análisis de solo el recorte, obteniendo los resultados de llenado de sumideros, quebradas y dirección de flujos:

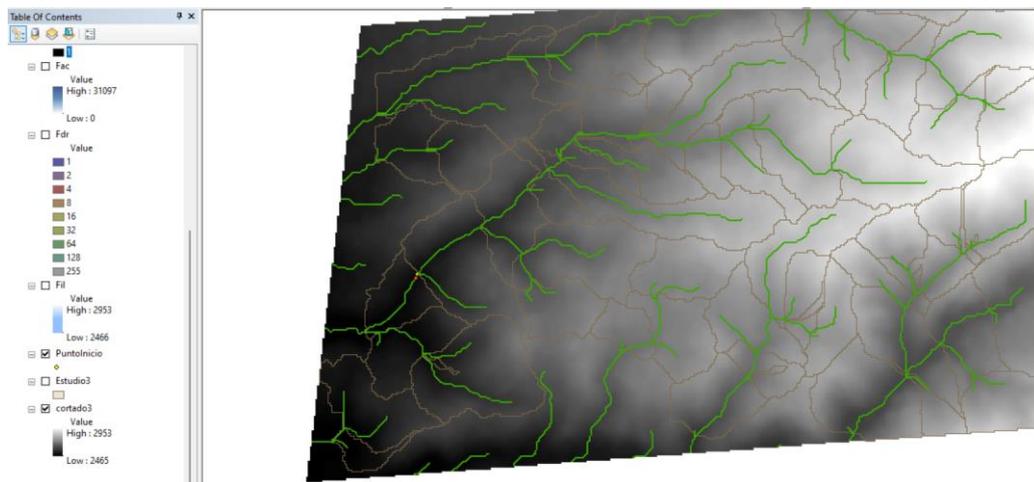


Figura 24. Detección de quebradas.

Fuente: Elaboración Propia

Se puede usar esta información para detectar de manera manual el tamaño de la cuenca de análisis, en flujo de direcciones se puede ver las 16 direcciones que puede tener una partícula agua, la cual discurre en una zona en particular, la cual se reconoce como punto de discurrimento, parte del estudio hidrológico es la detección de este punto, para poder separar el modelo hidrológico del modelo hidráulico.

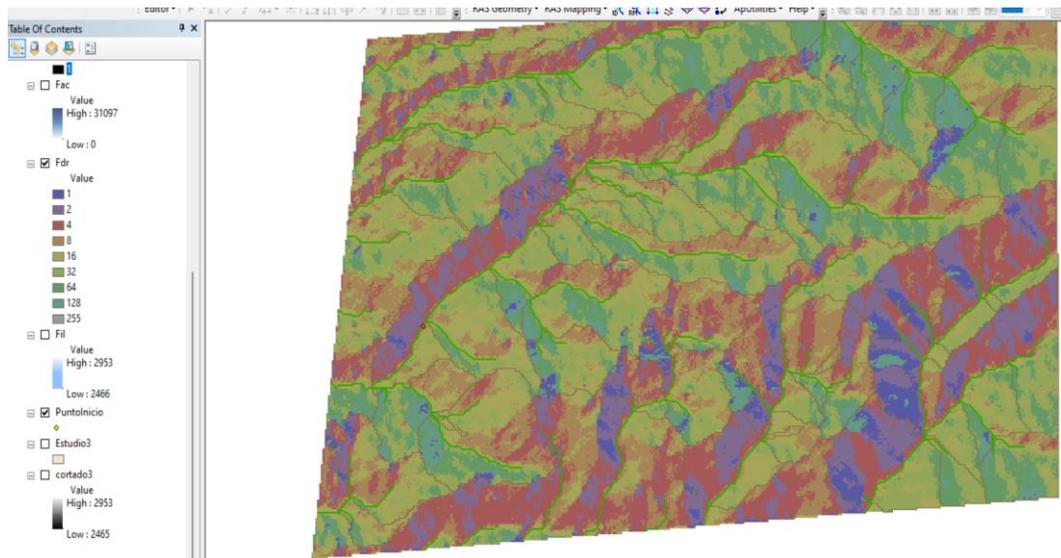


Figura 25. Flujo de direcciones.

Fuente: Elaboración Propia

En las figuras anteriores se puede ver como se forma la cuenca y sub cuenca del proyecto, es en base a ello que se propone realizar el modelado hidrológico, para lo cual se armara el siguiente modelo con HecHMS.

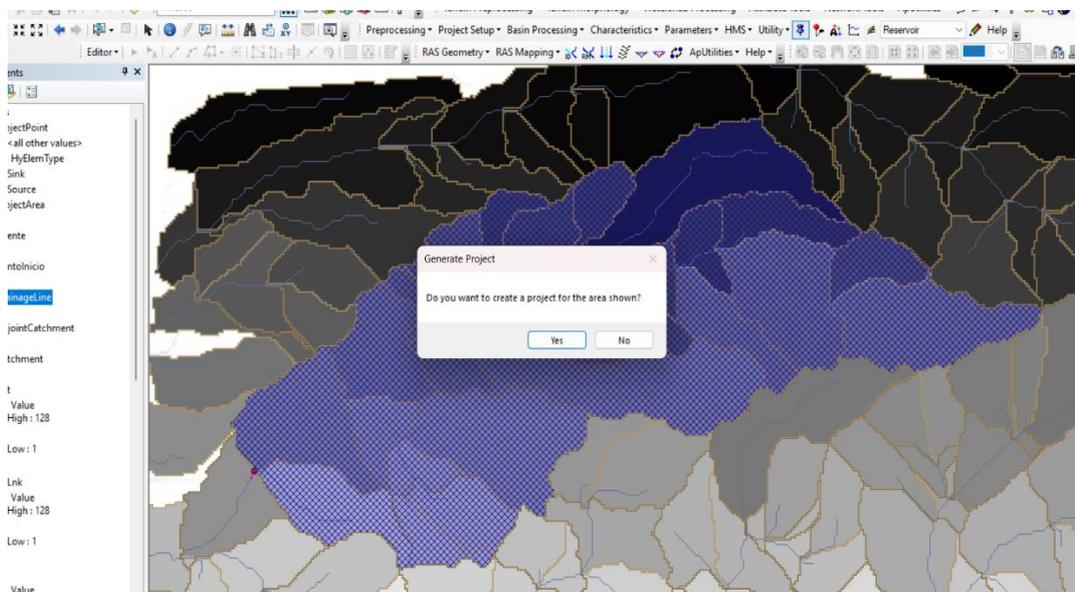


Figura 26. Selección del área de estudio

Fuente: Elaboración Propia

El modelado en Hec HMS implica que se tengan procesos como la perdida superficial, métodos de transformación, métodos de selección de flujo base y método de tránsito de hidrogramas.

La cuenca tiene varios atributos, los cuales reflejan las características de la obra, la siguiente tabla nos da una idea de ello:

**Tabla 4. Propiedades geométricas de las subcuencas**

ID	Perímetro	Área m <sup>2</sup>	Gravelius	Forma
1	1600.000	94531.250	1.457	0.037
2	1800.000	129531.250	1.400	0.040
3	1375.000	72031.250	1.434	0.038
4	3125.000	303593.750	1.588	0.031
5	2075.000	87812.500	1.961	0.020
6	4075.000	293437.500	2.106	0.018
7	1175.000	60156.250	1.341	0.044
8	2375.000	105156.250	2.051	0.019
9	2225.000	118593.750	1.809	0.024
10	1575.000	60781.250	1.789	0.025
11	2625.000	247031.250	1.479	0.036
12	1975.000	79843.750	1.957	0.020
13	2275.000	159062.500	1.597	0.031
14	1450.000	46562.500	1.882	0.022
15	4575.000	326093.750	2.243	0.016
16	1825.000	72968.750	1.892	0.022
17	1850.000	77656.250	1.859	0.023
18	4700.000	364062.500	2.181	0.016
19	2100.000	81406.250	2.061	0.018
20	1875.000	55468.750	2.229	0.016
21	1750.000	115625.000	1.441	0.038
22	2075.000	137812.500	1.565	0.032
23	1900.000	66562.500	2.062	0.018
24	1250.000	56406.250	1.474	0.036
25	425.000	2187.500	2.544	0.012
26	1550.000	73125.000	1.605	0.030
27	4150.000	231250.000	2.416	0.013
28	1700.000	97656.250	1.523	0.034
29	1625.000	63437.500	1.807	0.024
30	2300.000	115468.750	1.895	0.022
31	1625.000	76718.750	1.643	0.029
32	2300.000	151093.750	1.657	0.029
33	1950.000	79218.750	1.940	0.021
34	1400.000	51718.750	1.724	0.026
35	250.000	1406.250	1.867	0.023
36	2225.000	104531.250	1.927	0.021
37	750.000	14375.000	1.752	0.026
38	875.000	5312.500	3.361	0.007
39	1825.000	107812.500	1.556	0.032
40	1450.000	44218.750	1.931	0.021
41	1825.000	93125.000	1.675	0.028
42	1325.000	30468.750	2.125	0.017
43	1425.000	63125.000	1.588	0.031
44	1650.000	66093.750	1.797	0.024
45	1700.000	81250.000	1.670	0.028
46	2550.000	114687.500	2.108	0.018
47	1575.000	67656.250	1.695	0.027
48	650.000	11406.250	1.704	0.027
49	1775.000	56875.000	2.084	0.018
50	2725.000	89218.750	2.554	0.012
51	1125.000	19218.750	2.272	0.015
52	1400.000	32968.750	2.159	0.017

53	2875.000	171875.000	1.942	0.021
54	2750.000	268750.000	1.485	0.036
55	2400.000	127500.000	1.882	0.022
56	3375.000	289218.750	1.757	0.025
57	2675.000	185937.500	1.737	0.026
58	1575.000	80468.750	1.555	0.032
59	2200.000	159062.500	1.545	0.033
60	2650.000	231250.000	1.543	0.033
61	3950.000	292187.500	2.046	0.019
62	5125.000	434531.250	2.177	0.017
63	3100.000	255000.000	1.719	0.027
64	1750.000	97812.500	1.567	0.032
65	1400.000	55625.000	1.662	0.028
66	3325.000	325468.750	1.632	0.029
67	925.000	10937.500	2.477	0.013
68	1650.000	83750.000	1.596	0.031
69	2700.000	115625.000	2.223	0.016
70	1600.000	74843.750	1.638	0.029
71	2125.000	128750.000	1.658	0.029
72	1450.000	65000.000	1.592	0.031
73	1325.000	32656.250	2.053	0.019
74	2325.000	164843.750	1.603	0.030
75	1525.000	57187.500	1.786	0.025
76	2050.000	95468.750	1.858	0.023
77	2100.000	88593.750	1.975	0.020
78	2275.000	159531.250	1.595	0.031
79	2800.000	218437.500	1.677	0.028
80	2050.000	119218.750	1.662	0.028
81	1600.000	27343.750	2.709	0.011
82	1575.000	104218.750	1.366	0.042
83	2150.000	70000.000	2.275	0.015
84	2475.000	138281.250	1.864	0.023
85	2775.000	175781.250	1.853	0.023
86	1725.000	86093.750	1.646	0.029
87	2300.000	199062.500	1.443	0.038
88	2600.000	183281.250	1.700	0.027
89	2350.000	122031.250	1.884	0.022
90	2225.000	107187.500	1.903	0.022
91	1725.000	25781.250	3.008	0.009
92	1600.000	84531.250	1.541	0.033
93	1950.000	116250.000	1.601	0.031
94	275.000	2812.500	1.452	0.037
95	1350.000	30937.500	2.149	0.017
96	1700.000	82656.250	1.656	0.029
97	1475.000	76718.750	1.491	0.035
98	2150.000	151875.000	1.545	0.033
99	1225.000	38125.000	1.757	0.025
100	1600.000	83593.750	1.549	0.033
101	2200.000	102187.500	1.927	0.021
102	3375.000	143125.000	2.498	0.013
103	3150.000	264687.500	1.714	0.027
104	1550.000	51875.000	1.906	0.022
105	1650.000	97812.500	1.477	0.036
106	3650.000	334843.750	1.766	0.025
107	1800.000	75468.750	1.835	0.023
108	625.000	4375.000	2.646	0.011
109	2850.000	271718.750	1.531	0.033
110	2950.000	191718.750	1.886	0.022
111	1300.000	51718.750	1.601	0.031

112	1725.000	142500.000	1.279	0.048
113	1675.000	76406.250	1.697	0.027
114	1350.000	56250.000	1.594	0.031
115	2075.000	122031.250	1.663	0.028
116	3450.000	306406.250	1.745	0.026
117	2275.000	159375.000	1.596	0.031
118	1550.000	109531.250	1.311	0.046
119	425.000	2031.250	2.640	0.011
120	1875.000	122343.750	1.501	0.035
121	1425.000	60625.000	1.620	0.030
122	550.000	7656.250	1.760	0.025
123	1200.000	46406.250	1.560	0.032
124	975.000	34062.500	1.479	0.036
125	1675.000	99062.500	1.490	0.035
126	2100.000	65937.500	2.290	0.015
127	1925.000	152031.250	1.382	0.041
128	1375.000	93125.000	1.262	0.049

Fuente: Propia

Donde se puede resumir las propiedades de cada una de las sub cuencas, obteniendo un total de área de cuenca de 14.7 km<sup>2</sup>, lo cual es una cuenca pequeña, siendo ello normal, debido a que la cuenca en análisis se encuentra en la ciudad, además de tener una sección transversal reducida, que solo puede transportar una cantidad de agua acorde al área de la cuenca.

También se muestran otros parámetros como gravelious, factor de forma, área de cuenca y perímetro, por ejemplo el tiempo de concentración depende del área de la cuenca, la longitud de la partícula máxima a salir del punto inicial.

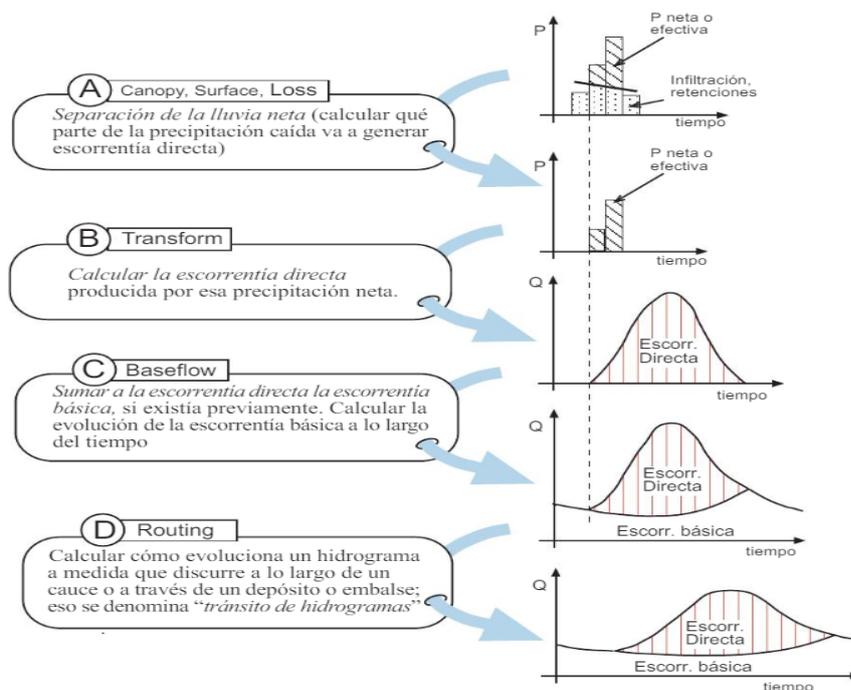


Figura 27. Partes del modelado en Hec HMS

Fuente: Elaboración Propia

El área de la cuenca está formada por toda la zona sombreada, en base a ello se hará el modelado de las subcuencas, para poder encontrar la cantidad de caudal que discurre en este lugar.

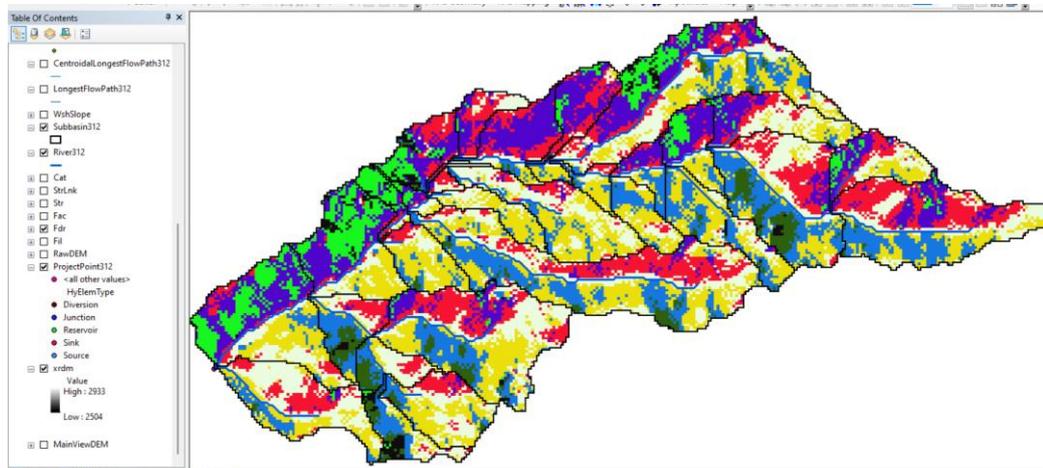


Figura 28. Flow direction.

Fuente: Elaboración Propia

Cada uno de los pixeles representa la dirección de flujo que toma toda la sub cuenca en estudio, también representa las zonas donde se concentra el agua al discurrir.

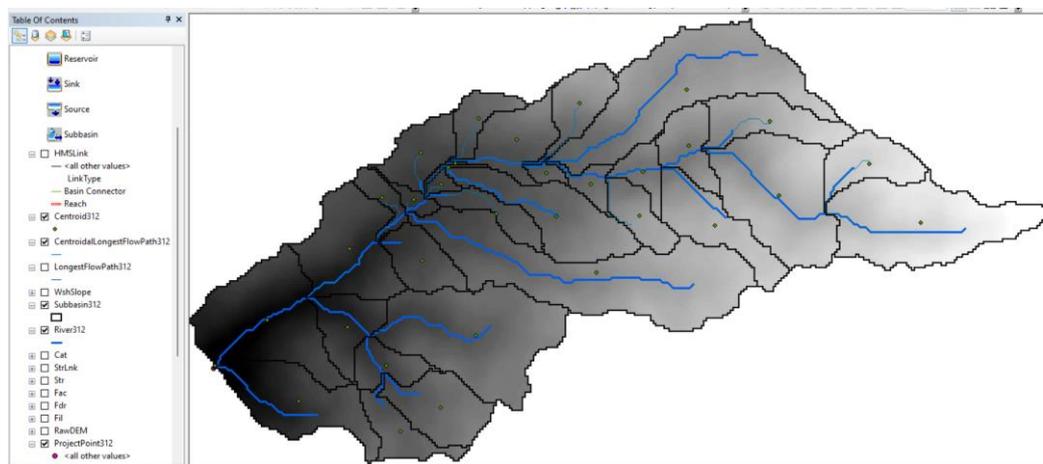


Figura 29. Centroides de sub cuencas.

Fuente: Elaboración Propia

Se puede encontrar los centroides de cada sub cuenca, esto porque es necesario la longitud, pendiente y las propiedades de la sub cuenca que se utilizara para poder modelar el tránsito de avenidas, el área del proyecto, los tiempos de retraso y todos estos parámetros que parten de la geometría.

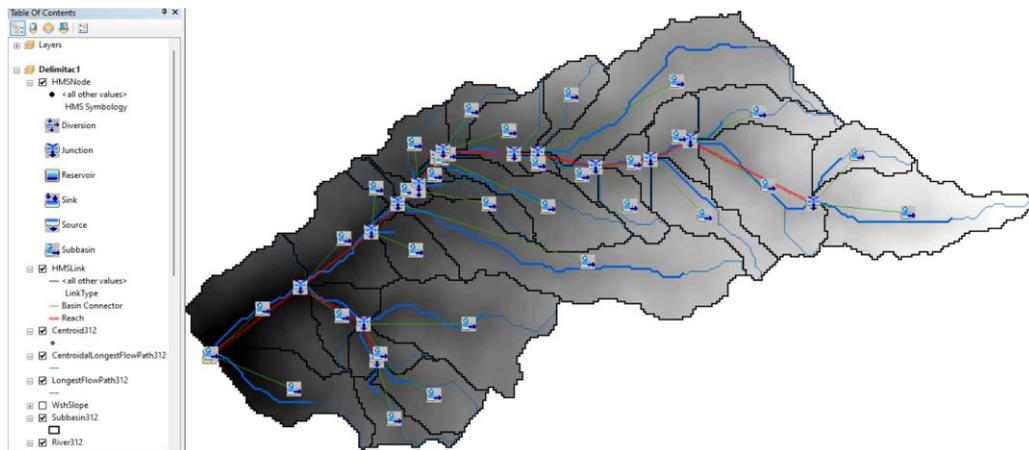


Figura 30. Esquemático HMS.

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se muestra el esquema de modelado en Hec Hms, para lo cual se selecciona un centroide de cada sub cuenca, de la misma manera se procesa las pendientes y las longitudes de cada sub cuenca al punto de salida, para finalmente exportar el modelo final y obtener los resultados siguientes:

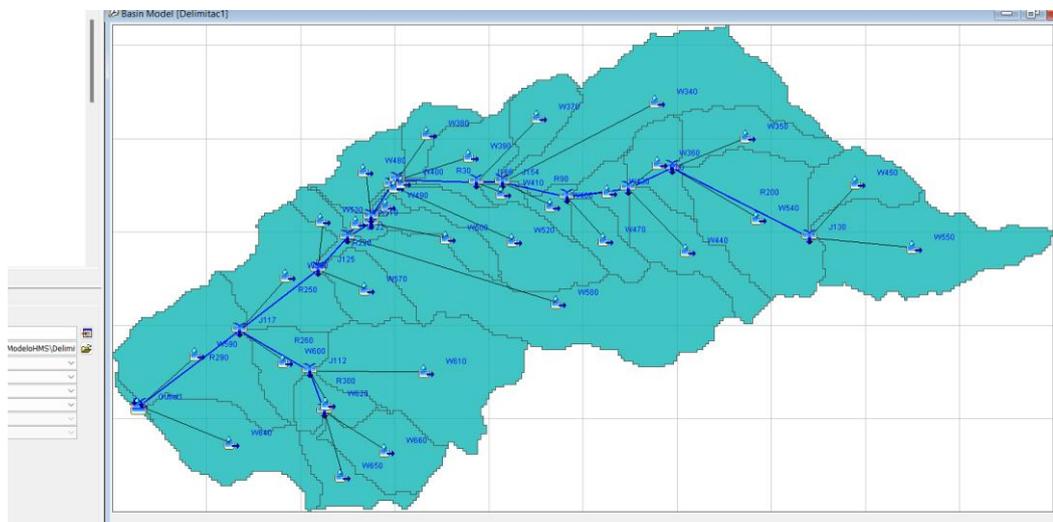


Figura 31. Modelo Final Hec HMS.

Fuente: Elaboración Propia

El modelo final está compuesto de ríos donde se produce el tránsito de hidrogramas, en las sub cuencas se realiza el modelado de infiltración para la generación del hidrograma de entrada a cada subcuenca, los joints para podrá sumar los hidrogramas, con el fin de convertir la lluvia de diseño en el hidrograma de diseño.

## Precipitaciones de Diseño

Para poder modelar la cuenca es necesario definir la precipitación de diseño, ello se logra mediante el uso de los registros de precipitaciones de la zona, para esta parte de Arequipa se tiene la estación la pampilla, la cual está ubicada en el mapa de estaciones de Perú, según el siguiente mapa.

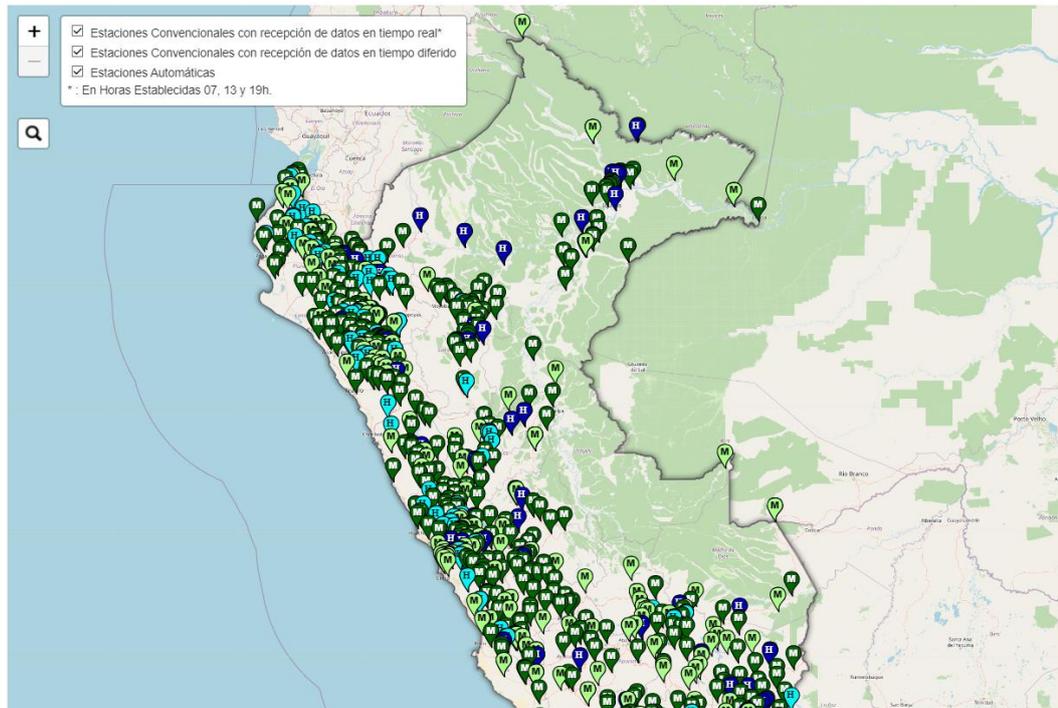


Figura 32. Mapa de estaciones del Perú.  
Fuente: Senahmi

De esta misma página es posible obtener todas las precipitaciones y sus registros durante los últimos años, lo cual sirve para poder aproximar o contrastar la serie de tiempo contra una distribución de probabilidad, para poder extrapolar un nuevo valor precipitación, el cual será ubicado n años en el futuro, a este concepto se le conoce como precipitación de diseño para un periodo de retorno de diseño, este valor en el caso de defensas de inundaciones es de 50 años como mínimo, para algunas verificaciones se suelen usar valores superiores de precipitaciones, pero estos son solo para verificaciones, el diseño se realiza en base a la lluvia de 50 años de periodo de retorno, sin embargo para el cálculo de vulnerabilidad se utilizan 100, 150 y 200 años también.

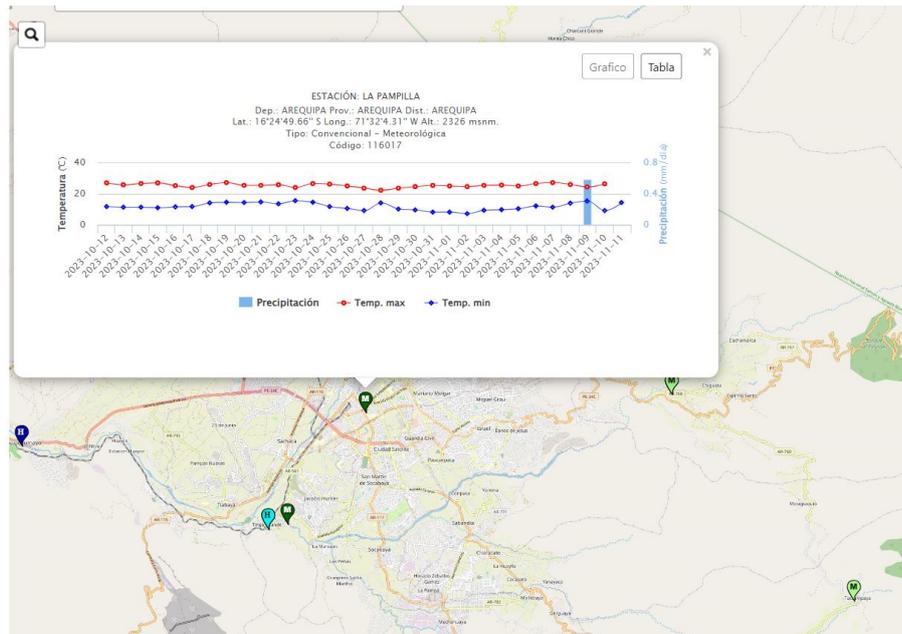


Figura 33. Estación la pampilla.

Fuente: Senamhi

Se toma estos valores y se pasan a una serie de tiempo en Excel, con el fin de procesarlos estadísticamente.

Las tablas de las precipitaciones se pueden ver en la siguiente lista:

Tabla 5. Precipitaciones estación la Pampilla

Año	Precip (mm)	Acumula (mm)
1971	13.5	13.5
1972	52.3	65.8
1973	30.3	96.1
1974	30.2	126.3
1975	30.7	157
1976	35.2	192.2
1977	9	201.2
1978	8	209.2
1979	10.9	220.1
1980	6.2	226.3
1981	5.4	231.7
1982	3.9	235.6
1983	1.5	237.1
1984	14.7	251.8
1985	15.3	267.1
1986	18.4	285.5
1987	19	304.5
1988	11.5	316

1989	22.9	338.9
1990	11.5	350.4
1991	7.7	358.1
1992	3.4	361.5
1993	13.5	375
1994	13.6	388.6
1995	28	416.6
1996	12.1	428.7
1997	33.4	462.1
1998	7.8	469.9
1999	12.3	482.2
2000	23.7	505.9
2001	30	535.9
2002	15.4	551.3
2003	5.5	556.8
2004	8.4	565.2
2005	5.2	570.4
2006	14.9	585.3
2007	7.9	593.2
2008	25.5	618.7
2009	8.4	627.1
2010	4.7	631.8
2011	14.4	646.2
2012	26.3	672.5
2013	124.5	797
2014	16	813
2015	28.4	841.4
2016	14.3	855.7
2017	3.4	859.1
2018	13.5	872.6
2019	13.6	886.2
2020	28	914.2
2021	12.1	926.3
2022	33.4	959.7

Fuente: Propia.

Se tiene registros de años durante 1971 al 2022, estos datos se pasan a un formato para el análisis estadístico, realizando las verificaciones estadísticas, para escoger la distribución de probabilidad que mejor se asemeje y en base a las pruebas estadísticas.

El análisis estadístico se realiza en HidroEsta, el cual puede verificar la semejanza con pruebas como el uso de parámetros ordinarios, para un detal teórico y un delta tabular, con el cual se decide si la distribución se asemeja o no a la distribución.

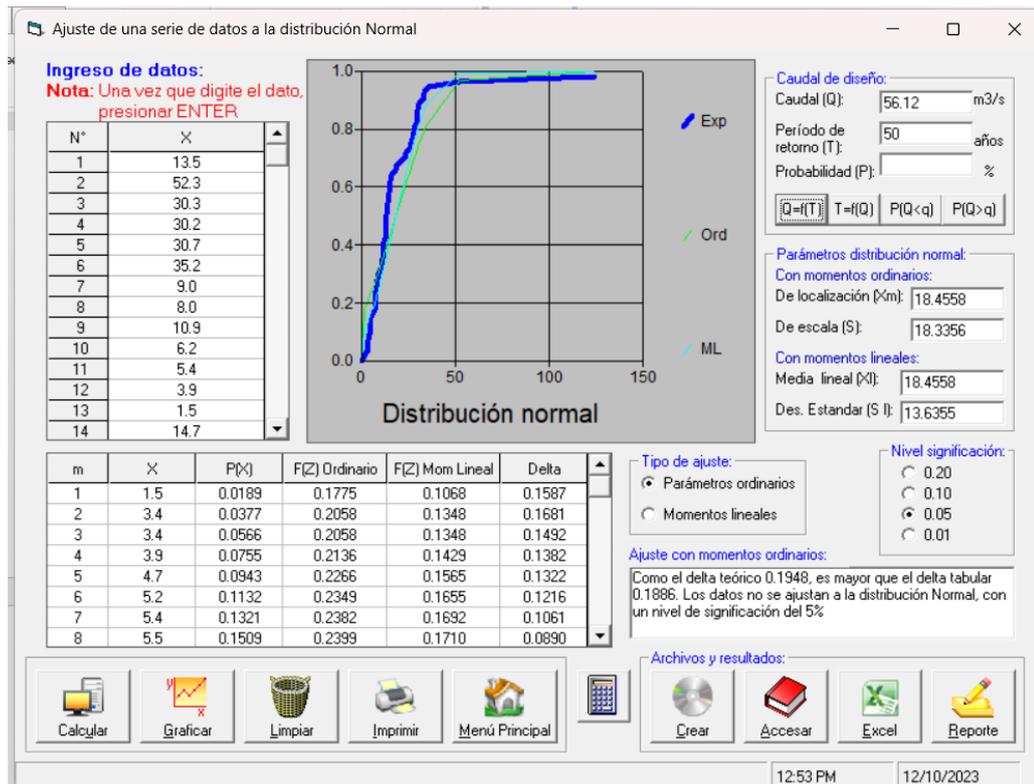


Figura 34. Distribución normal estación la pampilla.

Fuente: Propia.

En la figura anterior se puede destacar una línea de color azul, esta misma es la data del problema, la línea de color verde es la distribución de probabilidad, luego se tienen tabulaciones de las probabilidad y la curva S que forma la sumatoria gradual de estos valores, para luego identificar el grado de semejanza que se tienen entre los datos y la distribución de probabilidad.

Se puede mencionar que para extrapolar un valor para los 50 próximos años es necesario realizar una extensión a la función que se muestra en el gráfico, lo cual aumenta durante el paso de los años, extendiéndose según la misma tendencia, como se puede ver en las siguientes figuras.

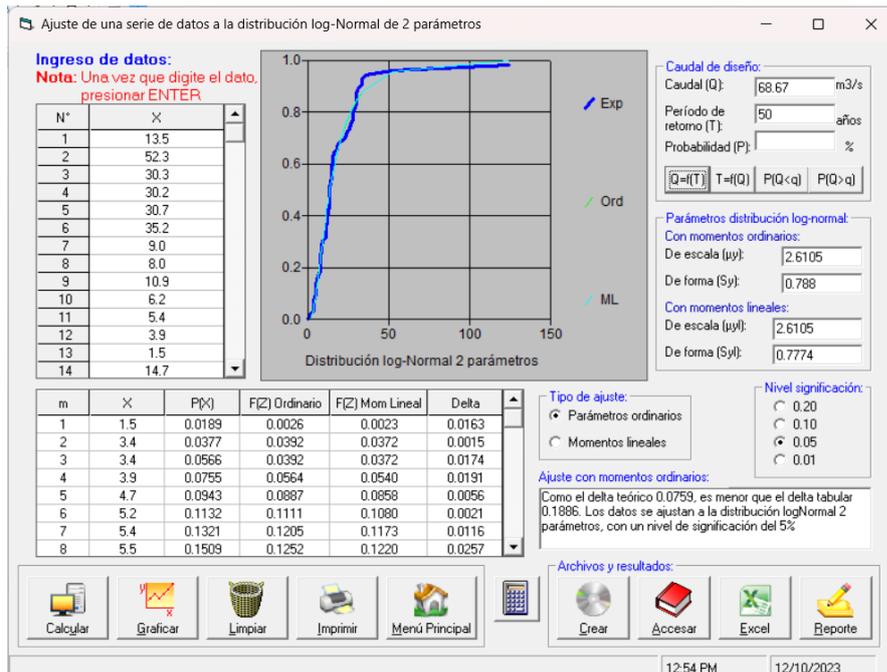


Figura 35. Distribución log normal 2 parámetros estación la pampilla.

Fuente: Propia

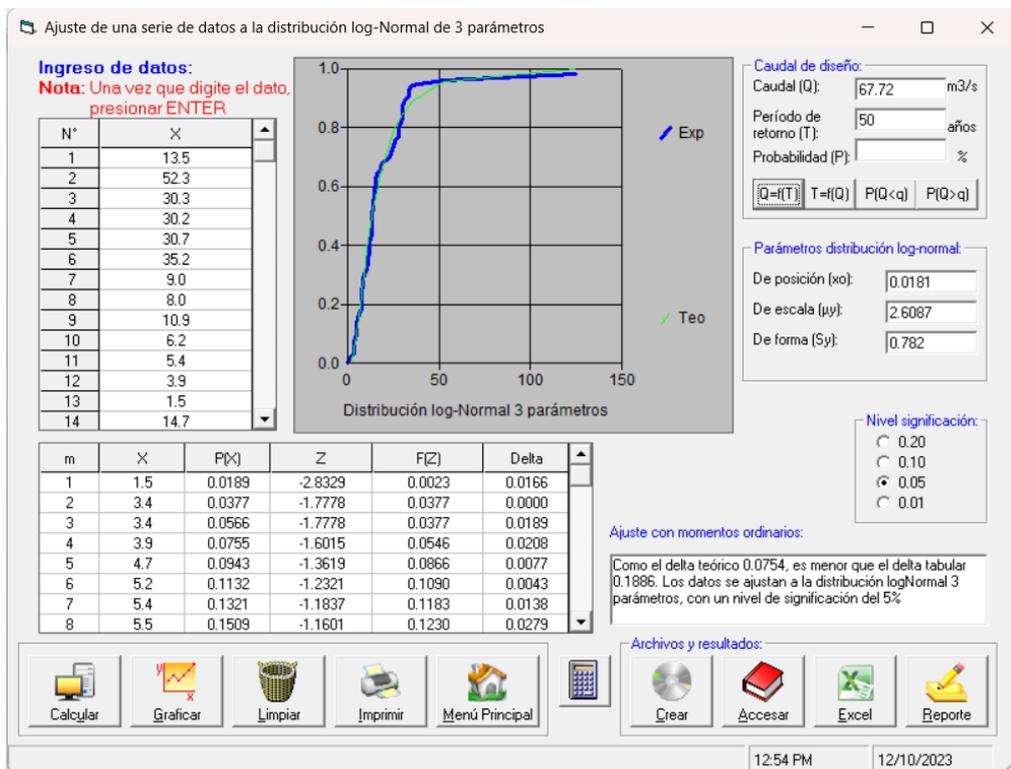


Figura 36. Distribución log normal 3 parámetros estación la pampilla.

Fuente: Propia

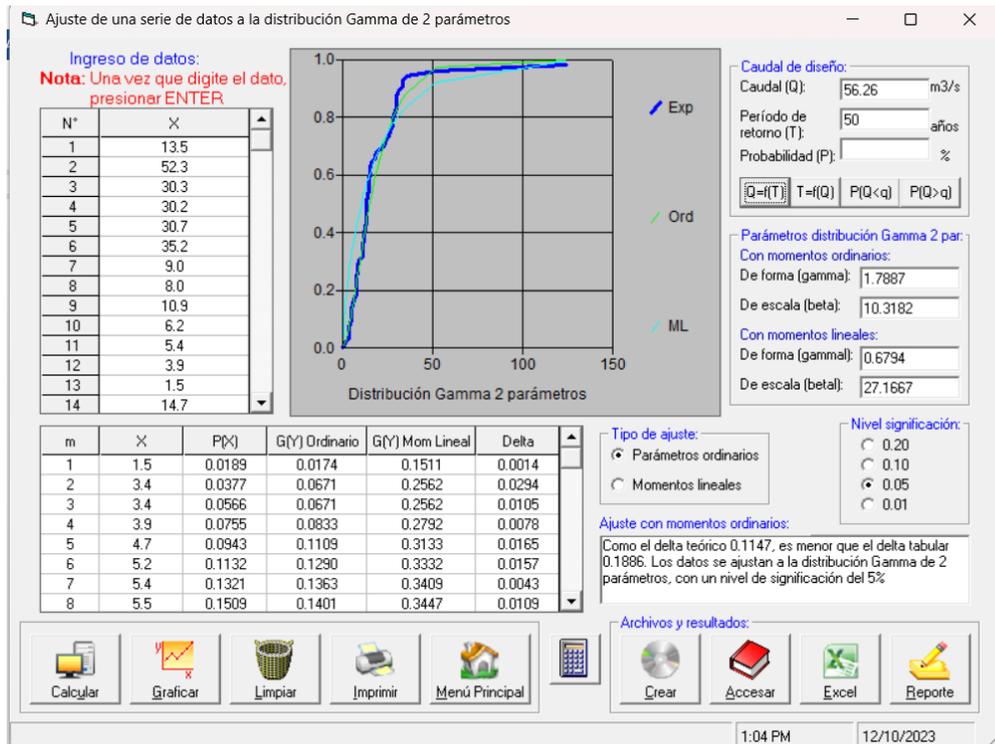


Figura 37. Distribución gamma 2 parámetros estación la pampilla.

Fuente: Propia

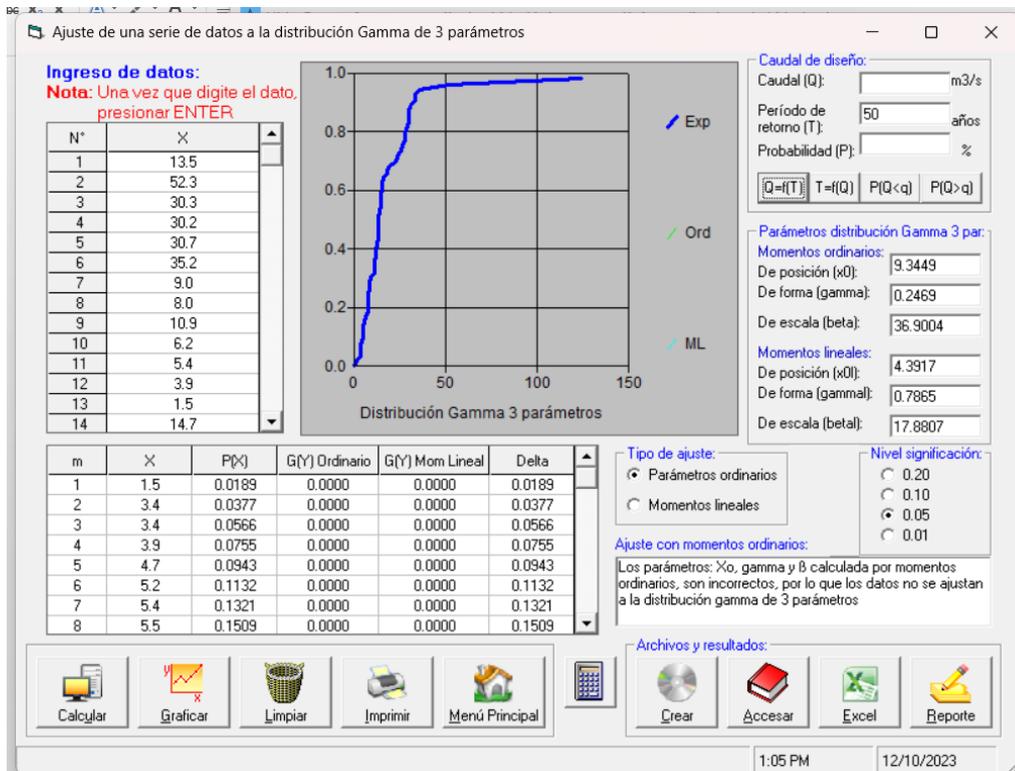


Figura 38. Distribución gamma 3 parámetros la pampilla.

Fuente: Propia

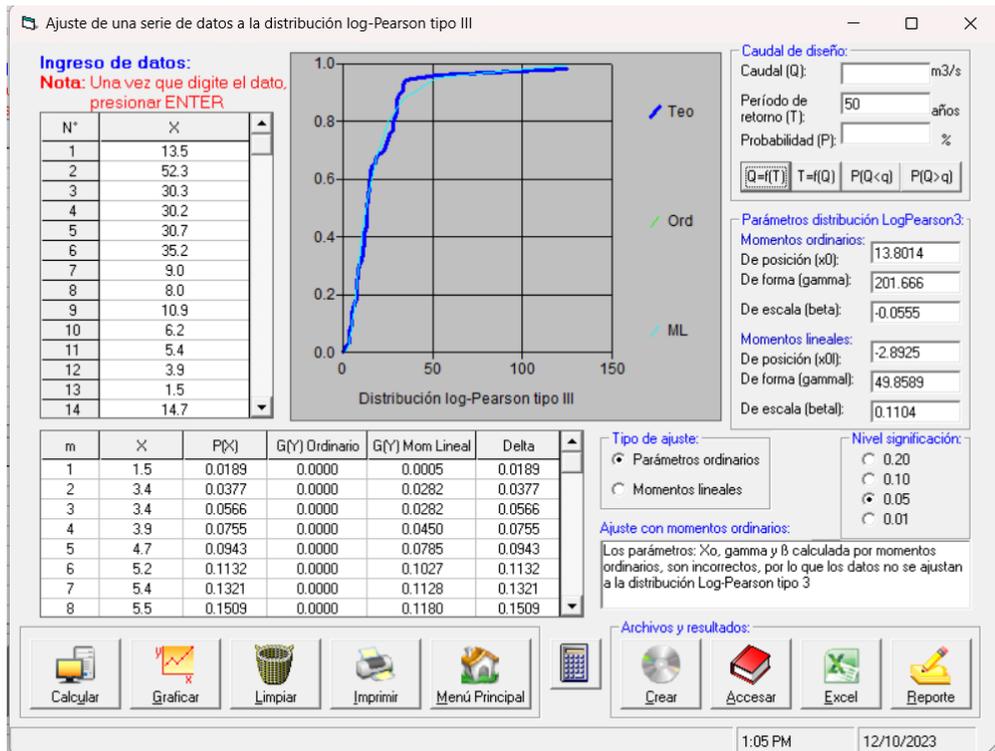


Figura 39. Distribución log normal III estación la pampilla.  
 Fuente: Propia

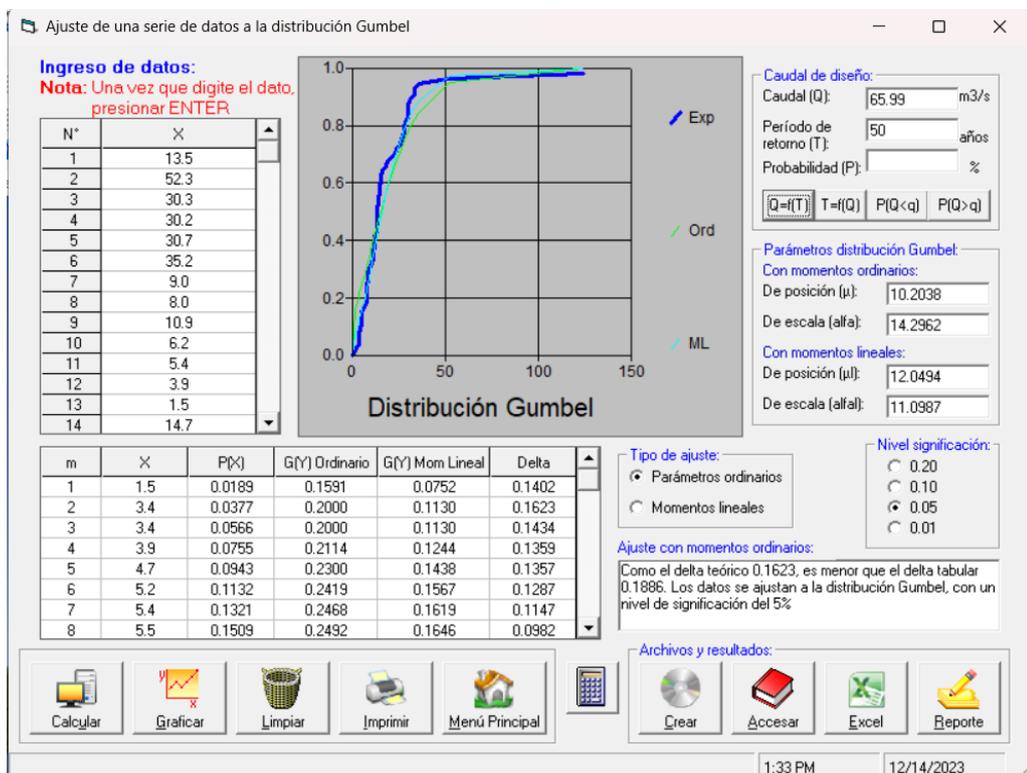


Figura 40. Distribución Gumbel estación la pampilla.  
 Fuente: Propia

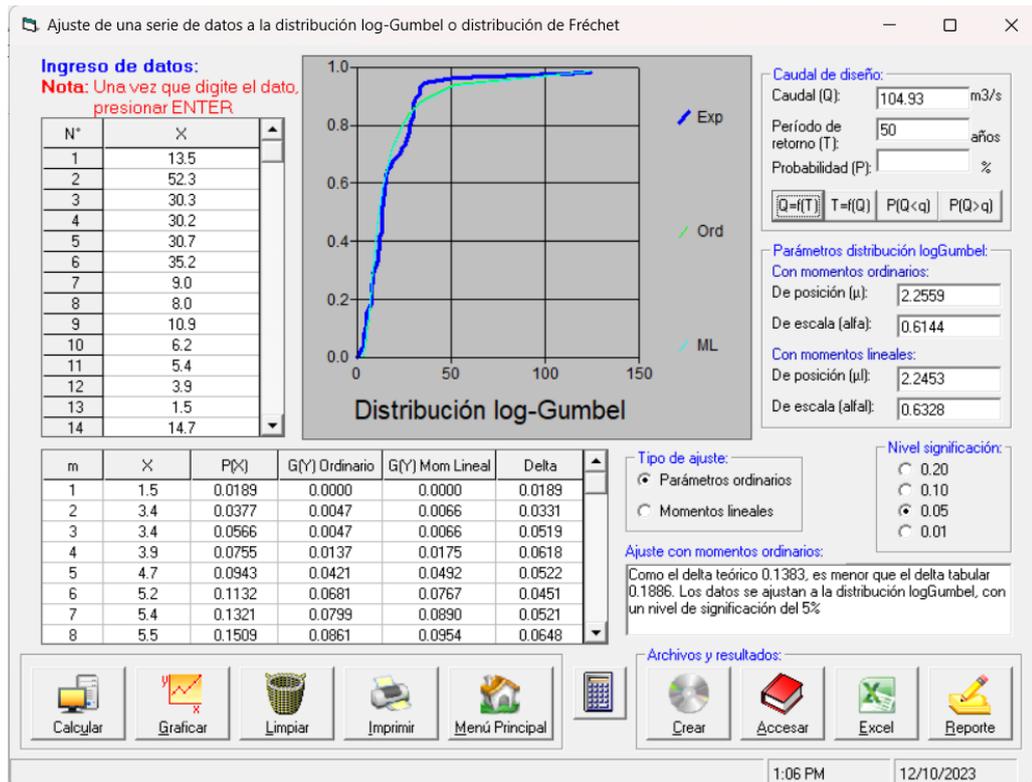


Figura 41. Distribución log Gumbel estación la pampilla.  
 Fuente: Propia.

Finalmente podemos resumir la extrapolación de cada una de las distribuciones de probabilidad, para escoger el mejor valor que se aproxima a la distribución de probabilidad.

Tabla 6. Resumen de aproximaciones para lluvias de diseño

Distribucion	T=50 años	T=100 años	T=150 años	T=200 años
Normal	56.12	61.12	63.84	65.69
log normal 2	68.67	85.12	95.68	103.62
log normal 3	67.72	83.8	94.11	101.85
gamma 2	56.26	64.32	68.98	72.25
gamma 3	no ajusta	no ajusta	no ajusta	no ajusta
log person 3	no ajusta	no ajusta	no ajusta	no ajusta
gumbel	65.99	75.97	81.79	85.91
log gumbel	104.93	161.15	206.95	247.09

Fuente: Propia

Donde se utiliza la predicción de 56.26 mm para 50 años, el cual es el periodo de retorno de 50 años de diseño, para las verificaciones se utilizan 100, 150 y 200 años, siendo este el valor medio que se repite en cada una de las distribuciones, teniendo extremos para la log gumbel y para el valor normal, finalmente es necesario distribuir esta cantidad de precipitación en el tiempo, para poder realizar

el análisis hidrológico, dado que todo parte del nivel de lluvia que cae sobre la cuenca.

$$I = \frac{10^{1.5} T^{0.5}}{t^{0.50}}$$

I: Intensidad máxima (mm/h)  
 T: Período de retorno en años  
 t: Duración de la precipitación (min)

Para la distribución de la lluvia se utiliza las curvas de intensidad duración frecuencia, las cuales en base a la ecuación de IDA se tiene la siguiente tabulación:

**Tabla 7. Curvas IDF estación la Pampilla**

ESTACION LA PAMPILLA											
DURACIÓN		PERÍODO DE RETORNO (años)									
Hr	min	2	5	10	20	25	50	100	140	261	500
0.17	10.00	9.35	18.73	27.93	39.63	44.03	60.05	80.28	91.91	117.12	149.41
0.33	20.00	7.78	15.58	23.24	32.97	36.63	49.95	66.78	76.46	97.42	124.29
0.50	30.00	6.72	13.46	20.08	28.48	31.64	43.16	57.70	66.06	84.17	107.38
0.67	40.00	5.96	11.92	17.78	25.23	28.03	38.23	51.11	58.51	74.56	95.11
0.83	50.00	5.37	10.75	16.03	22.74	25.27	34.46	46.08	52.75	67.21	85.75
1.00	60.00	4.90	9.82	14.64	20.78	23.08	31.48	42.09	48.18	61.40	78.33
1.50	90.00	3.94	7.90	11.78	16.71	18.56	25.31	33.84	38.74	49.37	62.98
2.00	120.00	3.34	6.68	9.97	14.14	15.71	21.43	28.64	32.79	41.79	53.31
4.00	240.00	2.32	4.64	6.92	9.82	10.91	14.88	19.89	22.77	29.02	37.02
6.00	360.00	1.74	3.47	5.18	7.35	8.17	11.14	14.89	17.05	21.72	27.71
7.00	420.00	1.55	3.11	4.64	6.58	7.32	9.98	13.34	15.27	19.46	24.82
8.00	480.00	1.41	2.83	4.22	5.99	6.65	9.07	12.13	13.88	17.69	22.57
10.00	600.00	1.20	2.41	3.60	5.10	5.67	7.73	10.34	11.84	15.08	19.24
11.00	660.00	1.13	2.25	3.36	4.77	5.30	7.23	9.66	11.06	14.09	17.98
12.00	720.00	1.06	2.12	3.16	4.48	4.98	6.79	9.08	10.39	13.24	16.89
24.00	1440.00	0.64	1.29	1.93	2.73	3.04	4.14	5.53	6.34	8.07	10.30

Fuente: Propia

Las curvas intensidad duración frecuencia, representan el nivel de precipitación y su distribución en el tiempo, mediante probabilidad de ocurrencia para un determinado periodo de tiempo en el futuro, para ello se utiliza una ecuación de origen estadístico, adaptado al problema de lluvias, para con ello obtener la precipitación.

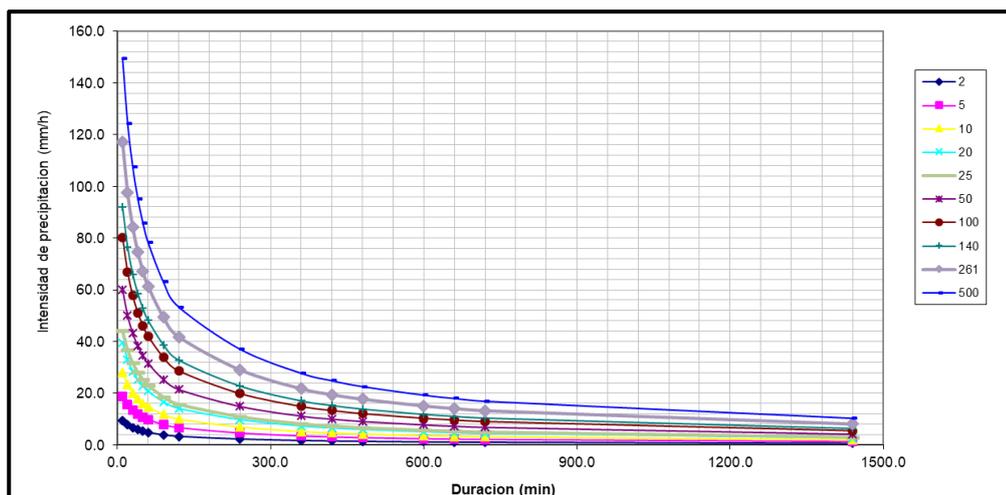


Figura 42. Curvas intensidad duración frecuencia.  
Fuente: Propia

Con estas curvas de intensidad duración frecuencia se puede utilizar el método de los bloques alternos, para poder encontrar la distribución en el tiempo.

Tabla 8. Método de bloques alternos

METODO DEL BLOQUE ALTERNO						
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	BLOQUES	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm	mm
60	31.48	31.48	31.48	0-60	1.20	0.63
120	21.43	42.85	11.37	60-120	1.28	0.67
180	16.71	50.12	7.27	120-180	1.37	0.72
240	14.88	59.51	9.39	180-240	1.48	0.78
300	12.69	63.43	3.92	240-300	1.62	0.85
360	11.14	66.83	3.40	300-360	1.79	0.93
420	9.98	69.84	3.01	360-420	2.00	1.05
480	9.07	72.56	2.72	420-480	2.30	1.20
540	8.34	75.04	2.49	480-540	2.72	1.42
600	7.73	77.34	2.30	540-600	3.40	1.77
660	7.23	79.48	2.14	600-660	9.39	4.91
720	6.79	81.48	2.00	660-720	11.37	5.94
780	6.41	83.37	1.89	720-780	31.48	16.46
840	6.08	85.15	1.79	780-840	7.27	3.80
900	5.79	86.85	1.70	840-900	3.92	2.05
960	5.53	88.47	1.62	900-960	3.01	1.57
1020	5.29	90.01	1.55	960-1020	2.49	1.30
1080	5.08	91.50	1.48	1020-1080	2.14	1.12
1140	4.89	92.92	1.43	1080-1140	1.89	0.99
1200	4.71	94.30	1.37	1140-1200	1.70	0.89
1260	4.55	95.62	1.33	1200-1260	1.55	0.81
1320	4.40	96.90	1.28	1260-1320	1.43	0.75
1380	4.27	98.14	1.24	1320-1380	1.33	0.69
1440	4.14	99.34	1.20	1380-1440	1.24	0.65

Fuente: Propia.

La grafica de la precipitación encontrada puede graficarse de la siguiente manera:

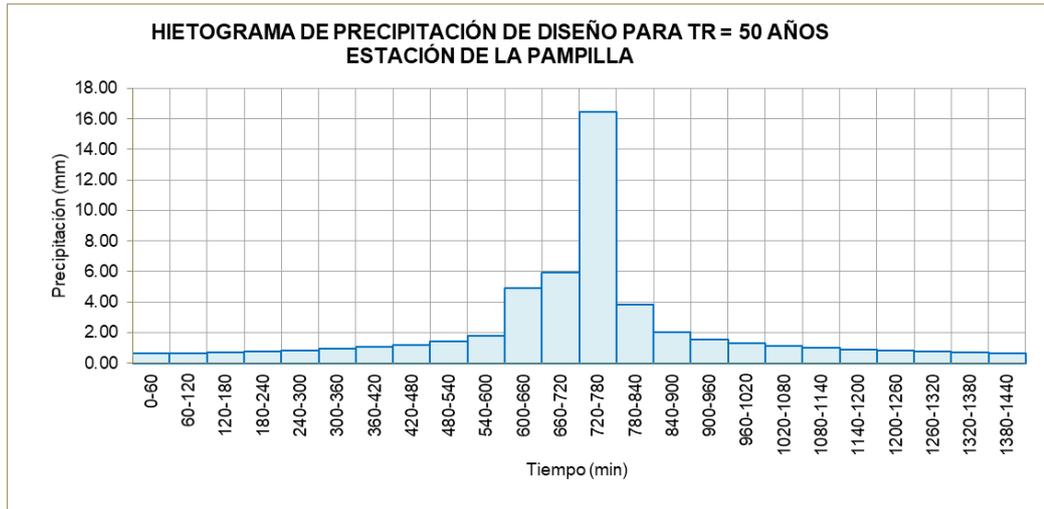


Figura 43. Precipitación de diseño para TR 50 años

Fuente: Propia.

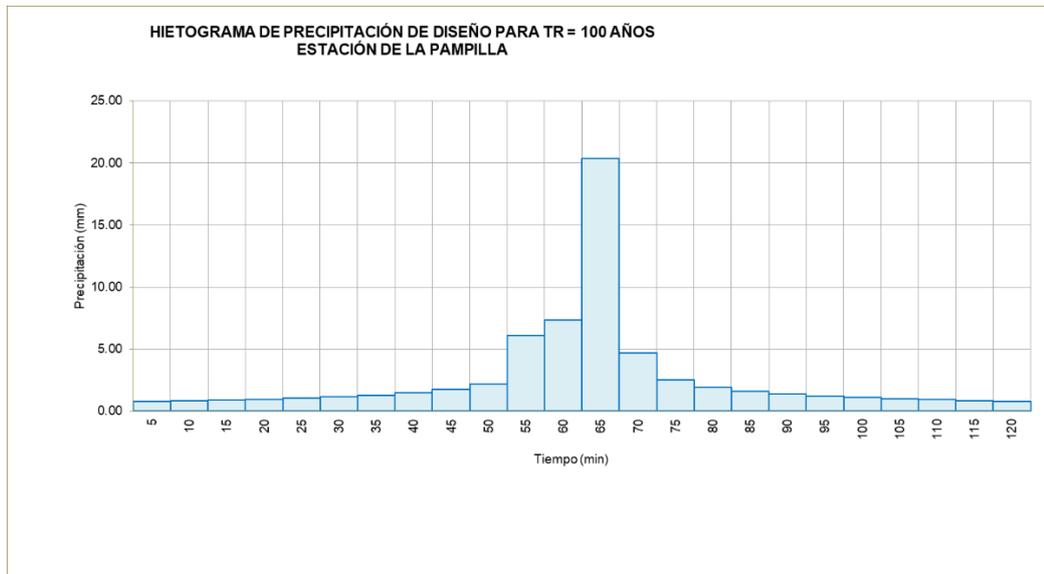


Figura 44. Precipitación de diseño para TR 100 años

Fuente: Propia

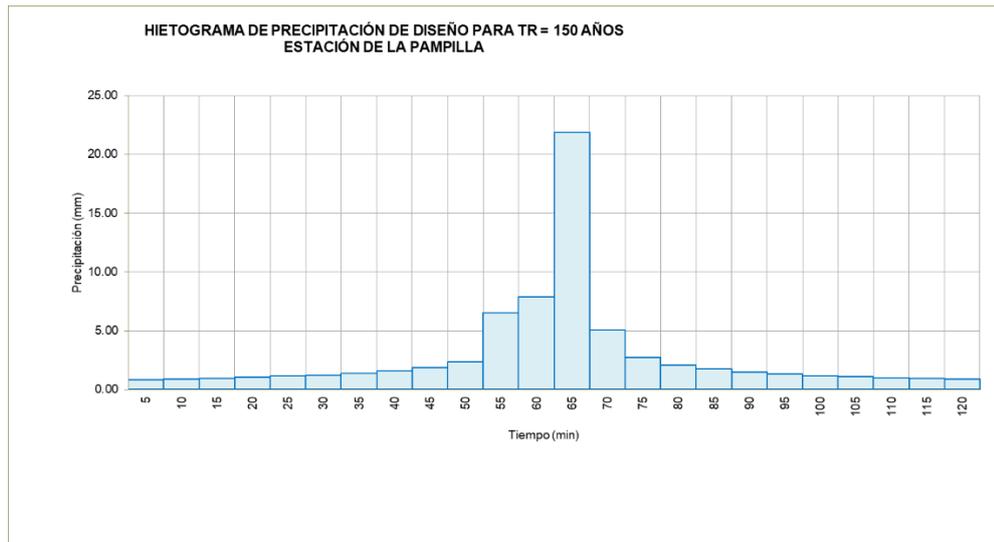


Figura 45. Precipitación de diseño para TR 150 años.  
Fuente: Propia



Figura 46. Precipitación de diseño para TR 200 años.  
Fuente: Propia.

Esta precipitación como valores temporales son los que se utilizaron para poder realizar el modelado hidrológico y posterior análisis de inundaciones.

### Cálculo del Hidrograma para la inundación

Con la lluvia de diseño definida, es necesario realizar un modelado hidrológico para poder determinar la cantidad de agua que se vierte en la cuenca, ello se modela a partir del modelo exportado a HecHMS, donde se tienen una distribución y discretización de las cuencas en base al tamaño relativo de cada sub cuenca, para lo cual es necesario verificar y colocar cada uno de los parámetros para las sub



**Basin Name: Delimitac1**  
**Element Name: W660**

Description:	<input type="text"/>	
Downstream:	J102	
*Area (KM2)	0.11922	
Canopy Method:	--None--	
Surface Method:	--None--	
Loss Method:	SCS Curve Number	
Transform Method:	SCS Unit Hydrograph	
Baseflow Method:	--None--	

Figura 48. Área de drenaje de sub cuenca.

Fuente: Propia.

El área de drenaje de la cuenca es la que controla la cantidad de agua que se forma a la salida de la misma, dado que según esta área, el tiempo de concentración y el agua se mide en un porcentaje de contribución sobre el área, para ello se está usando el método del SCS, el cual define la cobertura de la superficie de una cuenca como un número entero, el cual hace referencia a la cantidad de agua que absorbe la superficie, versus la cantidad que drena, es por ello que se debe de verificar la superficie de todas las cuencas de estudio, encontrando que el 25% son cuencas con viviendas, por lo tanto la cantidad de agua que infiltran es menor, aumentando la cantidad de escorrentía, por otro lado estas cuencas no son 100% asfaltadas, sino que tienen partes con terreno natural expuesto, lo cual permite que las estructuras puedan funcionar de manera correcta.

Para asignar los números de curva tenemos el siguiente cuadro del SCS, el cual nos da algunos ejemplos de números de curva.

Usos de suelo - CORINE	Usos de suelo - Tablas CSC	Landuse
Autopistas, autopistas y asociados	Carreteras pavimentadas	35
Bosques de coníferas	Bosques, condición hidrológica* pobre	29
Cítricos en regadío	Cultivos en hilera, en línea recta, condición hidrológica buena	5
Cultivos agrícolas en secano con zonas de vegetación natural	Combinación de cultivos y herbazal, condición hidrológica pobre	101
Cultivos anuales permanentes en regadío	Cultivos densos leguminosos en línea recta, condición hidrológica buena	17
Cultivos anuales permanentes en	Cultivos en hilera, condición hidrológica pobre	6
Cultivos herbáceos en regadío	Cultivos densos leguminosos en línea recta, condición hidrológica buena	17
Frutales en secano	Cultivos en hilera, en línea recta, condición hidrológica pobre	4
Grandes formaciones de matorral medianamente denso	Matorrales, condición hidrológica regular	102
Grandes superficies de equipamientos y servicios	Zonas comerciales	36
Matorral boscoso de coníferas	Bosques, condición hidrológica buena	31
Matorrales subarbustivos muy poco densos	Matorrales, condición hidrológica pobre	103
Otras instalaciones deportivas y recreativas	Zonas de césped y parques, condición hidrológica buena	38
Otros frutales en regadío	Cultivos en hilera, en línea recta, condición hidrológica buena	5
Pastizales naturales mediterráneos	Pastos, condición hidrológica regular	26
Tejido urbano continuo	Zonas urbanas muy impermeables	41
Tejido urbano discontinuo	Zonas urbanas muy impermeables	41
Tierras de labor en secano	Cultivos en hilera, condición hidrológica pobre	6
Xeroestepa subdesértica	Barbecho - Suelo desnudo	1
Zonas industriales	Zonas industriales	37
Zonas portuarias	Zonas industriales	37
Zonas verdes urbanas	Zonas urbanas poco impermeables	46

Figura 49. Números de curva del proyecto.

Fuente: Propia

Donde se usarán los números de curva de 46 para zonas verdes urbanas y suelo desnudo con un valor de 1, estos se colocan en cada una de las sub cuencas del proyecto, con el fin de modelar la infiltración como en la siguiente figura.

**Basin Name: Delimitac1**

**Element Name: W660**

Initial Abstraction (MM)

\*Curve Number:

\*Impervious (%)

Figura 50. Parámetros de superficie.

Fuente: Propia

Algunos otros parámetros consisten en la infiltración inicial, la cual en este caso se marca como 0, dado que el suelo se asume que ya no puede absorber nada de agua por parte de la lluvia que cae sobre el, para el nivel de impervious, se asume

el 0% dado que este se usa para poder modificar la cantidad de absorción, la cual ya está en 0 de manera inicial, otros parámetros radican en el número de Manning n.

**Basin Name: Delimitac1**  
**Element Name: R30**

Time Step Method: Automatic Fixed Interval

\*Length (M) 353.03

\*Slope (M/M) 0.0396563

\*Manning's n:

Invert (M)

Shape: Trapezoid

\*Bottom Width (M)

\*Side Slope (xH:1V)

Figura 51. Numero de Manning.

Fuente: Propia

El número de Manning se determina por una inspección del cauce, el cual en su mayoría es de suelo suelto, solamente con poca vegetación, como guía podemos usar los siguientes números de Manning.

Superficie	Condiciones			
	Perfectas	Buenas	Regulares	Malas
<b>Canales y Zanjas</b>				
Canales revestidos con concreto	0.012	0.014*	0.016*	0.018
En tierra, alineados y uniformes	0.017	0.020	0.0225	0.025*
En roca, lisos y uniformes	0.025	0.030	0.033*	0.035
En roca, con salientes y sinuosos	0.035	0.040	0.045	
Sinuosos y de escurrimiento lento	0.0225	0.025*	0.0275	0.030
Dragados en tierra	0.025	0.0275*	0.030	0.033
Con lecho pedregoso y bordos de tierra, enhierbados	0.025	0.030	0.035*	0.040
Plantilla de tierra, taludes ásperos	0.028	0.030	0.033	0.035
<b>Corrientes naturales</b>				
1. Limpios, bordos rectos, llanos, sin hendiduras ni charcos profundos	0.025	0.0275	0.030	0.033
2. Igual a 1, pero con algo de hierbas y piedra	0.030	0.033	0.035	0.040
3. Sinuoso, algunos charcos y escollos limpios	0.033	0.035	0.040	0.045
4. Igual a 3, de poco tirante con pendiente y sección menos eficientes	0.040	0.045	0.050	0.055
5. Igual a 3, algo de hierba y piedras	0.035	0.040	0.045	0.050
6. Igual a 4, secciones pedregosas	0.045	0.050	0.055	0.060
7. Rios perezosos, cauce enhierbado o con charcos profundos	0.050	0.060	0.070	0.080
8. Cauces muy enhierbados	0.075	0.100	0.125	0.150

\* Valores corrientemente usados en la práctica.

Figura 52. Números de Manning del SCS

Fuente: Propia

Donde se toma el valor de numero de Manning de 0.033, el cual representa a una quebrada natural, con hierva y piedras, con pocas hendiduras ni charcos profundos,

este valor prima en todas las quebradas del modelo, por ello se aplica para todos los causes.

<b>Basin Name: Delimitac1</b>	
<b>Element Name: R30</b>	
Time Step Method:	Automatic Fixed Interval
*Length (M)	353.03
*Slope (M/M)	0.0396563
*Manning's n:	0.03
Invert (M)	1
Shape:	Rectangle
*Width (M)	1

Figura 53. Sección transversal de río

Fuente: Propia

Donde se tiene las secciones transversales de la quebrada importada por el programa, lo mismo para la pendiente de la quebrada, los cuales son propiedades geométricas del proyecto.

Para la precipitación se debe de colocar un valor máximo acumulado en cada una de las sub cuencas, lo cual se introduce en el modelo como el hietograma realizado en la sección anterior, obteniendo los siguientes resultados:

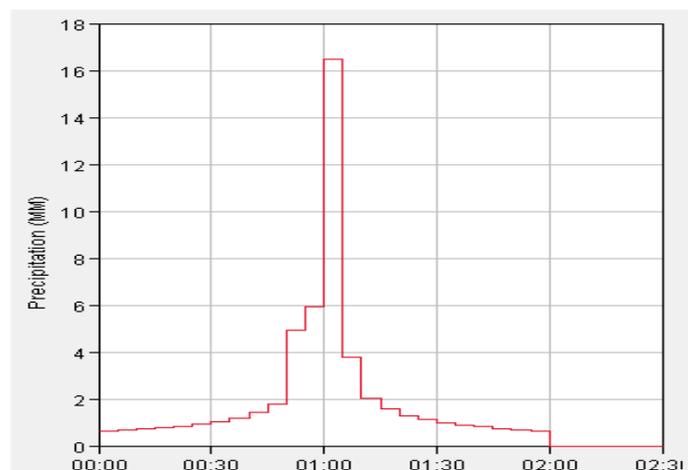


Figura 54. Hietograma.

Fuente: Propia

El hietograma muestra cómo se tiene un pico máximo a 1 hora de haber iniciado la precipitación, lo cual se introduce en el modelo, para poder obtener el resultado del modelamiento y la llanura de inundación.

Con ello se realiza la simulación de la cuenca, obteniendo un diagrama de precipitación efectiva para cada una de las cuencas, además de calcular el hidrograma de salida para la cuenca en estudio.

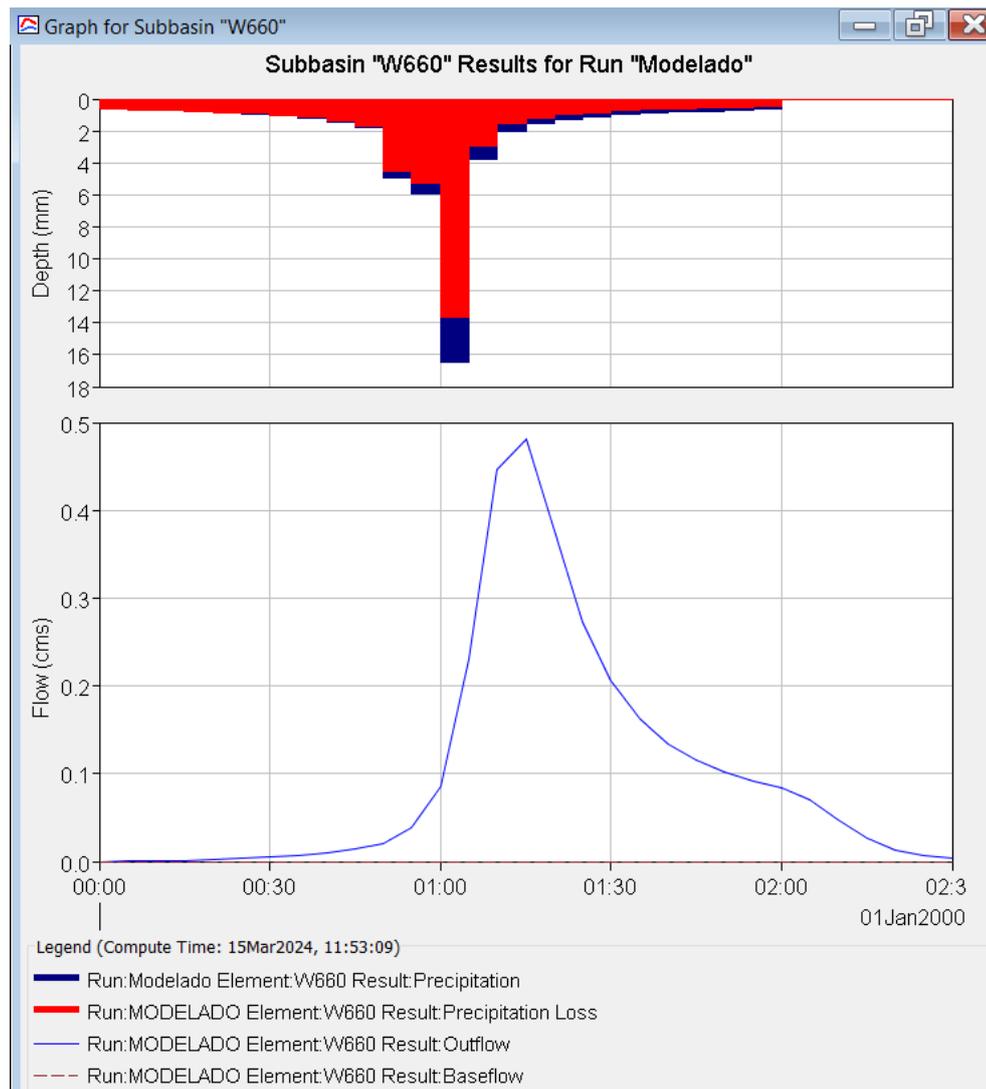
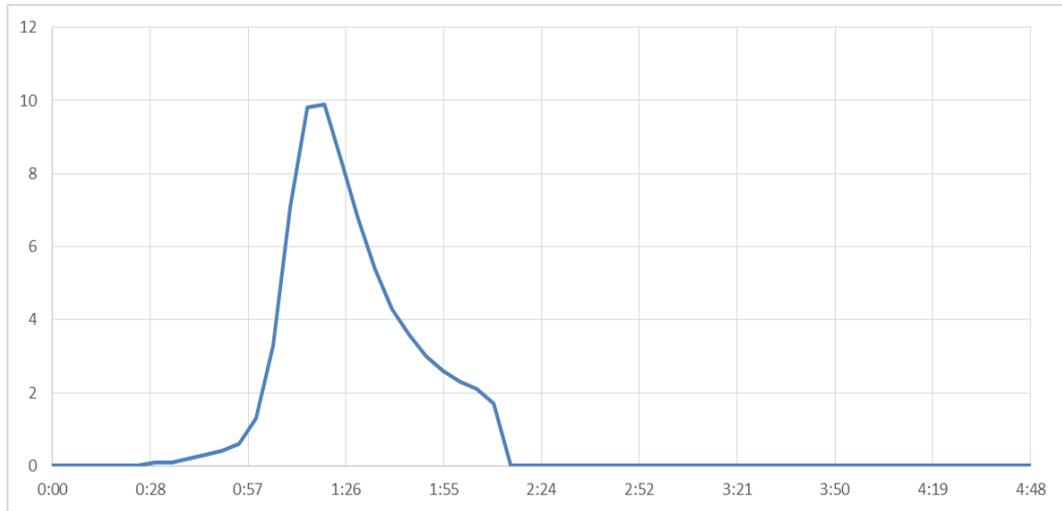


Figura 55. Precipitación efectiva.

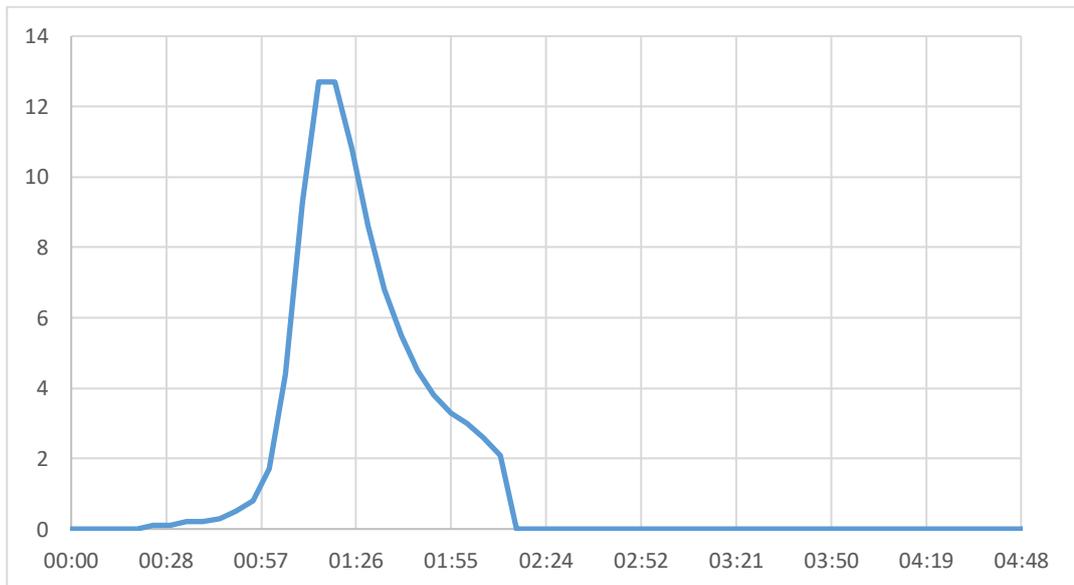
Fuente: Propia

En la figura se puede ver que la precipitación tiene parte de precipitación efectiva e infiltración, con el resto de la precipitación se forma la escorrentía directa, lo cual inunda la sub cuenca formando las corrientes de agua que luego se juntan en el ramal principal del proyecto, dejando la inundación completa.

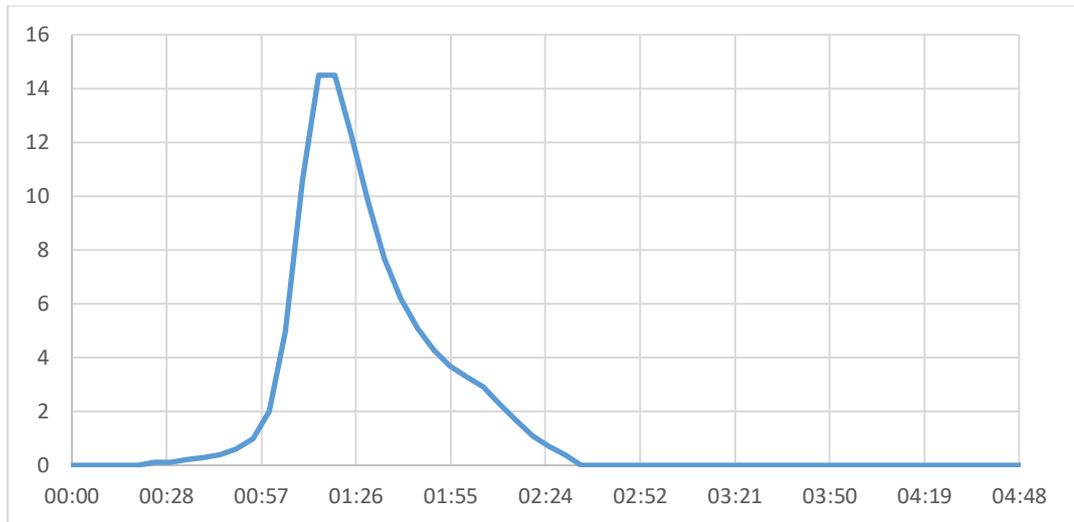
Otro resultado que nos sirve para poder realizar la simulación hidráulica en las secciones siguientes es el hidrograma y su distribución en el tiempo, la cual se puede graficar de la siguiente manera:



*Figura 56.* Hidrograma 50 años de periodo de retorno.  
Fuente: Propia

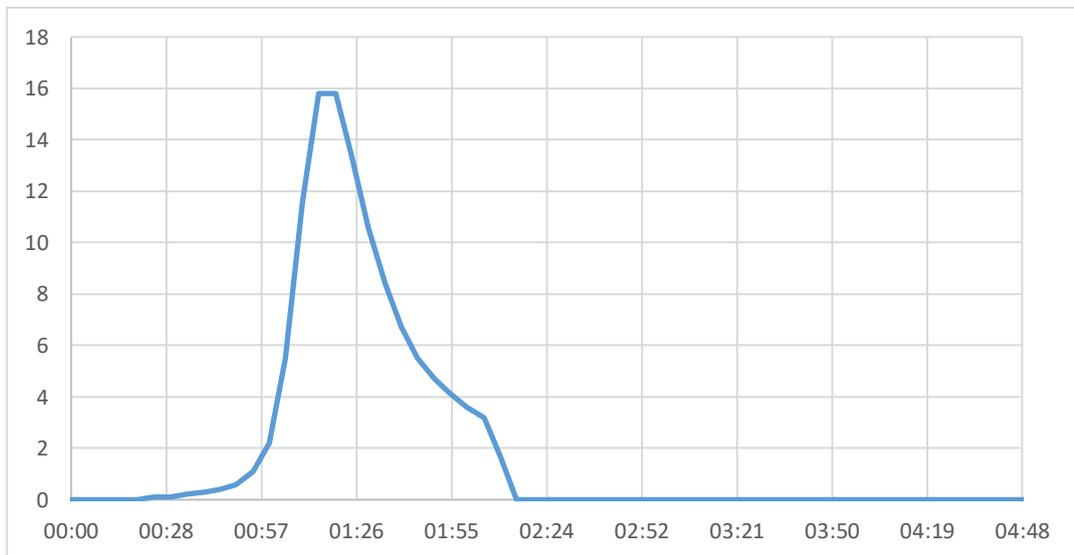


*Figura 57.* Hidrograma 100 años de periodo de retorno.  
Fuente: Propia



*Figura 58.* Hidrograma 150 años de periodo de retorno.

Fuente: Propia



*Figura 59.* Hidrograma 200 años de periodo de retorno.

Fuente: Propia

El hidrograma representa la gráfica del caudal en el tiempo, lo cual también se pasa en la superficie de la inundación, obteniendo la llanura de inundación, la que nos sirve para el modelado de la cuenca, luego se tiene el cuadro de resultados de inundación, el cual se puede usar como dato de partida.

Este cuadro tienen 3 columnas, la primera es el tiempo, en la cual se muestra todo el transcurso de la lluvia medido en minutos, para la columna 2 se tiene el intervalo de tiempo, el cual muestra cuánto tiempo pasa entre ambas mediciones anteriores, lo cual es útil para poder visualizar el intervalo de tiempo que se está trabajando,

hay cuencas que tienen tiempo de reacción de horas, sin embargo cuencas como esta, que no son cuencas muy grandes, tienen tiempos de reacción menores , por ello un caso de 5 min de intervalo es suficiente para poder realizar el análisis.

Date	Time	Outf... (M3...
01Jan2000	00:00	0.0
01Jan2000	00:05	0.0
01Jan2000	00:10	0.0
01Jan2000	00:15	0.0
01Jan2000	00:20	0.0
01Jan2000	00:25	0.0
01Jan2000	00:30	0.1
01Jan2000	00:35	0.1
01Jan2000	00:40	0.2
01Jan2000	00:45	0.2
01Jan2000	00:50	0.3
01Jan2000	00:55	0.5
01Jan2000	01:00	1.1
01Jan2000	01:05	2.8
01Jan2000	01:10	6.1
01Jan2000	01:15	8.4
01Jan2000	01:20	8.5
01Jan2000	01:25	7.3
01Jan2000	01:30	5.9
01Jan2000	01:35	4.7
01Jan2000	01:40	3.8
01Jan2000	01:45	3.1
01Jan2000	01:50	2.6
01Jan2000	01:55	2.3
01Jan2000	02:00	2.0
01Jan2000	02:05	1.8
01Jan2000	02:10	1.4
01Jan2000	02:15	1.0
01Jan2000	02:20	0.7
01Jan2000	02:25	0.4
01Jan2000	02:30	0.3

Figura 60. Tabla de inundación.

Fuente: Propia

Ya con el hidrograma de salida definido, es posible iniciar el modelado hidráulico del proyecto.

## **Cálculo de la llanura de inundación**

Para modelar hidráulicamente el proyecto fue necesario considerar los siguientes aspectos.

Calcular la llanura de inundación de una quebrada implica considerar varios factores importantes para determinar el área que puede verse afectada durante un evento de inundación. Algunos aspectos clave a tener en cuenta:

**Topografía y Geografía:** Comprender la topografía del área circundante es fundamental. La llanura de inundación se extenderá desde la quebrada hacia áreas más bajas. La pendiente del terreno y la presencia de barreras naturales como colinas, montañas o depresiones influirán en la extensión y el alcance de la inundación.

**Precipitación:** La cantidad y la intensidad de las lluvias en la cuenca de la quebrada son factores críticos. Cuanto mayor sea la precipitación y más intensa sea, mayor será el riesgo de inundación.

**Características de la Quebrada:** La morfología de la quebrada, su capacidad para transportar agua y su historial de inundaciones son aspectos importantes a considerar. Las quebradas con lechos estrechos y empinados tendrán un potencial de inundación diferente a las quebradas más anchas y poco profundas.

**Vegetación y Uso del Suelo:** La vegetación y el uso del suelo en la cuenca de la quebrada pueden afectar la infiltración del agua y la escorrentía superficial. Las áreas urbanizadas con pavimento y concreto tenderán a generar más escorrentía que las áreas cubiertas de vegetación natural.

**Caudal y Régimen de la Quebrada:** Es importante conocer el comportamiento hidrológico de la quebrada, incluyendo el caudal máximo que puede transportar y cómo varía este caudal con el tiempo.

**Eventos Pasados:** El historial de inundaciones anteriores en la zona proporciona información valiosa sobre la frecuencia y la magnitud de los eventos de inundación, lo que puede ayudar a predecir futuras inundaciones y calcular la llanura de inundación de manera más precisa.

Infraestructura y Población: También se debe considerar la presencia de infraestructura humana (carreteras, edificaciones, etc.) y la densidad de población en el área de la quebrada, ya que esto afectará el riesgo de daños materiales y pérdida de vidas durante una inundación.

Al integrar todos estos factores y utilizar modelos hidrológicos y herramientas de análisis geoespacial, es posible estimar la llanura de inundación de una quebrada con cierto grado de precisión. Es importante recordar que estos cálculos son una estimación y que pueden variar según las condiciones específicas del terreno y los eventos climáticos.

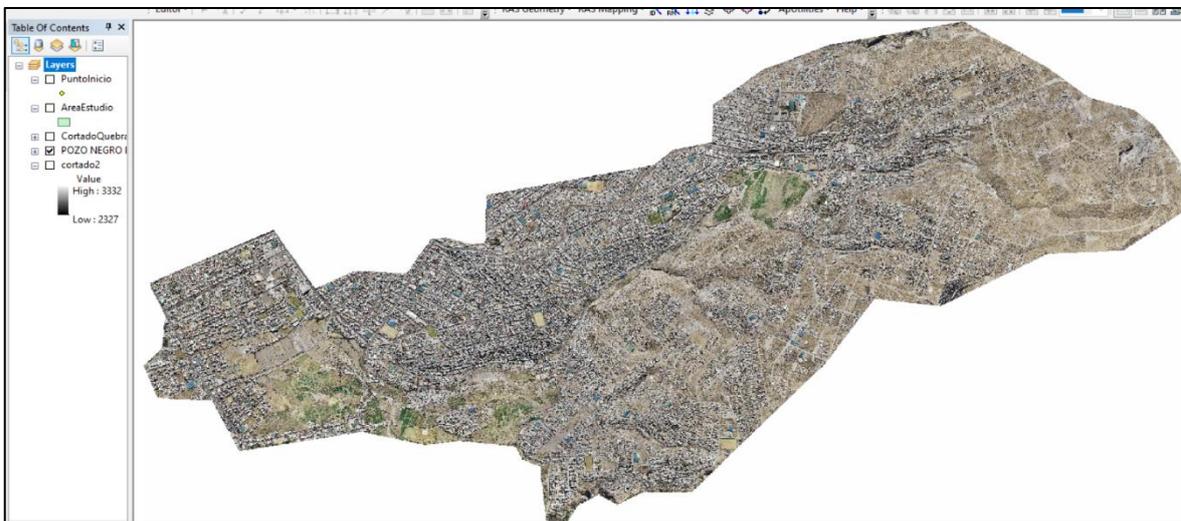


Figura 61. Modelo de elevación digital 3D.  
Fuente: Propia



Figura 62. Modelo en 3D.  
Fuente: Propia

El modelo en 3D puede ayudar a aproximar de mejor manera la resolución del problema, dado que se ha realizado un levantamiento con dron, la precisión del análisis es aún mayor, sin embargo es necesario verificar los resultados de igual manera.



*Figura 63.* Segmento de análisis.

Fuente: Propia

Para poder realizar el modelado hidráulico es necesario recortar solo una parte del modelo DEM, con esta poder hacer el modelo enmallado de diferencias finitas que usa el programa, si se usa toda la superficie se toma más memoria de la necesaria en el análisis, dado que ciertas partes no se usaran.

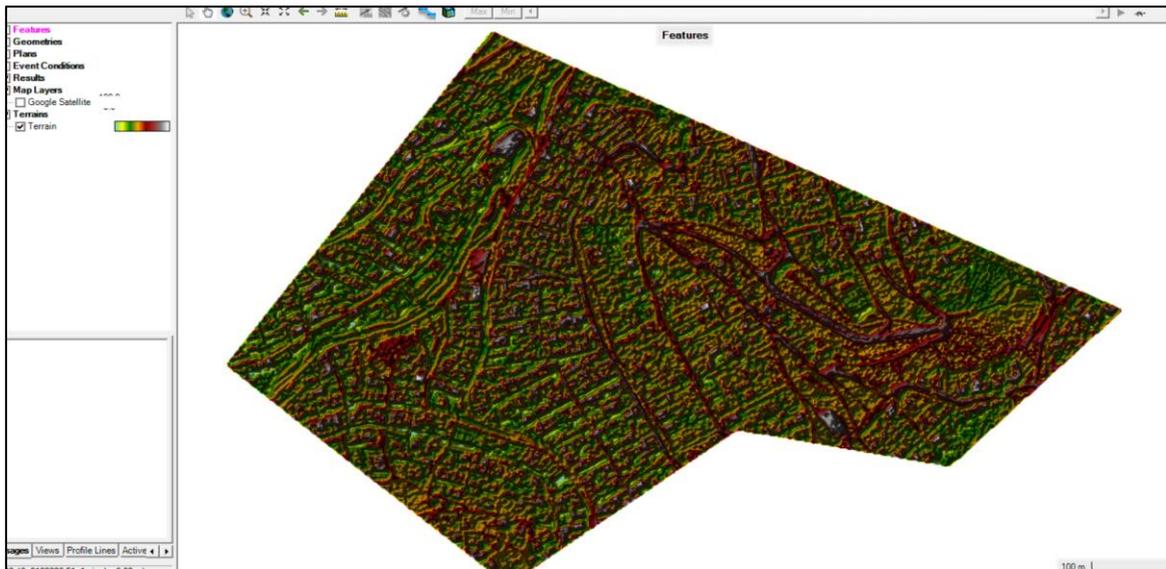


Figura 64. Enmallado de superficie

Fuente: Propia

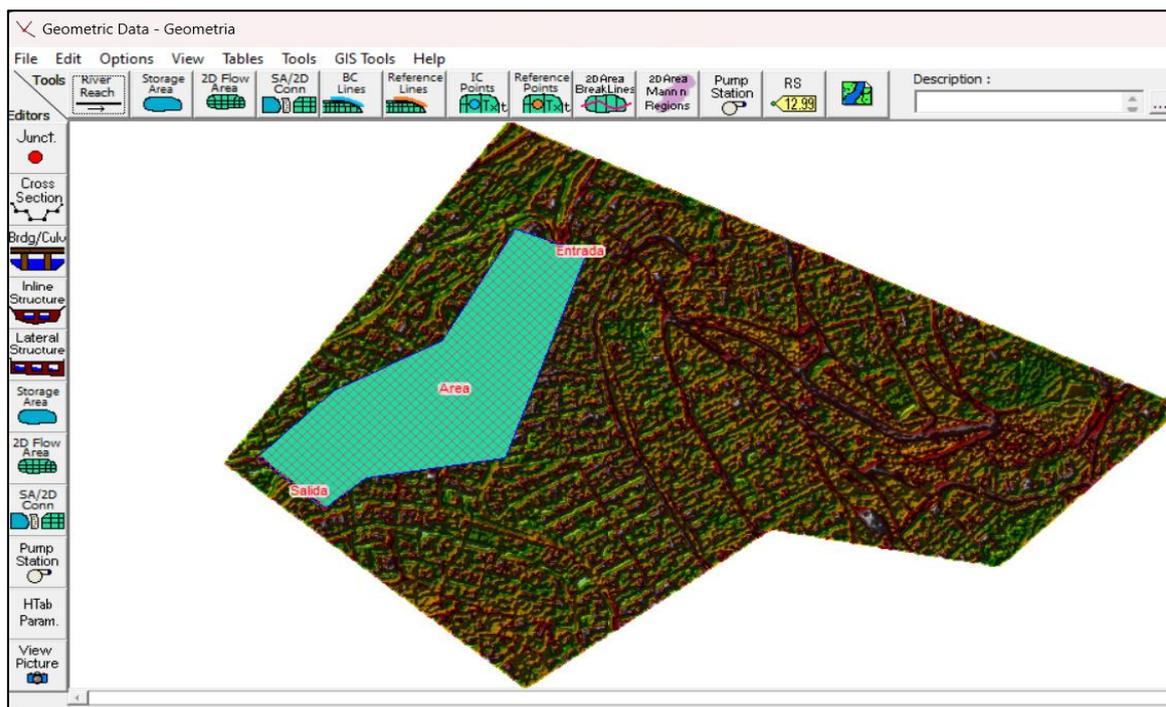


Figura 65. Marcado de zona.

Fuente: Propia

En la figura se puede ver como se discretiza una parte del área, dado que se espera que la llanura de inundación no sobre pase el límite de estos espacios, dentro de estas áreas se realiza el análisis.

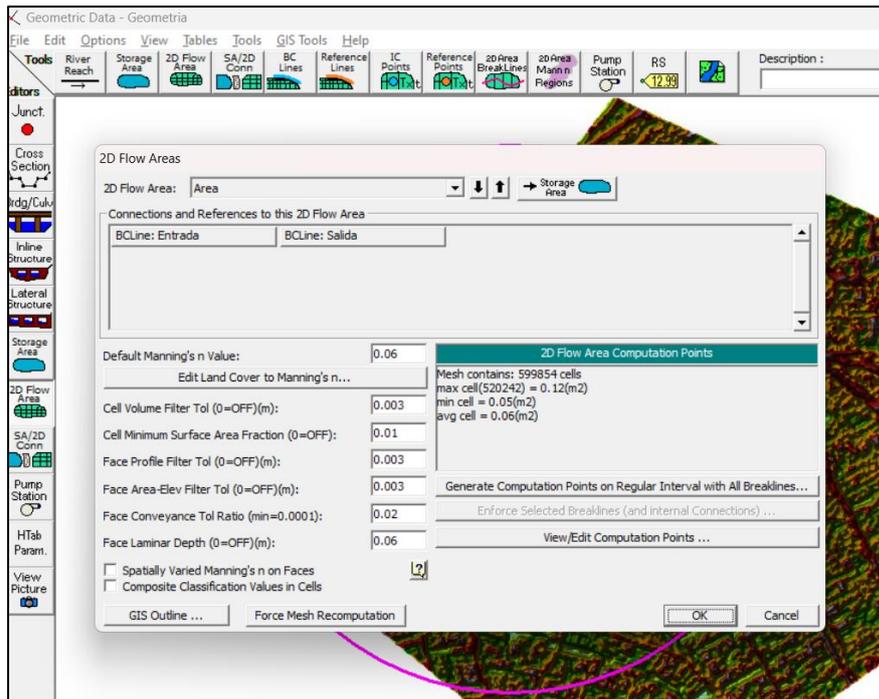


Figura 66. Discretización de espacios.

Fuente: Propia

En la figura se puede ver las opciones que nos da el proyecto para poder discretizar la sección de análisis, considerando espacios máximos y mínimos, así como el número de celdas de análisis, considerando que cada una de esas celdas es una zona de resolución del sistema de ecuaciones de diferencias finitas.

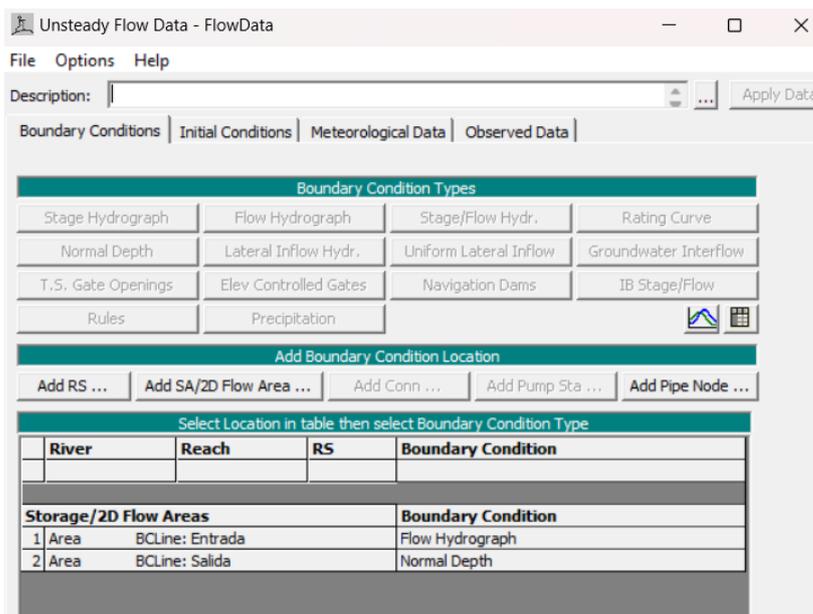


Figura 67. Condiciones de contornos.

Fuente: Propia

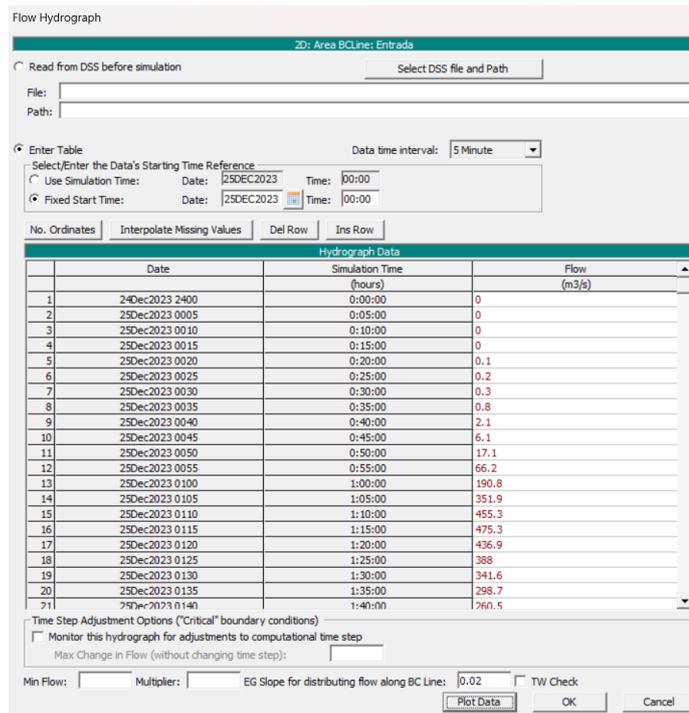


Figura 68. Hidrograma de entrada y condiciones.

Fuente: Propia

Luego de haber ingresado las condiciones de contorno, se puede utilizar estas para regular el flujo de entrada y salida, considerando el hidrograma antes mencionado y calculado en base al periodo de retorno de análisis, luego es necesario considerar una pendiente de inicio para el calcula de los efectos de remanso, para ello se propone la pendiente de 0.02, con lo cual se utiliza el hidrograma calculado.

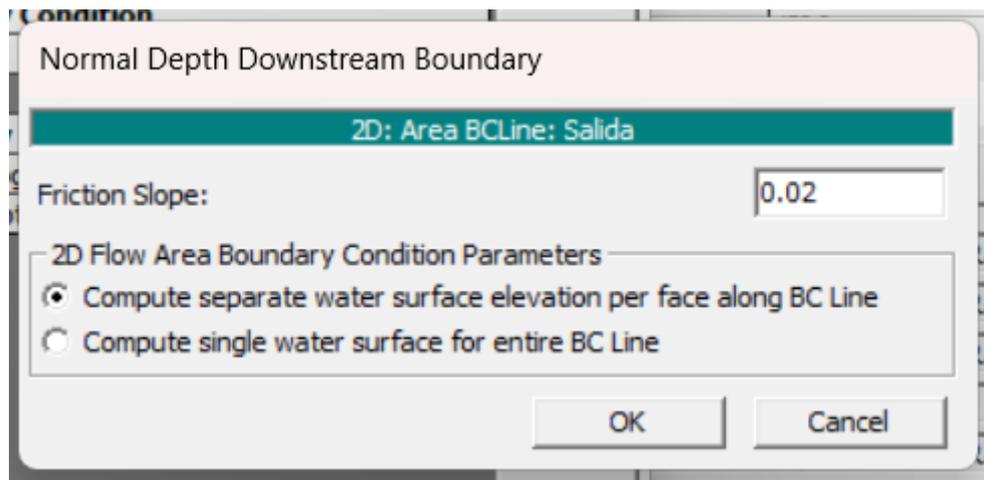


Figura 69. Pendiente de condición de contorno.

Fuente: Propia



Figura 70. Hidrograma de entrada.

Fuente: Propia.

El hidrograma tiene una forma de pulso, debido a que no ingresa mayor cantidad de caudal sobre las demás partes del tiempo, siendo el ingreso 0, dado que se busca enfatizar el tiempo máximo de llanura de inundación, además que los efectos llegan a la zona aguas abajo, luego de un tiempo considerable.

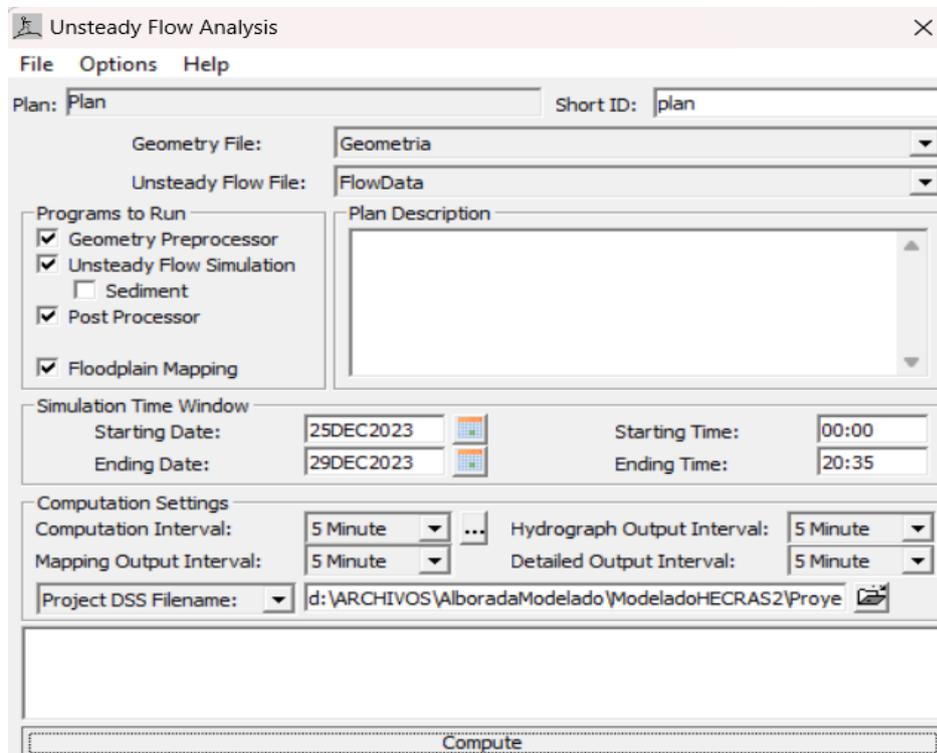


Figura 71. Análisis de flujos no estacionarios

Fuente: Propia

En la configuración del análisis se tienen que evaluar cuantas horas se realizará el análisis, debido a que la lluvia ocurre en toda la cuenca, pero demora varias horas en llegar al punto máximo de inundación, también se debe de considerar los intervalos de análisis, intervalos de mapeo, intervalos de hidrogramas, en este caso se consideran análisis de 5 min cada uno, para lo cual se encuentra la llanura de inundación distinta para cada uno de los niveles de periodo de retorno, que son 50, 100, 150 y 200 años.



Figura 72. Borde de llanura de inundación T=50 años  
Fuente: Propia



Figura 73. Borde de llanura de inundación T=100 años.  
Fuente: Propia.



*Figura 74.* Borde de llanura de inundación T=150 años.  
Fuente: Propia



*Figura 75.* Borde de llanura de inundación T=200 años.  
Fuente: Propia

Luego se puede visualizar las llanuras de inundación, así como los bordes máximos que llegan, donde se pueden resaltar las áreas de inundación.



*Figura 76. Borde de protección*

Fuente: Propia.

Los bordes de inundación están marcados de color rojo, los que a su vez nos da la idea de cuanta altura deben tener los muros, así como los niveles de velocidad que deben de alcanzar los mismos, en la gráfica se puede ver una concentración de agua en el puente, para luego desbordar la misma aguas abajo, mostrando como la zona de inundación está dada por el sector del lado derecho, donde también hay viviendas a la altura del cauce del río.



*Figura 77. Mapa de velocidades T=50 años.*

Fuente: Propia

Con ello ya se puede hacer la propuesta de solución, considerando que la altura a la que ha llegado el fluido es de 2.5 m en el máximo de los casos, con ello se dimensionar el muro de contención.

Para proponer el borde de protección es necesario considerar una pantalla de 2.5 m para el soporte, luego un borde de 0.5m para el chapoteo o efectos de remanso extra por seguridad al momento de chapoteo del agua, contando con una altura de 3m en total, luego para el cimiento y la zapata corrida se tiene una altura de 50cm, los cuales van embebidos en el piso de la quebrada.



Figura 78. Mapa de velocidades T=100 años.  
Fuente: Propia



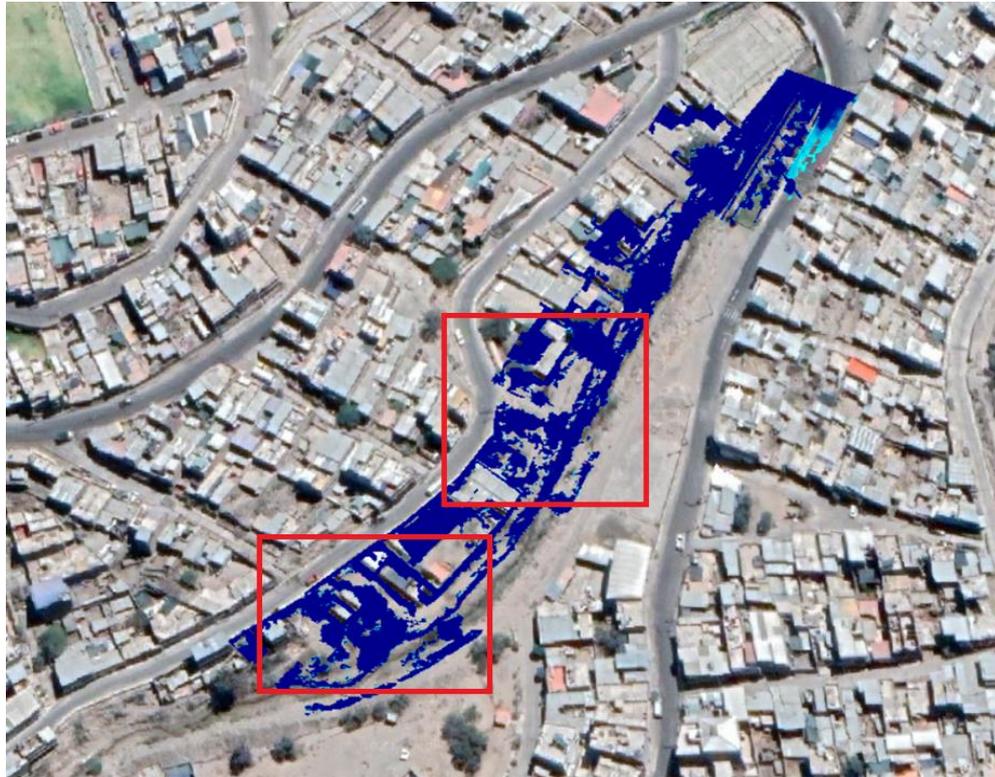
Figura 79. Mapa de velocidades T=150 años.  
Fuente: Propia



Figura 80. Mapa de velocidades T=200 años.  
Fuente: Propia

### **Peligro a inundaciones.**

Primeramente para evaluar el nivel de Riesgo que tiene diversas zonas del proyecto se debe de utilizar algún criterio de clasificación, en este proyecto se utilizó el método del FEMA (Federal Emergency Management Agency), se tienen 2 zonas de riesgo, los cuales vamos a evaluar y clasificar, estos son:



*Figura 81. Zonas de Vulnerabilidad.*  
Fuente: Propia

En la primera zona se tiene una altura de 2.2 m, con una velocidad de 2.3 m/s, para la zona 2 se tiene una altura de 2.5m y una velocidad de 3.2 m/s, para poder clasificar cada una de estas zonas se utilizó el método del FEMA (Federal Emergency Management Agency), el cual muestra los siguientes resultados.

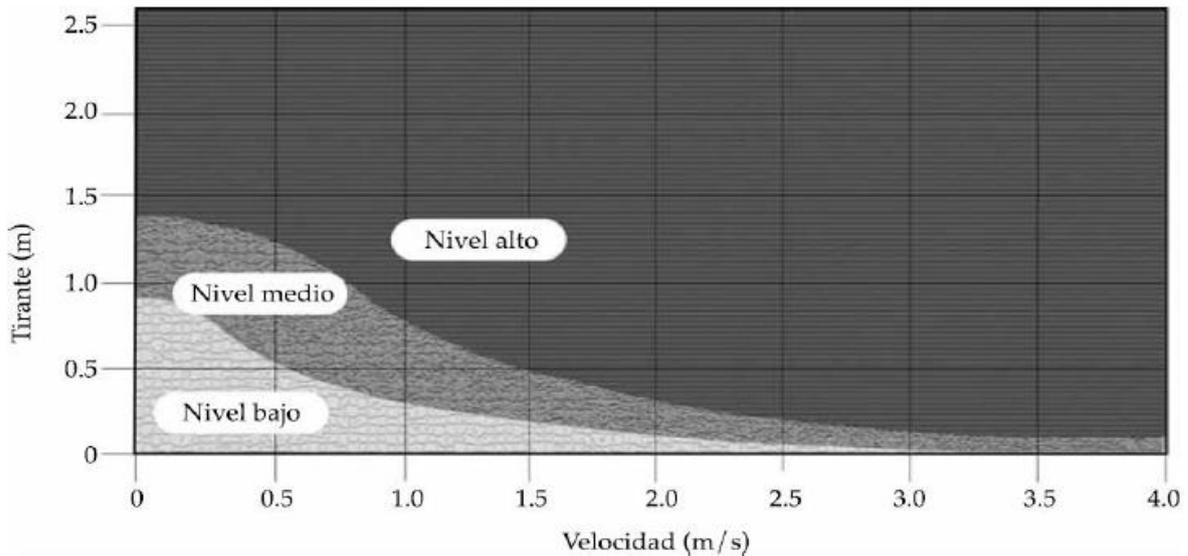


Figura 82. Niveles de peligro analizando el tirante del agua y velocidad.

Fuente: Alcocer y Bourguett, 2016.

En cada uno de los 4 periodos de retorno se puede ver un peligro alto, lo cual alerta a la población y las autoridades a realizar métodos de evacuación o mitigación de riesgo por inundación.

### Métodos para el análisis de datos

Los resultados fueron evaluados en base a la altura máxima que se ha conseguido, la cual es producto del cálculo de la lluvia de diseño, la simulación de su asignación en toda el área de estudio, para finalmente la localización de los problemas puntuales del proyecto, finalmente es necesario verificar que estos niveles de profundidad no afecta a las estructuras, porque se busca que los problemas de inundación ya no ocurran.

Para la estimación del peligro se utilizó la interpolación de la velocidad por la altura de inundación recomendada por FEMA Según estas correlaciones, se definen tres categorías de riesgo: la primera es la "zona de bajo riesgo", la segunda es la "amenaza moderada" y la tercera es el "alto nivel de amenaza". En la zona de alto nivel de amenaza, existe un riesgo significativo para la vida de las personas y los edificios pueden sufrir daños estructurales. En la zona de alerta, la cual es de nivel medio, se observan daños a la integridad de personas y edificaciones. Finalmente, en una zona de bajo riesgo, no se anticipan impactos importantes en la población, pero las edificaciones pueden experimentar daños menores.

El análisis de la investigación se llevó a cabo a través de Estadística descriptiva, los cuales incluyen: el análisis hidrológico, hidráulico, criterios de desempeño, identificación de hallazgos, determinación de niveles de peligro y la sugerencia de posibles soluciones.

### **Aspectos Éticos**

En este proyecto se siguió estrictamente la normativa de citación y referencia del estilo ISO. Se han respetado las ideas tanto propias como de otros autores, y se han citado y referenciado adecuadamente en el orden en que se utilizaron. Además, se han citado adecuadamente los textos tomados de otros libros, respetando las ideas originales de los autores.

Para garantizar el respeto a los autores, cada idea ha sido debidamente referenciada, incluyendo los nombres y años de publicación de los autores. Cada una de las ideas presentadas en el proyecto se ha revisado y comentado, manteniendo la integridad de cómo fueron presentadas originalmente.

Estos problemas serán evaluados mediante técnicas de análisis hidrográfico de vanguardia, con el fin de identificar posibles problemas y proponer soluciones efectivas.

Finalmente, se respetaron rigurosamente los formatos y las normativas peruanas durante la redacción del borrador como en la elaboración de la tesis, lo cual es esencial para llevar a cabo un trabajo académico adecuado y justo.

### III. RESULTADOS

Demostrar que el sistema de Información geográfica permite analizar la llanura de inundación en la cuenca "Pozo Negro" Alborada, Arequipa

Se muestra como una imagen satelital puede definir las líneas de drenaje mediante procesamiento

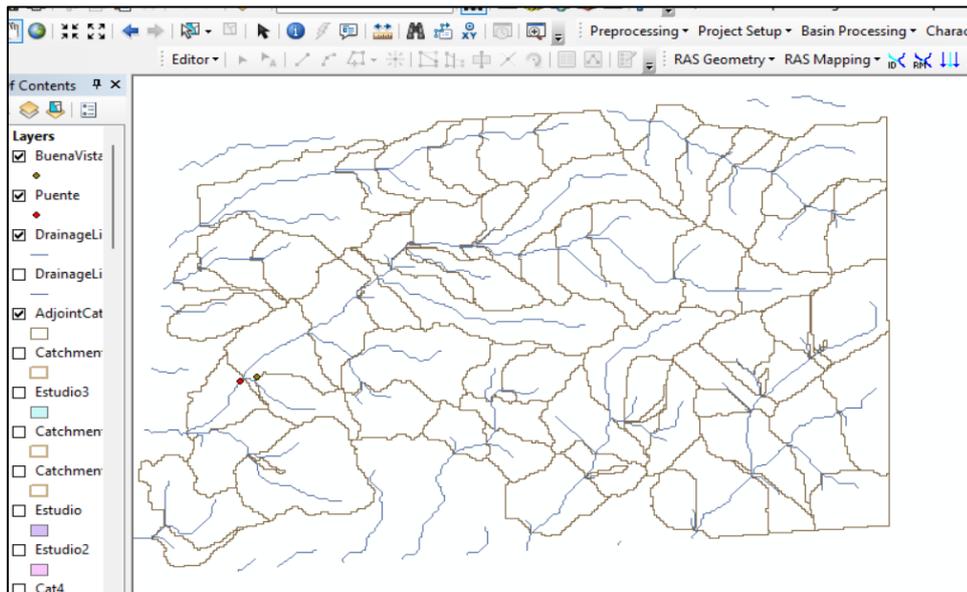


Figura 83. Líneas de drenaje.  
Fuente: Propia

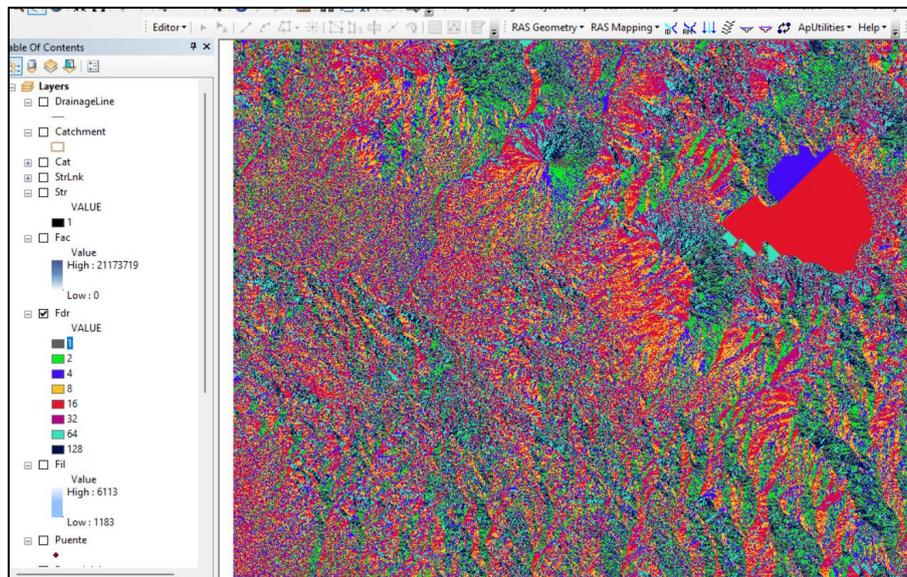


Figura 84. Flujo de dirección.  
Fuente: Propia

El Flujo de direcciones nos indica en qué dirección fluye el agua cuando cae precipitación sobre la misma, siendo un parámetro de la imagen satelital obtenida.

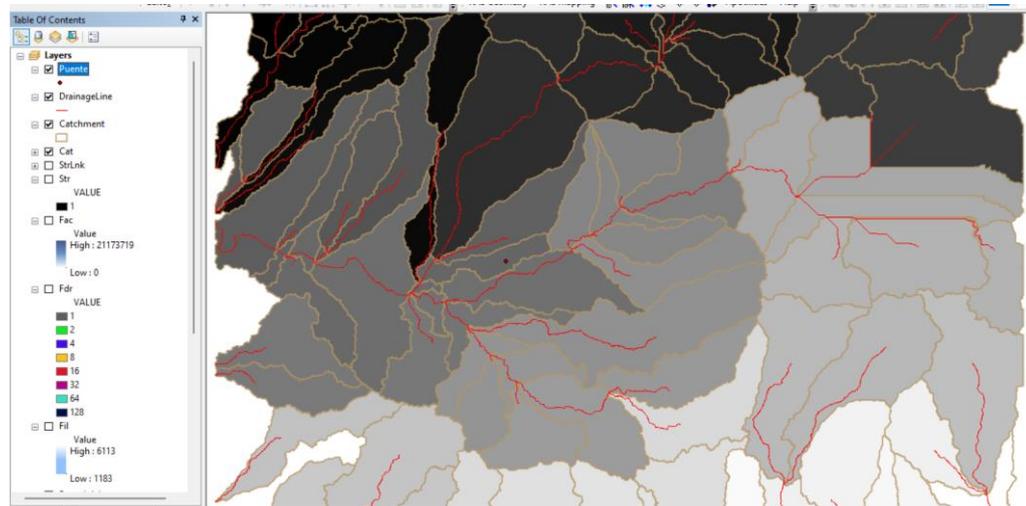


Figura 85. Cuencas y sub cuencas.  
Fuente: Propia.

Las subcuencas están formadas por cada uno de los ramales obtenidos del procesamiento de la imagen satelital, para escoger solo las sub cuencas del proyecto en estudio.

### Describir los parámetros del modelamiento de la llanura de inundación en la cuenca "Pozo Negro" Alborada

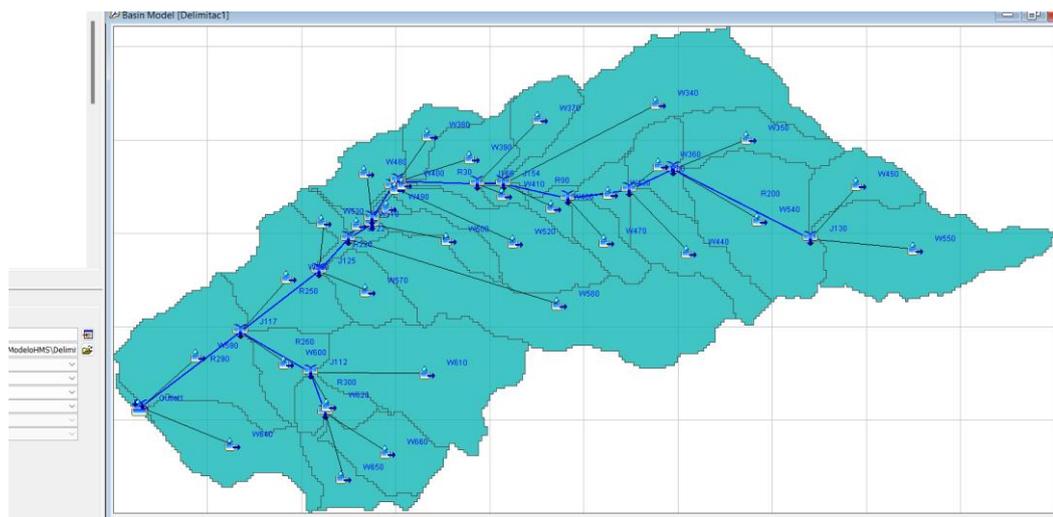


Figura 86. Modelado de la cuenca.  
Fuente: Propia

El modelo de la llanura de inundación está completamente regido por el hidrograma de salida de la cuenca, para ello se ha usado el modelo anterior.

HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO PARA TR = 50 AÑOS  
ESTACIÓN DE LA PAMPILLA

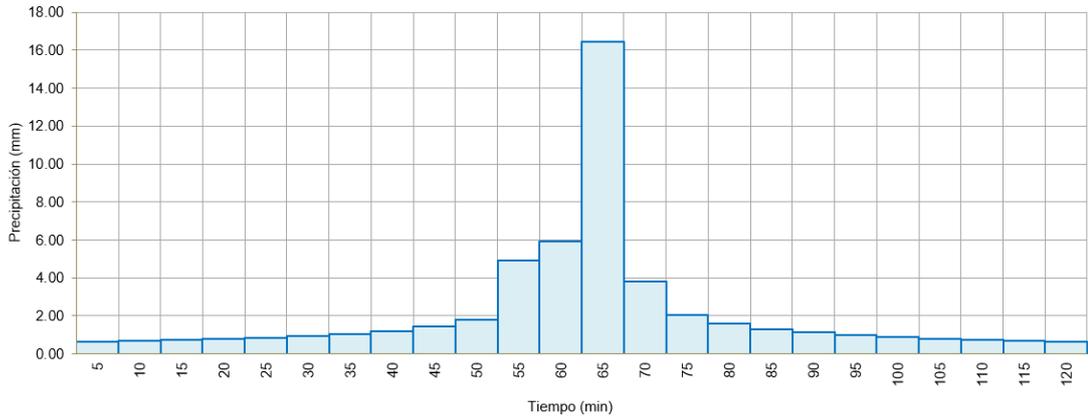


Figura 87. Hietograma de diseño  
Fuente: Propia

El hietograma de diseño representa la cantidad de agua que cae sobre la cuenca en estudio y se transforma en el hidrograma de salida.

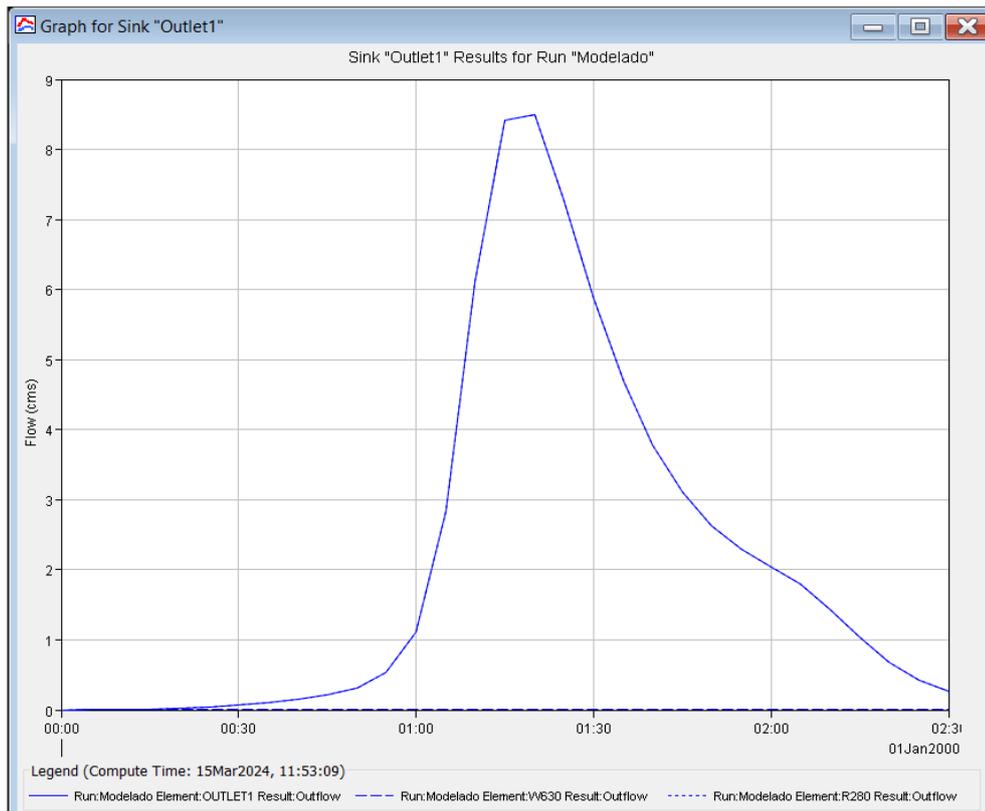


Figura 88. Hidrograma de diseño.  
Fuente: Propia

**Determinar el peligro por inundación para la cuenca “Pozo Negro” Alborada en base al nivel y velocidad del agua.**

El peligro por inundación está determinado por la velocidad y la altura de agua, según el método del FEMA, es necesario calcular y clasificar ambas cantidades.

**Tabla 9.** Nivel de peligro a inundaciones

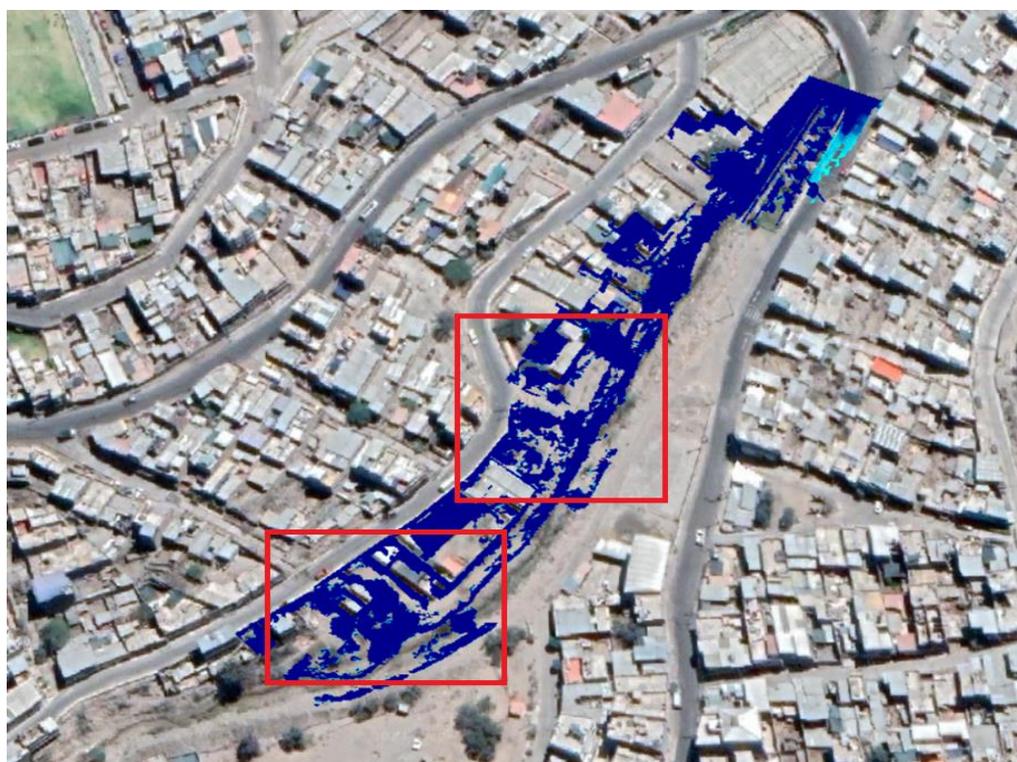
FEMA	T=50 años	T=100 años	T=150 años	T=200 años
Altura	2.93	3.075	3.265	3.475
Velocidad	3.25	3.6	3.95	4.2
Riesgo	Alto	Alto	Alto	Alto

Fuente: Propia

Donde para los 4 periodos de retorno se tienen un riesgo alto de inundación.

**Identificar las zonas consideradas de riesgo en la cuenca "Pozo Negro" Alborada, Arequipa**

Según la llanura de inundación se puede identificar varias zonas que tienen un riesgo de inundación, donde el agua se acumula, además de tener viviendas al borde de la ribera del río.



*Figura 89.* Zonas de peligro en base a la altura y velocidad.

Fuente: Propia

En base al análisis anterior se puede delimitar el número de viviendas, así como todo el recorrido de la inundación, para encontrar como afecta esto a la población, obteniendo los siguientes mapas de inundaciones.

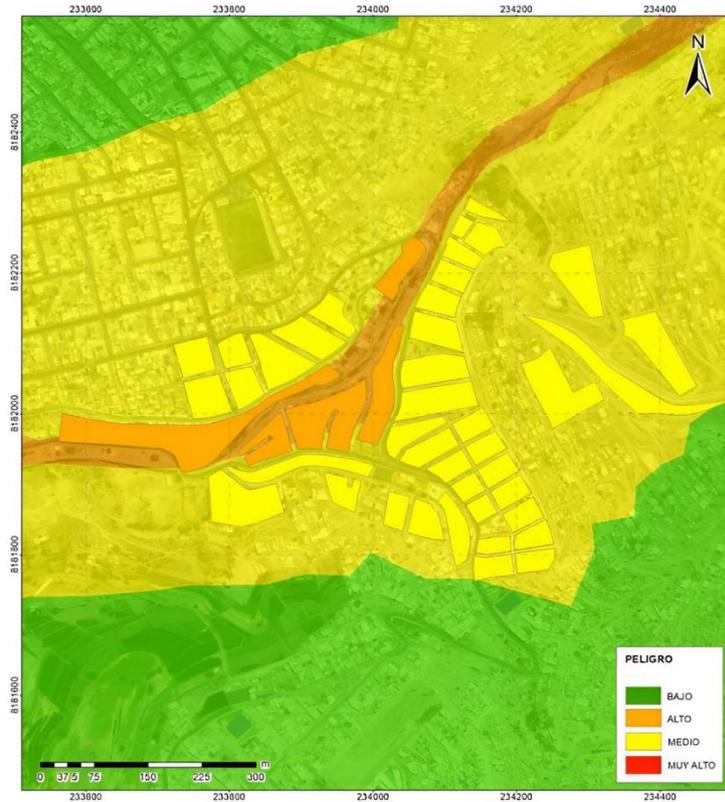


Figura 90. Peligro por inundaciones T=50 años.

Fuente: Propia

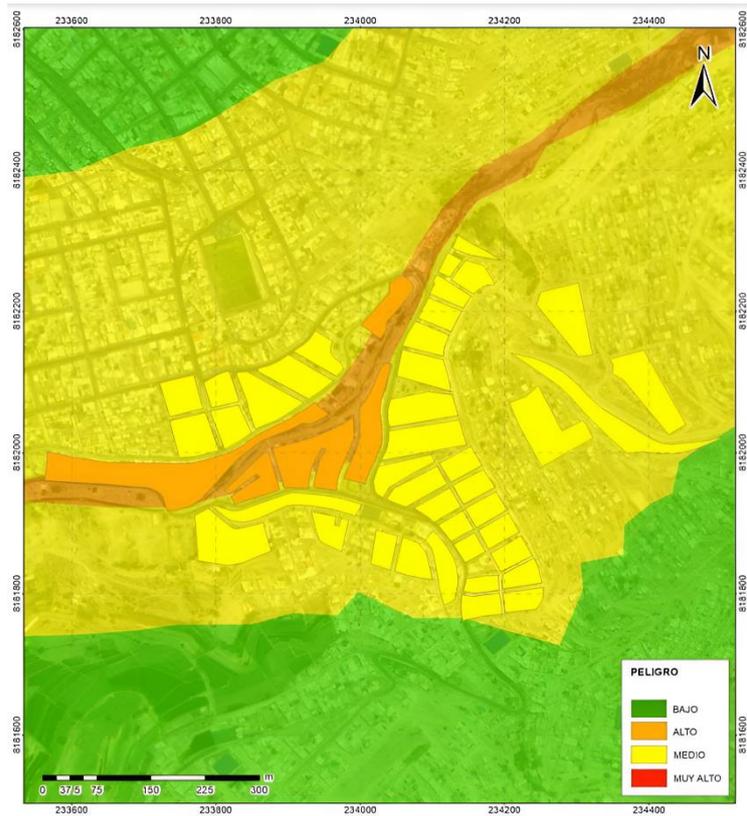


Figura 91. Peligro por inundaciones T=100 años.

Fuente: Propia

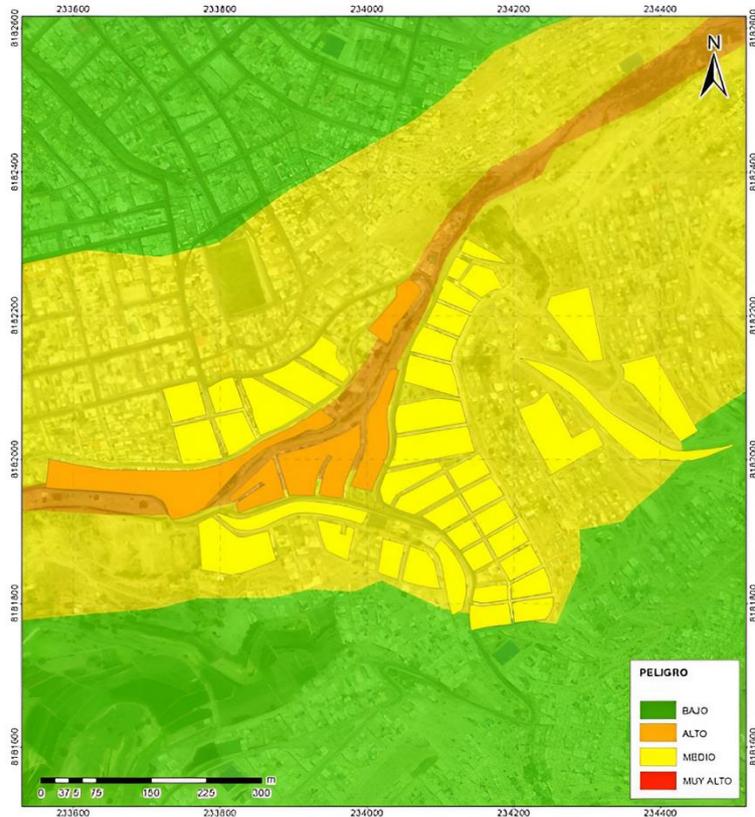


Figura 92. Peligro por inundaciones T=150 años.

Fuente: Propia

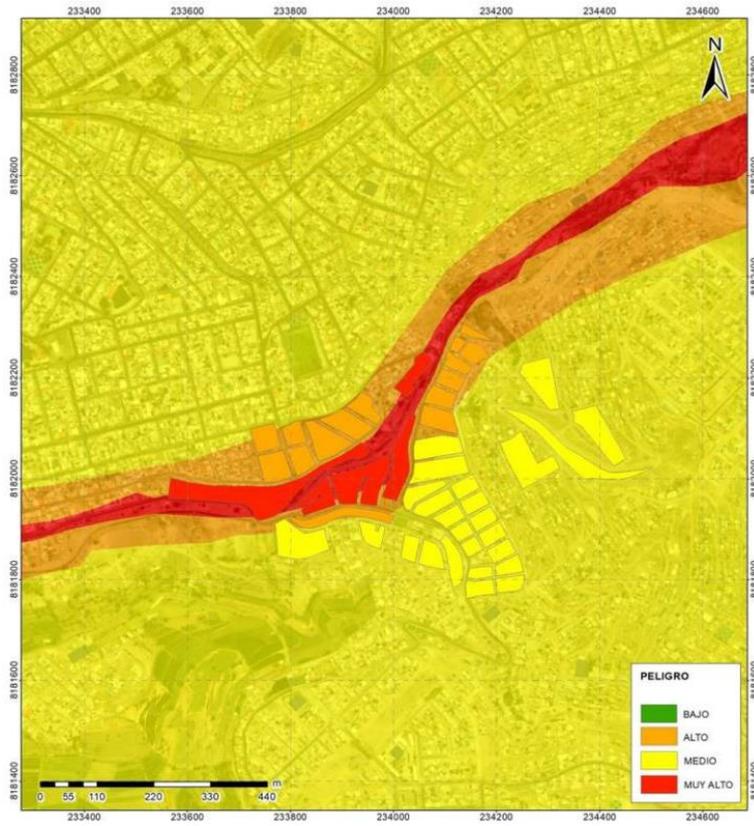


Figura 93. Peligro por inundaciones T= 200 años.

Fuente: Propia

#### **IV. DISCUSION**

En la investigación realizada por Hussein,Khan,Ncibi,Hamdi y Hamed (2022), donde se ha utilizado por programas WMS y hecHMS se propone calcular el hidrograma de salida para periodos de retorno de 50 y 100 años solamente, esto porque esta investigación tiene un fin de diseño, por ello no es necesario calcular el hidrograma a periodos de retorno de 50, 100, 150 y 200 años, luego para los años calcularlos se encontraron volúmenes cúbicos de 29.680 y 2.229.200, los cuales equivalen a 10,4 a 66,4 metros cúbicos por segundo, valores que son bastante elevados y debido a que el flujo en estudio es parte de un rio, así como tener una sección bastante grande, por lo cual no hay centro poblados cercanos, en el proyecto actual solo se tiene volúmenes de 9 a 16 m<sup>3</sup>/s, con una sección transversal también bastante baja comparada con la sección de un rio principal, sin embargo la cantidad de población que existe cerca a la quebrada del proyecto actual es mayor, por lo que su importancia es aún más grande, dado que también se han encontrado problemas de vulnerabilidad de muy bajo (80,31%), medio (16,03%) y alto a muy alto (3,8%), siendo este proyecto con nivel de riesgo alto en todo caso.

La utilización de sistemas de información geográfica(SIG) fue primordial para analizar la llanura de inundación en la cuenca “ Pozo Negro, es así que múltiples estudios han demostrado la efectividad del SIG para procesar grandes datos espaciales de manera correcta como por ejemplo Subraelu et al. (2023) reafirman que los SIG permiten superponer y analizar múltiples capas de información espacial lo cual es esencial para el estudio de inundaciones, en nuestro estudio, los SIG han permitido la creación de modelos digitales de terreno y la simulación de inundaciones resaltando así que los sistemas de información geográfica son herramientas eficaces para modelar diferentes escenarios de inundaciones mediante datos topográficos, hidrológicos e hidráulicos de alta resolución, permitiendo así que en este estudio se generen mapas detallados de la llanura de inundación en la cuenca Pozo Negro, prediciendo caudales máximos para diferentes periodos y las posibles áreas inundables.

En la presente tesis se determinó el peligro por inundación en la cuenca Pozo Negro mediante la modelación hidrológica e hidráulica utilizando herramienta de sistemas de información geográfica, Según Kamza ,Kuznetsova y Levin (2023) mencionan que la modelación hidrológica es esencial para entender como el agua se traslada a través de una cuenca durante una lluvia extrema, en este estudio utilizamos los modelos HEC-RAS y HEC-HMS para simular eventos de inundaciones en base al nivel y la velocidad del agua, en esa misma línea se puede decir que el nivel como la velocidad del agua son indicadores de peligro de inundación, durante el análisis de este estudio encontramos que las áreas con pendientes pronunciadas experimentan mayores velocidades de flujo el mismo que incrementa el riesgo de erosión y daños de estructuras, siendo las áreas planas y bajas las que presentan una mayor de acumulación de agua indicando así un riesgo elevado de inundación. Según Devanand et al. (2021) para tener precisión de los datos que se utiliza es un factor muy importante para el modelamiento hidrológico, así mismo sugieren que la calidad y la resolución de los datos topográficos y meteorológicos determina la precisión de las simulaciones, en el presente estudio de tesis la utilización de datos de alta resolución nos permitió obtener resultados confiables y detallados lo cual es vital para una planificación de medidas de mitigación y gestión de riesgo de inundaciones

Subraelu et al. (2023) estudia las inundaciones repetidas a una cuenca que tiene unos 55 km<sup>2</sup> como área muy vulnerable 78 km<sup>2</sup> como área de alto riesgo, 9,3 km<sup>2</sup> como zona de riesgo moderado, 70 km<sup>2</sup> como zona de baja vulnerabilidad y 257 km<sup>2</sup> como zona de muy baja vulnerabilidad, siendo que en nuestro caso de estudio toda la cuenca está a un nivel riesgo alto, lo cual se logra debido a las pendientes del proyecto, las cuales son bastante elevadas, dejando que el agua fluya con velocidades altas, lo cual en el proyecto se ha evidenciado bastante con fotos, donde el agua entraba a las viviendas, incluso dejaba residuos sólidos como piedras, tierra , lo cual ha dejado con peligro a varias vivienda, lo cual no ha sucedido en el proyecto comparado, siendo este mas una llanura de inundación en un rio lejano a zona urbana.

Mohamed (2019) nos indica que la zonificación de riesgo basada en un sistema de información geográfica es fundamental para la planificación urbana y su implementación de medidas de mitigación, en este estudio según el análisis se a determinando que las zonas de mayor riesgo incluyen areas bajas cerca de los

cursos de agua principales y zonas urbanas con infraestructura de drenaje deficiente determinando que estas áreas requieren intervenciones urgente como la mejora de la infraestructura de drenaje, también menciona que han ocurrido problemas de inundaciones en zonas altas, lo cual es raro para la topografía convencional, debido a que las aguas de precipitación no se concentran en las zonas altas, pero si bajan a grandes velocidades lo cual puede generar inundaciones en zonas elevadas, dada la velocidad del flujo, para ello se ha modelado para periodos de retorno de 50, 100, 150 y 200 años, obteniendo porcentajes de inundación de 9.8%, 12.3%, 14.9% y 25.3%, en la presente investigación el 100% de la población cercana al cauce tiene problemas de inundaciones, también se calculó la cantidad de viviendas que tienen problemas de inundaciones siendo del 7,66% y el 43,36% de la población total , lo cual de manera similar al caso estudiado en el proyecto actual muestra que toda población cerca al cauce de la cuenca tiene problemas de inundaciones.

En la investigación dada por Jafarzadegan, Merwade y Moradkhani (2020) se utilizó un modelo hidrológico para poder encontrar la cantidad de agua que circula sobre la cuenca, el procedimiento que también se ha realizado para el modelado de la cuenca del proyecto, sin embargo en este vez se ha realizado un regionalización y buscado métricas de similitud para poder comparar los resultados del estudio con el modelado, porque en este caso se cuenta con registros de caudales en la estación cercana a la salida, es por ello que se puede comparar, pero en el caso no se cuenta con dichas estaciones, además de ser un río de flujo base 0, es por ello que no tiene estaciones ni registros de precipitaciones registrados, el grado de aproximación es de 86%, para lo cual se ha encontrado mapas de inundación, encontrado que las velocidades y las profundidades en diversas zonas del proyecto muestran un peligro de inundaciones futuras y mejoramientos o encauzamiento.

## V. CONCLUSIONES

- Demostrar que el sistema de Información geográfica permite analizar la llanura de inundación en la cuenca "Pozo Negro" Alborada, Arequipa.

Se ha mostrado como usando el sistema de información geográfica, se puede modelar y predecir la superficie de manera que sirve como una maqueta virtual de las alturas del terreno, con ello obtener toda la data espacial del proyecto, por otro lado el agua se acumula en ciertas ubicaciones del proyecto formando los ramales de quebradas y ríos, lo cual se ha podido identificar en el procedimiento, para modelar la cuenca, por otro lado se ha encontrado la lluvia de diseño para periodos de retorno de 50, 100, 150 y 200 años, los cuales han sido de 56.26 mm, 64.32 mm, 68.98 mm, 72.25 mm respectivamente, con la distribución de probabilidad de Gamma 3 parámetros, para luego calcular la distribución de la lluvia con el método de bloques alternos, también se determinó la predicción del caudal máximo para diferentes periodos de retorno de 50, 100, 150 y 200 años siendo ello 9.98 m<sup>3</sup>/s, 12.31 m<sup>3</sup>/s 14.25 m<sup>3</sup>/s , 15.98 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

- Describir los parámetros del modelamiento de la llanura de inundación en la cuenca "Pozo Negro" Alborada, Arequipa

Para poder modelar la lluvia del proyecto, se ha utilizado un modelo hidrológico concentrado en centroides, lo cual simula el comportamiento total de la cuenca, mediante la separación de la superficie en pequeños elementos que se acoplan para formar el modelo general, siendo estos las subcuencas del proyecto, se han calculado los tiempos de reacción de las subcuencas, las cuales han sido valores de 5 a 10 min, dependiendo de la forma de la cuenca y tamaño, para el caso, para los números de curva se han utilizado valores de 46 a 55 , según los usos en la superficie del terreno, las pendientes del terreno andaban con valores de 2 a 3.9%, lo cual habla de la inclinación que tiene las cuencas, así como su respuesta rápida a la inundaciones, estos parámetros juntos con la lluvia de diseño se utilizaron para modelar la cuenca.

- Determinar el peligro por inundación para la cuenca "Pozo Negro" Alborada Arequipa en base al nivel y velocidad del agua.

Las zonas de inundación han sido marcadas en el mapa de inundaciones, son las que pertenecen a la zona baja de alborada y de la cuenca, esta zona es conocida como la Finca, ahí se logra una altura de agua de 3.5m, lo cual para una velocidad de 3 m/s, es bastante y nos da indicios de problemas de inundación, por otro lado

para otros periodos de retorno como 100 años, 150 años y 200 años se tienen un nivel de riesgo también elevado, ello nos indica que se debe de hacer mitigación de la vulnerabilidad, proponiendo una altura de muro de 3.5m para poder soportar esta cantidad de agua, lo cual será propuesto definitivamente por la entidad correspondiente, dado que se tienen una cantidad de viviendas en el cauce del rio, ellos deben determinar la manera de recuperar el cauce.

- Identificar las zonas consideradas de riesgo en la cuenca "Pozo Negro" Alborada, Arequipa

Se identifico 2 zonas, los resultados obtenidos a través del SIG proporcionan información valiosa para la planificación urbana y el desarrollo sostenible en la cuenca "Pozo Negro", especialmente en relación con la ubicación de viviendas y otras infraestructuras, en la primera zona se tiene una altura de 2.2 m, con una velocidad de 2.3 m/s, para la zona 2 se tiene una altura de 2.5 m y una velocidad de 3.2 m/s.

Tambien se identificó que la primera infraestructura corresponde a una vivienda que tiene un borde amplio con cercos de ladrillo construida dentro del cauce , los cuales sobre pasan los bordes de la llanura de inundación, el segundo es una vivienda cuya esquina se encuentra en el centro del cauce , es por ello por lo que el agua impacta y socaba dichas zonas, para desviarse y entrar a las calles

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda alertar a la población de posibles problemas de inundaciones en toda la zona, así como generar un mecanismo de alerta para la población, la cual aunque se le advierte de los problemas de vivir en zonas de riesgo, aun así no desea una evacuación o cambio en las propiedades de los mismos, por lo que se debe alertar frente a desastres naturales.
- Se recomienda realizar verificaciones sobre los eventos extremos, modificando los registros a datos diarios o incluso con una precisión aun mayor, esto porque los eventos extremos y las estaciones de registro de precipitaciones tienen límites, estos han registrado durante años precipitaciones máximas diarias, lo cual tiene un grado de precipitación o limitación
- Se recomienda realizar un análisis distribuido sobre la cuenca en análisis, sin embargo para ello también es necesario tener precipitación distribuida, lo cual mejora la precisión, Pero requiere de una data más refinada y acorde al modelo realizado.

## REFERENCIAS

- ALCOCER-YAMANAKA, Víctor Hugo et al. Metodología para la generación de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas. *Tecnol. cienc. agua* [en línea]. 2016, 7(5), 33-55. [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 2007-2422. Disponible en: <https://goo.su/nKI5>
- AL-HUSSEIN, Asaad A. M. et al. Flood Analysis Using HEC-RAS and HEC-HMS: A Case Study of Khazir River (Middle East—Northern Iraq). *Water* [en línea]. 2022, 14(22), 3779 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 2073-4441. Disponible en: doi:10.3390/w14223779.
- ANDREW, Juan, AVANTIKA, Gori y SEBASTIAN, Antonia. Comparing floodplain evolution in channelized and unchannelized urban watersheds in Houston, Texas. *Journal of Flood Risk Management* [en línea]. 2020, 13(2) [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 1753-318X. Disponible en: doi:10.1111/jfr3.12604
- ARRIOLA, Guillermo Gustavo et al. Evaluación del Riesgo de Inundación Empleando un Sistema de Información Geográfica y Modelamiento Hidráulico Aplicados Al Río La Leche Lambayeque. *Revista Científica Epistémica* [en línea]. 2022, 6(1), 60-73 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 2708-9010. Disponible en: doi:10.26495/re.v6i1.2132
- BORZI, Guido Esteban et al. Propuesta metodológica para el estudio de inundaciones en áreas de llanura con escasez de información. *DYNA* [en línea]. 2020, 87(215), 221–228 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 2346-2183. Disponible en: doi:10.15446/DYNA.v87n215.85140.
- BUCOGEN, Grethel García Bu, PICCOLO, María Cintia y BOHN, Vanesa Yael, Estimación de la Susceptibilidad a Inundaciones en la Cuenca Inferior de Río Negro, Argentina. *Finisterra*. [en línea]. 2021,56(118), 51-70. [consultado el 11 de diciembre de 2023]. Disponible en: DOI 10.18055/FINIS21647
- CECONI, Denise Ester et al. Analysis Of Vulnerability For Environmental Planning Of A Water Supply Basin. *Ambiente y Sociedad* [en línea]. 2018, 21 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 1809-4422. Disponible en: doi:10.1590/1809-4422asoc0078r2vu18l1ao
- CHALCO, Alejandro Johan y CULLANCO, Mary Carmen. Determinación de zonas vulnerables a Inundaciones en el tramo Puente Huachipa-La Atarjea del Río

- Rímac, Distrito Lurigancho-Chosica para la mitigación de desastres. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima : Universidad San Ignacio de Loyola,2020. [fecha de consulta: 11 de Diciembre de 2021]. Disponible en : <https://goo.su/6Tspb>
- CUBA, Odilon Correa y SURCO, Rosa Gabriela Coral. Estimación Temporal y Espacial de las Sequías e Inundaciones Meteorológicas con índice China-Z en la Intercuenca Alto Apurímac, Perú. *Revista Brasileira de Meteorologia* [en línea]. 2022 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 1982-4351. Disponible en: doi:10.1590/0102-7786370013
- DEVANAND, M. R. y KUNDAPURA, Subrahmanya. Flood Inundation Mapping of Jigjiga-Town and Its Surrounding Environment: Using GIS & HEC-RAS Model. *International Journal of Environmental Protection and Policy* [en línea]. 2021, 9(2), pp. 40 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 2330-7528. Disponible en: doi:10.11648/j.ijepp.20210902.14
- GARCIA, Willman et al. Integrando métodos de evaluación de riesgos de deslizamientos e inundaciones en cuencas del Tunari y zona de Alto Cochabamba. *RevActaNova*. [en línea]. 2021, 10(1), pp.61-95 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 1683-0789. Disponible en: <https://goo.su/VdeDV>
- GIL, Carolina et al. Obras De Infraestructura para el Control de Inundaciones [en línea].En: *Congreso Latinoamericano de Ingeniería (2º:2019: Colombia)*. Panel [fecha de consulta: 11 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/zf4p>
- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA María del Pilar. Metodología de la investigación [en línea] 6.ª ed. México: McGraw Hill, 2014 [fecha de consulta: 11 de diciembre de 2023].Disponible en: <https://goo.su/r6G5p8k>
- ISBN : 978-1-4562-2396-0
- JAFARZADEGAN, Keighobad, MERWADE Venkatesh y MORADKHANI Hamid. Combining clustering and classification for the regionalization of environmental model parameters: Application to floodplain mapping in data-scarce regions. *Environmental Modelling y Software* [en línea]. 2020, 125, 104-613 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 1364-8152. Disponible en: doi:10.1016/j.envsoft.2019.104613

- KAMZA, Anzhelika T., KUZNETSOVA, Irina A. y LEVIN, Eugene L. Prediction of the flooding area of the northeastern Caspian Sea from satellite images. *Geodesy and Geodynamics* [en línea]. 2022,14(2) [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 1674-9847. Disponible en: doi:10.1016/j.geog.2022.08.003
- MARTÍNEZ GRIMALDO, Alejandra. ¿Podemos prevenir los desastres? Monitoreo del fenómeno El Niño y su impacto socioeconómico en el Perú. *Libros y Ciencias* [en línea]. 2020, 1, 22-27. [consultado el 11 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/zqOTIeN>
- MEHTA, Darshan J., ESLAMIAN, Saeid y PRAJAPATI, Keyur. Flood modelling for a data-scare semi-arid region using 1-D hydrodynamic model: a case study of Navsari Region. *Modeling Earth Systems and Environment* [en línea]. 2021,8(2), 2675-2685 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 2363-6211. Disponible en: doi:10.1007/s40808-021-01259-5
- MOHAMED, Soha A. Application of satellite image processing and GIS-Spatial modeling for mapping urban areas prone to flash floods in Qena governorate, Egypt. *Journal of African Earth Sciences* [en línea]. 2019, 158, 103507 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 1464-343X. Disponible en: doi:10.1016/j.jafrearsci.2019.05.015
- OREANO, Dulce Sonia y HERNÁNDEZ, Juan Alfredo. Inundaciones por zonas funcionales en la subcuenca Santa Rosa Jáuregui, Querétaro, México. *Revista Geográfica de América Central* [en línea]. 2021, 1(68), 241–267 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 2215-2563. Disponible en: doi:10.15359/rgac.68-1.9
- ORELLANA, Rodrigo Eduardo. Modelamiento hidrológico e hidráulico para el Análisis de inundaciones en la ciudad de Piura utilizando Hec-Hms y Hec-Ras. Tesis (Título de Ing. Civil).Piura: Pontificia Universidad Católica del Perú Facultad de Ciencias e Ingeniería,2021. 110 pp. [fecha de consulta: 4 diciembre 2023]. Disponible en: <https://goo.su/R8bzh>
- OTZEN, Tamara y MANTEROLA Carlos. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology* [en línea]. 2017, 35(1), 227–232 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 0717-9502. Disponible en: doi:10.4067/s0717-95022017000100037

- PANDURO, Sergio Carlos y MEDINA, Erick German. Estimación de la vulnerabilidad por inundaciones en la quebrada el León y propuesta de mejora con fines de protección en el centro poblado el Milagro - La libertad, 2020. Tesis ( Título de ingeniero Civil). Trujillo : Universidad Privada del Norte,2021. 192 pp. [fecha de consulta: 4 diciembre 2023]. disponible en :<https://hdl.handle.net/11537/27528>
- REYES, Victoria, DA CUNHA, Julia y CAVIEDES, Julián. Evidencias locales del cambio climático y sus impactos: ejemplos desde Sudamérica. *Antropologías del Sur* [en línea]. 2022, **9**(17), 103–120 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 0719-5532. Disponible en: [doi:10.25074/rantros.v9i17.2317](https://doi.org/10.25074/rantros.v9i17.2317)
- RIVERA, Marco, VILCHEZ, Manuel y VELA, Jessica. Strengthening Capacity for Mitigation of Huaico (Flash Flood) Impacts in Perú -Peligros por huaicos en la ciudad de Arequipa [en línea]. *Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET*, 2018 [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/wLqx7>
- ROJAS-PORTOCARRERO, Wendy Karel et al. Percepción de riesgo ante las inundaciones en personas que habitan en zonas vulnerables de Lima, Perú. *Rev Cubana Salud Pública* [online]. 2019, 45(2) [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 0864-3466. Disponible en: <https://goo.su/n868FS>
- SALAZAR CAMACHO, Andrea Isabel. Evaluación Del Riesgo Por Inundaciones en las Viviendas del Asentamiento Humano Tacalá, Distrito de Castilla, Provincia de Piura [en línea].Tesis(Título de Ingeniero Civil). Piura : Universidad Privada Antenor Orrego,2023. 99 pp.[fecha de consulta: 4 diciembre 2023] disponible en: <https://goo.su/9YMX8H>
- SERRA-LLOBET, Anna et al. Restoring Rivers and Floodplains for Habitat and Flood Risk Reduction: Experiences in Multi-Benefit Floodplain Management From California and Germany. *Frontiers in Environmental Science* [en línea]. 2022, **9** [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 2296-665X. Disponible en: [doi:10.3389/fenvs.2021.778568](https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.778568)
- SOCAS, Rolando Ariel Martínez et al. Simulating the Flood Limits of Urban Rivers Embedded in the Populated City of Santa Clara, Cuba. *Water* [en línea]. 2023, 15(10), 75-90 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 2073-4441. Disponible en: [doi:10.3390/w15101805](https://doi.org/10.3390/w15101805)

- SUBRAELU, P. et al. Risk Assessment and Mapping of Flash Flood Vulnerable Zones in Arid Region, Fujairah City, UAE-Using Remote Sensing and GIS-Based Analysis. *Water* [en línea]. 2023, 15(15), 2802 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 2073-4441. Disponible en: doi:10.3390/w15152802
- TINOCO, Tito. Modelamiento del riesgo de inundación por la ocurrencia de descargas máximas del río Santa, sector Challhua, Huaraz-Ancash. *Aporte Santiaguino* [en línea]. 2019 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 2616-9541. Disponible en: doi:10.32911/as.2019.v12.n2.643
- ÜNES, Fatih et al. Flood Hydraulic Analyses: A Case Study of Amik Plain, Turkey. *Water* [en línea]. 2020, 12(7), 2070 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 2073-4441. Disponible en: doi:10.3390/w12072070
- VAN GINKEL, Kees C. H. et al. Flood risk assessment of the European road network. *Natural Hazards and Earth System Sciences* [en línea]. 2021, 21(3), pp.1011–1027 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 1684-9981. Disponible en: doi:10.5194/nhess-21-1011-202
- XIA, Jun et al. Assessing the influence of climate change and inter-basin water diversion on Haihe River basin, eastern China: a coupled model approach. *Hydrogeology Journal* [en línea]. 2018, 26(5), 1455–1473 [consultado el 11 de diciembre de 2023]. ISSN 1435-0157. Disponible en: doi:10.1007/s10040-018-1773-7

## **ANEXOS**

**ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA: “APLICACIÓN DE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL CÁLCULO DE LLANURAS DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA “POZO NEGRO” ALBORADA, AREQUIPA 2023.”**

<b>PROBLEMAS</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
<b>Prob. Gen.:</b> ¿De qué manera la aplicación del sistema de información geográfica permite analizar la llanura de inundación en la cuenca “Pozo Negro” Alborada Arequipa?	<b>Obj. Gen.:</b> Demostrar que el sistema de Información geográfica permite analizar la llanura de inundación en la cuenca "Pozo Negro" Alborada, Arequipa	<b>HIPÓTESIS GENERAL:</b>  El sistema de Información geográfica permite analizar la llanura de inundación de la cuenca “Pozo Negro” Alborada Arequipa.	<b>VARIABLE:</b> Llanura de inundación	Imágenes satelitales	Ancho de celda	<b>ENFOQUE DE INVESTIGACION:</b> Cuantitativo <b>DISEÑO DE INVESTIGACION:</b> No Experimental <b>TIPO DE INVESTIGACION:</b> Aplicada <b>NIVEL DE INVESTIGACION</b> Descriptivo Predictivo. <b>POBLACION:</b> Cuencas de Arequipa <b>MUESTRA:</b> 1 cuenca “Pozo Negro” Alborada Arequipa <b>MUESTREO:</b> No probabilístico <b>TECNICAS DE OBTENCION DE DATOS:</b> Observación directa <b>TECNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS:</b> Ficha Resumen1: Obtención del DEM Guía de observación 1: Resultados del modelamiento hidrológico e hidráulico Guía de observación 2: Bordes de inundación
					Precisión de la imagen	
					Antigüedad de la imagen	
<b>Prob. Esp. 1:</b> ¿Cuáles son los parámetros del modelamiento de la llanura de inundación en la cuenca “Pozo Negro” Alborada Arequipa?	<b>Obj. Esp. 1:</b> Describir los parámetros del modelamiento de la llanura de inundación en la cuenca "Pozo Negro" Alborada, Arequipa.					
<b>Prob. Esp. 2:</b> ¿Cómo determinar el riesgo por inundación en base al nivel y velocidad del agua para la cuenca “Pozo Negro” Alborada Arequipa, mediante la aplicación del sistema de información geográfica?	<b>Obj. Esp. 2:</b> Determinar el peligro por inundación para la cuenca “Pozo Negro” Alborada Arequipa en base al nivel y velocidad del agua.			Borde Izquierdo de llanura		
<b>Prob. Esp. 3:</b> ¿Qué zonas son considerados de riesgo en la cuenca “Pozo Negro” Alborada Arequipa?	<b>Obj. Esp. 3:</b> Identificar las zonas consideradas de riesgo en la cuenca "Pozo Negro" Alborada, Arequipa.			Propiedades del caudal	Máxima velocidad del agua en la base	
					máxima altura del agua	

**ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLE: “APLICACIÓN DE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL CÁLCULO DE LLANURAS DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA “POZO NEGRO” ALBORADA, AREQUIPA 2023.”**

<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDAD/ ESCALA</b>
<b>Variable:</b> Llanura de inundación	la llanura de inundación se define como la extensión territorial próxima a cuerpos de agua, como ríos o arroyos, propensa a inundarse durante eventos de crecida. Este territorio, caracterizado por una topografía plana o de baja pendiente, facilita la dispersión lateral del agua cuando los niveles del cuerpo de agua se elevan a causa de fuertes lluvias u otros factores hidrológicos. Este fenómeno ocasiona daños inevitables, irreprimibles e irresistibles a personas, animales, tierras agrícolas y propiedades cercanas al río, pero cuando se anticipan y se toman medidas adecuadas la cantidad del daño se puede reducir y prevenir (Serra-Llobet et al.,2022).	Las llanuras de inundación se determinarán utilizando programas informáticos SIG, también realizando levantamientos topográficos, análisis hidrológicos, modelado hidráulico, delimitación geoespacial, establecimiento de umbrales, validación en campo y documentación detallada de características, identificación precisa y cuantificable de áreas susceptibles a inundaciones.  La obtención e interpretación de mapas de llanuras de inundaciones es una de las soluciones adecuadas para prevenir y reducir las pérdidas causadas por las inundaciones.	Imágenes satelitales	Ancho de celda	Metros
				Precisión de la imagen	Metros
				Antigüedad de la imagen	Años
			Zonas de inundación	Borde Izquierdo de llanura	Metros
				Borde Derecho de inundación	Metros
			Propiedades del caudal.	Máxima velocidad del agua en la base	m/s
	máxima altura del agua	Metros			



ANEXO 4. Guía de observación 1: Resultados del modelamiento hidrológico e hidráulico

DATOS GENERALES	
ENTIDAD	
AREA	
TIPO DE DOCUMENTO	
PROYECTO	
TESIS	

Modelo de Cuenca				Modelo de Cuenca			
Código	Área	Perimetro	CN	Código	Área	Perimetro	CN
1				16			
2				17			
3				18			
4				19			
5				20			
6				21			
7				22			
8				23			
9				24			
10				25			
11				26			
12				27			
13				28			
14				29			
15				30			



Ing. José Gabriel Torres Lara  
 CIP. 64045



Ing. ALAN ANGEL CHAVEZ IGLESIS  
 ING. CIVIL  
 CIP:132218



FIRMA DEL EXPERTO  
 N° CNI: 2663249  
 CIP: 37141

ANEXO 5. Guía de observación 2: Bordes de inundación

DATOS GENERALES	
ENTIDAD	
AREA	
TIPO DE DOCUMENTO	
PROYECTO	
TESIS	

Tramo de inundación			
Código	Progresiva	Altura	Velocidad
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

Tramo de inundación			
Código	Progresiva	Altura	Velocidad
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			



Ing. José Anibal Torres Lara  
 CIP. 64045



Ing. ALAN ANGEL CHAVEZ IGLESIS  
 ING. CIVIL  
 CIP:132218



FIRMA DEL EXPERTO  
 1º CN: 280248  
 CIP: 27141

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS**
**I.DATOS GENERALES**

Nombres y apellidos del validador	Torres Lara, José Aníbal
Institución donde labora	Universidad Nacional del Centro del Perú- Docente Contratado.
Especialidad y Grado Académico	Ing. Civil - Maestro En Ciencias Con Mención En Gestión De Riesgos De Desastres Y Responsabilidad Social.
Nombre del instrumento evaluado	✓ Ficha Resumen 1: Obtención del DEM ✓ Guía de observación 1: Resultados del modelamiento hidrológico e hidráulico. ✓ Guía de observación 2: Bordes de inundación.
Autor del instrumento	Fulton Panduro Gonzales
Título de la Investigación	"Aplicación de sistema de información geográfica para el cálculo de llanuras de inundación en la cuenca "Pozo Negro" Alborada Arequipa 2023"

**II.ASPECTO DE LA VALIDACIÓN:** Marcar con un X

DEFICIENTE (1) BAJA (2) REGULAR (3) BUENA (4) MUY BUENA (5)

INDICADORES		CRITERIOS	1	2	3	4	5
1.	CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y Comprensible.					X
2.	OBJETIVIDAD	Permite medir hechos observables				X	
3.	ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
4.	ORGANIZACIÓN	Presentación ordenada					X
5.	SUFICIENCIA	Comprende aspectos de la variable en cantidad y calidad suficiente					X
6.	PERTINENCIA	Permite conseguir datos de acuerdo a los objetivos planteados					X
7.	CONSISTENCIA	Pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos				X	
8.	COHERENCIA	Entre variable, indicadores y los ítems				X	
9.	METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación				X	
10.	APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente				X	
CONTEO TOTAL DE MARCAS (Realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)			↓	↓	↓	↓	↓
			A	B	C	D	E

$$\text{Coeficiente de validez} = 1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E = \frac{20+25}{50} = 0,90$$

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiencia de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el círculo asociado)

CATEGORÍA	INTERVALO
Desaprobado <input type="radio"/>	[0,00-0,60]
Observado <input type="radio"/>	<0,60-0,70]
Aprobado <input checked="" type="radio"/>	<0,70-1.00]

IV. CALIFICACIÓN DE APLICABILIDAD

a) **Procede su aplicación**  b) **Debe corregirse**

V. OPINIÓN APLICABILIDAD:

Dejo constancia que los instrumentos de observación se pueden aplicar, ya que permite recolectar la información necesaria para el desarrollo de la investigación, obteniendo datos pertinentes para el calculo de llanuras de inundación.

Ate, 09 de noviembre del 2023



.....  
Ing. José Arribal Torres Lara  
CIP. 64045  
FIRMA DEL EXPERTO  
N° DNI: 21134803

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS**
**I.DATOS GENERALES**

Nombres y apellidos del validador	ALAN ANGEL CHAVEZ IGLESIAS
Institución donde labora	CRTG-Residente de obra
Especialidad y Grado Académico	ING. MSc. EN INGENIERÍA VIAL CON MENCIÓN EN CARRETERAS, PUENTES Y TÚNELES
Nombre del instrumento evaluado	✓ Ficha Resumen 1: Obtención del DEM ✓ Guía de observación 1: Resultados del modelamiento hidrológico e hidráulico. ✓ Guía de observación 2: Bordes de inundación.
Autor del instrumento	Fulton Panduro Gonzales
Título de la Investigación	"Aplicación de sistema de información geográfica para el cálculo de llanuras de inundación en la cuenca "Pozo Negro" Alborada Arequipa 2023"

**II.ASPECTO DE LA VALIDACIÓN: Marcar con un X**
**DEFICIENTE (1) BAJA (2) REGULAR (3) BUENA (4) MUY BUENA (5)**

INDICADORES	CRITERIOS	1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y Comprensible.					X
2. OBJETIVIDAD	Permite medir hechos observables				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
4. ORGANIZACIÓN	Presentación ordenada					
5. SUFICIENCIA	Comprende aspectos de las variables en cantidad y calidad suficiente					X
6. PERTINENCIA	Permite conseguir datos de acuerdo a los objetivos planteados				X	
7. CONSISTENCIA	Pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos					X
8. COHERENCIA	Entre variables, indicadores y los ítems			X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación				X	
10. APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente					X

CONTEO TOTAL DE MARCAS (Realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)	↓	↓	↓	↓	↓
	A	B	C	D	E

$$\text{Coeficiente de validez} = 1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E = \frac{3+16+20}{50} = 0.78$$

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiencia de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el círculo asociado)

CATEGORÍA	INTERVALO
Desaprobado <input type="radio"/>	[0,00-0,60]
Observado <input type="radio"/>	<0,60-0,70]
Aprobado <input checked="" type="radio"/>	<0,70-1.00]

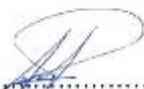
IV. CALIFICACIÓN DE APLICABILIDAD

a) **Procede su aplicación**  b) **Debe corregirse**

V. OPINIÓN APLICABILIDAD:

Dejo constancia que los instrumentos de observación se pueden aplicar, ya que permite recolectar la información necesaria para el desarrollo de la investigación, obteniendo datos pertinentes para el cálculo de llanuras de inundación.

Ate, 15 de noviembre del 2023

  
.....  
FIRMA DEL EXPERTO  
N° DNI: 47489308  
CIP: 137146

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS**
**I.DATOS GENERALES**

Nombres y apellidos del validador	RICARDO MARTIN CHAVEZ ASENCIO
Institución donde labora	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA.
Especialidad y Grado Académico	ING. MSC. EN AGROECOLOGIA MENCION GESTION AMBIENTAL.
Nombre del instrumento evaluado	✓ Ficha Resumen 1: Obtención del DEM ✓ Guía de observación 1: Resultados del modelamiento hidrológico e hidráulico. ✓ Guía de observación 2: Bordes de inundación.
Autor del instrumento	Fulton Panduro Gonzales
Título de la Investigación	"Aplicación de sistema de información geográfica para el cálculo de llanuras de inundación en la cuenca "Pozo Negro" Alborada Arequipa 2023"

**II.ASPECTO DE LA VALIDACIÓN: Marcar con un X**

DEFICIENTE (1) BAJA (2) REGULAR (3) BUENA (4) MUY BUENA (5)

INDICADORES		CRITERIOS	1	2	3	4	5
1.	CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y Comprensible.				X	
2.	OBJETIVIDAD	Permite medir hechos observables			X		
3.	ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
4.	ORGANIZACIÓN	Presentación ordenada					X
5.	SUFICIENCIA	Comprende aspectos de las variables en cantidad y calidad suficiente				X	
6.	PERTINENCIA	Permite conseguir datos de acuerdo a los objetivos planteados				X	
7.	CONSISTENCIA	Pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos					X
8.	COHERENCIA	Entre variables, indicadores y los ítems				X	
9.	METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación				X	
10.	APLICACIÓN	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente				X	
CONTEO TOTAL DE MARCAS (Realice el conteo en cada una de las categorías de la escala)			↓	↓	↓	↓	↓
			1	6	3		
			A	B	C	D	E

$$\text{Coeficiente de validez} = 1 \times A + 2 \times B + 3 \times C + 4 \times D + 5 \times E = \frac{3+24+15}{50} = 0.84$$

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiencia de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el círculo asociado)

CATEGORÍA	INTERVALO
Desaprobado <input type="radio"/>	[0,00-0,60]
Observado <input type="radio"/>	<0,60-0,70]
Aprobado <input checked="" type="radio"/>	<0,70-1.00]

IV. CALIFICACIÓN DE APLICABILIDAD

a) **Procede su aplicación**

b) **Debe corregirse**

V. OPINIÓN APLICABILIDAD:

Dejo constancia que los instrumentos de observación se pueden aplicar, ya que permite recolectar la información necesaria para el desarrollo de la investigación, obteniendo datos pertinentes para el cálculo de llanuras de inundación.

Ate, 10 de noviembre del 2023


FIRMA DEL EXPERTO  
N° DNI: 24632496  
CIP: 37141

# JOSE ANIBAL TORRES LARA

Telf.01-962218223/ 929425810. Correo electrónico: torreslarajoseanibal@gmail.com

## EXPERIENCIA PROFESIONAL

- Mayo 2021 – Enero 2023** **CHINA RAIL WAY 20 BUREAU GROUP CORPORATION SUCURSAL PERU**  
**Especialista Ambiental**  
“Mejoramiento, Conservación por niveles de Servicio y Operación del Corredor Vial; Huánuco-La Unión – Huallanca –DIV EMP. PE-3N(TINGO CHICO) – Nuevas Flores-Llata- Antamina” Tramo 2
- Ago.2020 – Abril 2022** **CHINA RAIL WAY 20 BUREAU GROUP CORPORATION SUCURSAL PERU**  
**Especialista Ambiental**  
“Mejoramiento, Conservación por niveles de Servicio y Operación del Corredor Vial; Huánuco-La Unión – Huallanca –DIV EMP. PE-3N(TINGO CHICO) – Nuevas Flores-Llata- Antamina” – Tramo 4
- Junio.19 – Feb 2020** **COSAPI**  
Especialista Ambiental Contractual  
“Servicio de Reciclado Huancayo – Tarma – La Merced”. Contrato de Servicio N°045-2019-MTC/20  
  
Principales responsabilidades:  
  - Elaboración del Plan de Manejo Socio Ambiental Cumplimiento del Programa de Manejo Socio Ambiental (PMSA)
  - Obtención de permisos y autorizaciones de áreas auxiliares ante entidades estatales.
- Julio.18 – Junio.19** **COSAPI**  
**Especialista Ambiental Contractual**  
“Servicio de Gestión y Conservación Rutinaria por Niveles de Servicio del Corredor Vial: Emp. PE-18A (Dv. Tingo María) – Aucayacu – Nuevo Progreso – Tocache – Juanjui – Picota – Tarapoto”. Contrato de Servicio N°065-2018-MTC/20  
  
Principales responsabilidades:  
  - Elaboración del Plan de Manejo Socio Ambiental Cumplimiento del Programa de Manejo Socio Ambiental (PMSA) como parta del Programa de Conservación Vial (PCV).
  - Personal Contractual
  - Mapeo del derecho de vía con uso de tecnología drone (piloto de dron autorizado).
- Feb.16 – Abril 18** **CONSORCIO CONSERVACIÓN VIAL SANTA ROSA**  
**Especialista Ambiental Contractual**  
Proyecto: SCV Humajalso Tacna Mazocruz  
Cliente: MTC – PROVIAS NACIONAL / Monto: S/. 165 811 014.05  
Principales responsabilidades:  
  - Elaboración de expedientes para la obtención de permisos ambientales (ALA)
  - Cumplimiento del Programa de Manejo Socio Ambiental (PMSA) como parta del Programa de Conservación Vial (PCV).
  - Jefe del área de señalización Vial dentro del Mantenimiento.

- Jul.10 – dic 15**      **SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE LA RED VIAL DE CUSCO**  
**Especialista Ambiental**  
Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio de la Red Vial Asfaltada de la Carretera: Cusco Pisac, Urcos – La Raya – Urubamba Chincheros Cachimayo y Yauri San Genaro – Sicuani y Huacarpay – Huambutio – Pisac – Alfamayo Quillabamba  
Cliente: MTC – PROVIAS NACIONAL  
Principales responsabilidades:
- Elaboración de expedientes para la obtención de permisos ambientales (ALA)
  - Cumplimiento del Programa de Manejo Socio Ambiental (PMSA) como parta del Programa de Conservación Vial (PCV).
  - Jefe del área de señalización Vial dentro del Mantenimiento.
- Ene.10 – Mayo.10**      **Consortio Rupa Rupa**  
**Revisor de Catastro Técnico**  
Expediente técnico definitivo: "Mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Jauja"  
  - Jefatura de Topografía en la ejecución de construcción que incluyo las siguientes actividades: Planeamiento y ejecución de poligonal de apoyo geo referenciada, Establecimiento de red de nivelación geométrica
  - Soporte en la generación de información Catastral
  - Supervisión trabajos de campo
- Mar.09 – Jul.09**      **CONSORCIO XAUXA**  
**Revisor de Catastro Técnico**  
Expediente técnico definitivo: "Mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Jauja"  
Principales responsabilidades:
- Jefatura de Topografía en la ejecución de construcción que incluyo las siguientes actividades: Planeamiento y ejecución de poligonal de apoyo geo referenciada, Establecimiento de red de nivelación geométrica
  - Soporte en la generación de información Catastral
  - Supervisión trabajos de campo
- Ago.08-Ene.09**      **Constructores y Mineros SAC**  
**Jefe de Topografía**  
"Recrecimiento del Depósito de Relaves explorador Nro. 1 C.M.A. Unidad Mina Selene" / Compañía Minera Hochschild.  
Principales responsabilidades:
- Jefatura de Topografía en la ejecución de construcción que incluyo las siguientes actividades: Planeamiento y ejecución de poligonal de apoyo geo referenciada, Establecimiento de red de nivelación geométrica, generación de planillas de replanteo, cálculo de volúmenes y valorizaciones.
  - Supervisión trabajos de campo
- Set.2005**      **Empresa Minera Los Quenuales GLENCORE-IZCAYCRUZ**  
**Consultor**  
"Canal de Irrigación Contaura CC. Huacho Sin Pescado Churin Lima".  
Principales responsabilidades:
- Elaboración de expediente técnico para la construcción de Canal de Irrigación Contaura CC. Huacho Sin Pescado Churin Lima
- Jul.03-Oct.03**      **Constructora MALAGA**

**Jefe de Topografía**

Obra Carretera Imperial Izcuchaca /MTC

Principales responsabilidades:

- Procesamiento Topográfico, y generación de planillas para replanteo.
- Definición de sectores de expropiación de predios del derecho de vía.

Oct.01-Agos.02

**SENCICO****Instructor**

Dictado de cursos varios en SENCICO – Zonal Huancayo.

Principales responsabilidades:

- Curso GPS Navegador.
- Curso S10 V 1.01
- Curso AutoCAD Land
- Curso Topografía Automatizada
- Curso Topografía para carreteras.

Ene.00-Dic.00

**Universidad Nacional del Centro del Perú****Auxiliar**

Dictado de Cursos

Principales responsabilidades:

- Matemática I
- Computación e informática
- Topografía II

Ene.99-Dic.99

**Universidad Nacional del Centro del Perú****Jefe de Practicas**

Dictado de Cursos

Principales responsabilidades:

- Curso Cartografía de Suelos.
- Curso de Fotointerpretación para levantamiento de suelos.
- Curso de Fertilidad de Suelos

**FORMACIÓN PROFESIONAL**

- 2018 - 2020 UNIVERSIDAD CONTINENTAL  
Maestría en Gestión de Riesgos de Desastres – Titulado  
Maestro en Ciencias con mención en Gestión de Riesgos de Desastres y Responsabilidad Social
- 2014 - 2016 UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS  
Maestría en Medio Ambiente y Minería - Egresado
- 2010 - 2011 UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Diplomado en Gestión de Recursos Naturales y Evaluación del Impacto Ambiental.
- 2013-2021 UNIVERSIDAD CATOLICA LOS ANGELES DE CHIMBOTE  
Ing. Civil / CIP 64045.
- 1992 – 1997 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU  
Ing. Agrónomo / CIP 64045.

**OTRAS ESPECIALIDADES**

- VERIFICADOR CATASTRAL –SUNARP – 2021
- EVALUADOR DE RIESGOS DE DESASTRES ORIGINADOS POR FENOMENOS NATURALES – CENEPRED  
RESOLUCION JEFATURAL N°097-2021-CENEPRED/J
- Acreditación Transitoria de Operador Nro. 0051 DGAC- PILOTO DE DRON

CV – José Aníbal Torres Lara

## **CAPACITACIONES Y ENTRENAMIENTOS**

- Introducción a la teledetección SAR, CONAE, junio 2019.
- Curso de Especialización en Saneamiento Catastral y Registral SNCP, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Julio 2019.
- Curso PILOTO RPAS, Escuela de Aviación Juan Bielovucic Cavalier, junio 2018
- Curso Receptor Geodésico, IGN, abril 2018.
- Curso Virtual de Preparación para el Examen de Acreditación a Verificador Catastral, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Diciembre 2017.
- Manejo de Residuos Peligroso, TECSUP, febrero 2014
- Sistema de Información Geográfica (GIS) – Arc – GIS v 10.x, IPCI, Cusco – Perú, diciembre 2014.
- Experiencias de la aplicación de tecnologías en la construcción y Mantenimiento Vial en el Perú, organizado por el Gobierno Regional del Cusco – Gerencia de Infraestructura – Consorcio Supervisor Cusco Red 3, Julio 2013
- Capacitación en microesferas y pinturas para señalización vial, IVER Perú, Cusco – Perú, Julio 2013
- Diplomado Gestión Ambiental y Evaluación del Impacto Ambiental, (Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Facultad de Ciencias Económicas – Resolución Rectoral Nro. 04449 – R – 08 Convenio – UNMSM ISTEP SAN VICENTE), 2010-2011. Tasaciones y Peritaciones, ICG, marzo 2011, Lima Perú. (Curso Aprobado)
- Peritaje y Valuaciones Judiciales, octubre 2005, CONATA – Colegio de Arquitectos del Perú Regional Junín.
  
- Diplomado en Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública y Privada, EMSEGE-CIP-UNI. Mayo a Julio 2004, Huancayo.
  
- MS PROJECT 2000, Junio 2004, SENCICO-Huancayo.
  
- Construcción de Casas Sismo resistentes de Uno y Dos Pisos, Noviembre 2004, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Medellín Colombia.

## **IDIOMAS**

- Idioma Ingles: Básico / Universidad Continental

## **DOMINIO DE SOFTWARE**

- Office
- Arc Gis 10.5
- Civil 3d 2018
- Ms Project/s10
- TBC (Trimble Busines Center)
- Metashape-Agisoft



*Escuela de Posgrado*

*El Rector*

*Confiere el Grado Académico de:*

*Maestro en Ciencias*

*Con mención en Gestión de Riesgos de Desastres y Responsabilidad Social*

*a:*

**JOSE ANIBAL TORRES LARA**

*Por haber cumplido con los dispositivos académicos y legales vigentes.*

*El mismo que fue otorgado por la Escuela de Posgrado de la Maestría en Ciencias con mención en Gestión de Riesgos de Desastres y Responsabilidad Social, con fecha 03 de octubre de 2022.*

*Por tanto:*

*Se expide el presente Diploma para su reconocimiento como tal.*

*Dado y firmado en la ciudad de Huancayo el día 27 de octubre de 2022.*

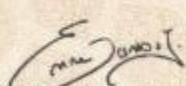


  
Abg. Claudia B. García Dextre  
Secretaría General



  
Dr. Esau T. Caro Meza  
Rector



  
Dra. Emma S. Barrios Ipenza  
Directora



  
Dr. Pedro R. Gurmendi Párraga  
Secretario Académico



REPÚBLICA DEL PERÚ  
EN NOMBRE DE LA NACIÓN  
**UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES DE CHIMBOTE**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



El Consejo Universitario de esta Universidad confiere el **TÍTULO PROFESIONAL** de

**INGENIERO CIVIL**

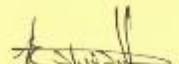
**JOSE ANIBAL TORRES LARA**

A

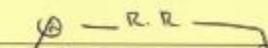
Por tanto:

Se expide el presente Diploma para que se le reconozca como tal y se le otorgue los goces y privilegios que le confieren las leyes de la República.

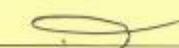
Chimbote, 15 - 04 - 2021

  
Mtra. NANCY LIZBETH ESPINOZA HERNANDEZ  
SECRETARIA GENERAL



  
Pbro. Dr. JUAN ROGER RODRIGUEZ RUIZ  
RECTOR



  
Mg. JULIO NUÑEZ CHENG  
DECANO



# Universidad Nacional del Centro del Perú

A NOMBRE DE LA NACION

El Rector de la Universidad

Por Cuanto:

El Consejo de la Facultad de *Agronomía*

con fecha *06* de *Julio* de *1999* ha otorgado el Título Profesional de:



*Ingeniero Agrónomo*  
a Don (ña) *José Anibal Torres Lara*

Por tanto: El Consejo Universitario le expide el presente **DIPLOMA**, para que se le reconozca como tal.

Dado y firmado en Huancayo a los *03* días de *Agosto* de *1999*



RECTOR



SECRETARIO GENERAL



DECANO

RESOLUCION N° *1331-99-CU*

DIPLOMA N° *847*

REGISTRADO A FOIAS *002* DEL TOMO *021-T*

*José Anibal Torres Lara*  
PRESIDENTE



PERÚ

Ministerio de Educación

Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria

Dirección de Documentación e Información Universitaria y Registro de Grados y Títulos

## CONSTANCIA DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO NACIONAL DE GRADOS Y TÍTULOS

La Dirección de Documentación e Información Universitaria y Registro de Grados y Títulos, a través de la Jefa de la Unidad de Registro de Grados y Títulos, deja constancia que la información contenida en este documento se encuentra inscrita en el Registro Nacional de Grados y Títulos administrada por la Sunedu.

### INFORMACIÓN DEL CIUDADANO

Apellidos	TORRES LARA
Nombres	JOSE ANIBAL
Tipo de Documento de Identidad	DNI
Numero de Documento de Identidad	21134503

### INFORMACIÓN DE LA INSTITUCIÓN

Nombre	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
1Ra Autoridad	-
2Da Autoridad	-
3Ra Autoridad	-

### INFORMACIÓN DEL DIPLOMA

Grado Académico	BACHILLER
Denominación	BACHILLER EN AGRONOMIA
Fecha de Expedición	09/09/1998
Resolución/Acta	0143-98-CU
Diploma	-
Fecha Matricula	Sin información (****)
Fecha Egreso	Sin información (****)

Fecha de emisión de la constancia:  
04 de Diciembre de 2022



CÓDIGO VIRTUAL 0001012961

JESSICA MARTHA ROJAS BARRUETA  
JEFA

Unidad de Registro de Grados y Títulos  
Superintendencia Nacional de Educación  
Superior Universitaria - Sunedu

Esta constancia puede ser verificada en el sitio web de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - Sunedu ([www.sunedu.gob.pe](http://www.sunedu.gob.pe)), utilizando lectora de códigos o teléfono celular enfocando al código QR. El celular debe poseer un software gratuito descargado desde internet.

Documento electrónico emitido en el marco de la Ley N° Ley N° 27269 - Ley de Firmas y Certificados Digitales, y su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 262-2009-PCM.

(\*) El presente documento deja constancia únicamente del registro del Grado o Título que se señala.

(\*\*\*\*) La falta de información de este campo, no involucra por sí misma un error o la invalidez de la inscripción del grado y/o título, puesto que a la fecha de su registro, no era obligatorio declarar dicha información. Sin perjuicio de lo señalado, de requerir mayor detalle, puede contactarnos a nuestra central telefónica: 01 500 3830, de lunes a viernes, de 08:30 a.m. a 4:30 p.m.



PERÚ

Ministerio de Educación

Superintendencia Nacional de  
Educación Superior Universitaria

Dirección de Documentación e  
Información Universitaria y  
Registro de Grados y Títulos

## CONSTANCIA DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO NACIONAL DE GRADOS Y TÍTULOS

La Dirección de Documentación e Información Universitaria y Registro de Grados y Títulos, a través de la Jefa de la Unidad de Registro de Grados y Títulos, deja constancia que la información contenida en este documento se encuentra inscrita en el Registro Nacional de Grados y Títulos administrada por la Sunedu.

### INFORMACIÓN DEL CIUDADANO

Apellidos	TORRES LARA
Nombres	JOSE ANIBAL
Tipo de Documento de Identidad	DNI
Numero de Documento de Identidad	21134503

### INFORMACIÓN DE LA INSTITUCIÓN

Nombre	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
Rector	ESAU TIBERIO CARO MEZA
Secretario General	FERNANDO CHAHUD GUTIERREZ
Decano	GLICERIO LOPEZ ORIHUELA

### INFORMACIÓN DEL DIPLOMA

Título profesional	INGENIERO AGRONOMO
Fecha de Expedición	03/08/1999
Resolución/Acta	1331-99-CU
Diploma	A193554

Fecha de emisión de la constancia:  
04 de Diciembre de 2022



CÓDIGO VIRTUAL 0004012965

JESSICA MARTHA ROJAS BARRUETA  
JEFA

Unidad de Registro de Grados y Títulos  
Superintendencia Nacional de Educación  
Superior Universitaria - Sunedu

Esta constancia puede ser verificada en el sitio web de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - Sunedu ([www.sunedu.gob.pe](http://www.sunedu.gob.pe)), utilizando lectora de códigos o teléfono celular enfocando al código QR. El celular debe poseer un software gratuito descargado desde internet.

Documento electrónico emitido en el marco de la Ley N° Ley N° 27269 – Ley de Firmas y Certificados Digitales, y su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 002-2009-PCM.

(\*) El presente documento deja constancia únicamente del registro del Grado o Título que se señala.



PERÚ

Ministerio de Educación

Superintendencia Nacional de  
Educación Superior Universitaria

Dirección de Documentación e  
Información Universitaria y  
Registro de Grados y Títulos

## CONSTANCIA DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO NACIONAL DE GRADOS Y TÍTULOS

La Dirección de Documentación e Información Universitaria y Registro de Grados y Títulos, a través de la Jefa de la Unidad de Registro de Grados y Títulos, deja constancia que la información contenida en este documento se encuentra inscrita en el Registro Nacional de Grados y Títulos administrada por la Sunedu.

### INFORMACIÓN DEL CIUDADANO

Apellidos	TORRES LARA
Nombres	JOSE ANIBAL
Tipo de Documento de Identidad	DNI
Numero de Documento de Identidad	21134503

### INFORMACIÓN DE LA INSTITUCIÓN

Nombre	UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES DE CHIMBOTE
Rector	JUAN ROGER RODRIGUEZ RUIZ
Secretaria General	NANCY LIZBETH ESPINOZA HERNANDEZ
Decano	JULIO NUÑEZ CHENG

### INFORMACIÓN DEL DIPLOMA

Título profesional	INGENIERO CIVIL
Fecha de Expedición	15/04/21
Resolución/Acta	0514-2021-CU-ULADECH CATOLICA
Diploma	053A41243

Fecha de emisión de la constancia:  
04 de Diciembre de 2022



CÓDIGO VIRTUAL 0004013320

JESSICA MARTHA ROJAS BARRUETA  
JEFA

Unidad de Registro de Grados y Títulos  
Superintendencia Nacional de Educación  
Superior Universitaria - Sunedu

Esta constancia puede ser verificada en el sitio web de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - Sunedu ([www.sunedu.gob.pe](http://www.sunedu.gob.pe)), utilizando lectora de códigos o teléfono celular enfocando al código QR. El celular debe poseer un software gratuito descargado desde internet.

Documento electrónico emitido en el marco de la Ley N° Ley N° 27269 – Ley de Firmas y Certificados Digitales, y su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 002-2009-PCM.

(\*) El presente documento deja constancia únicamente del registro del Grado o Título que se señala.



PERÚ

Ministerio de Educación

Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria

Dirección de Documentación e Información Universitaria y Registro de Grados y Títulos

## CONSTANCIA DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO NACIONAL DE GRADOS Y TÍTULOS

La Dirección de Documentación e Información Universitaria y Registro de Grados y Títulos, a través de la Jefa de la Unidad de Registro de Grados y Títulos, deja constancia que la información contenida en este documento se encuentra inscrita en el Registro Nacional de Grados y Títulos administrada por la Sunedu.

### INFORMACIÓN DEL CIUDADANO

Apellidos	TORRES LARA
Nombres	JOSE ANIBAL
Tipo de Documento de Identidad	DNI
Numero de Documento de Identidad	21134503

### INFORMACIÓN DE LA INSTITUCIÓN

Nombre	UNIVERSIDAD CONTINENTAL S.A.C.
Rector	ESAÚ TIBERIO CARO MEZA
Secretaria General	CLAUDIA BALDRAMINA GARCÍA DEXTRE
Directora	EMMA SOLEDAD BARRIOS IPENZA

### INFORMACIÓN DEL DIPLOMA

Grado Académico	MAESTRO
Denominación	MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES Y RESPONSABILIDAD SOCIAL
Fecha de Expedición	27/10/22
Resolución/Acta	4578-2022-R/LUC
Diploma	UC0020793
Fecha Matricula	15/10/2018
Fecha Egreso	30/05/2020

Fecha de emisión de la constancia:  
04 de Diciembre de 2022



CÓDIGO VIRTUAL 0001013321

JESSICA MARTHA ROJAS BARRUETA  
JEFA

Unidad de Registro de Grados y Títulos  
Superintendencia Nacional de Educación  
Superior Universitaria - Sunedu

Esta constancia puede ser verificada en el sitio web de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - Sunedu ([www.sunedu.gob.pe](http://www.sunedu.gob.pe)), utilizando lectora de códigos o teléfono celular enfocando al código QR. El celular debe poseer un software gratuito descargado desde internet.

Documento electrónico emitido en el marco de la Ley N° Ley N° 27269 – Ley de Firmas y Certificados Digitales y su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 052 2008 PCM.

(\*) El presente documento deja constancia únicamente del registro del Grado o Título que se señala.



## ALAN ANGEL CHAVEZ IGLESIAS

### Ingeniero Civil

Ingeniero Civil con grado de Maestro en Ciencias con Mención en Ingeniería de Transportes, y en la actualidad maestrante de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras. Experiencia mayor a 9 años en Contratos de Servicio de Conservación, Mejoramiento, y Mantenimiento Vial de Carreteras, por niveles de servicio, ocupando cargos de Coordinador de Proyecto, Residente de Obra, Gerente vial de Contratista, Gerente vial de Supervisión, y Jefe de Supervisión.

### CONTACTO



995544384



alanchavez1504@gmail.com



Alan Angel Chavez Iglesias/mifacebook



www.linkedin.com/in/alan-angel-chavez-iglesias



Tarapoto – San Martín – Peru.

### DATOS PERSONALES:

#### ESTADO CIVIL:

Soltero

DOCUMENTO NAC. DE IDENTIDAD: 45045293

FECHA DE NACIMIENTO: 15/04/1988

#### LUGAR DE RESIDENCIA:

Tarapoto – San Martín – San Martín.

#### DIRECCIÓN:

Jr. Nicolas de Piérola #459 – Tarapoto.



### INFORMÁTICA

Office



AUTOCAD



SAP 2000



ETABS



### IDIOMAS

Español



Inglés



### INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

N° DE COLEGIATURA: 132,218

### MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERIA DE TRANSPORTES.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

### MAESTRANTE EN LA MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA CIVIL CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA



### EXPERIENCIA LABORAL OCUPANDO CARGOS DE:

- COORDINADOR DE PROYECTO.
- ADMINISTRADOR DE CONTRATO.
- RESIDENTE DE OBRA.
- GERENTE VIAL (CONTRATISTA).
- GERENTE VIAL (SUPERVISIÓN).
- JEFE DE SUPERVISIÓN.



### III. EXPERIENCIA LABORAL

EXPERIENCIA LABORAL					
N°DE ORDEN	PROYECTO	RAZON SOCIAL DEL CONTRATANTE	CARGO DESEMPEÑADO	PERIODO	
				INICIO	DURACION
				TERMINO	
1	Servicio de Gestión y Conservación Vial por Niveles de Servicio de la Carretera Emp.PE – 18 A (Dv. Tingo María)- Aucayacu – Nuevo Progreso – Tocache – Juanjui – Picota - Tarapoto	CONSORCIO VIAL JUANJUI	Ingeniero Asistente de Residente de Obra	13.12.2011 13.06.2012	0.50 años
2	Rehabilitación y Mejoramiento de la carretera: Chamaya- Jaén- San Ignacio-Río Canchis, Tramo: San Ignacio-Puente Integración, Subtramo: Puente Mora-Puente Integración.	CONSORCIO INTEGRACION	Coordinador de Proyecto	14.06.2012 31.10.2012	0.38 años
3	Rehabilitación y Mejoramiento de la carretera: SM 102, Tramo: San José de Sisa-Agua Blanca- San Pablo. Emp Pe 5N(Dv. Bellavista).	CONSORCIO BELLAVISTA	Coordinador de Proyecto	01.11.2012 30.11.2013	1.08 años
4	Servicio de Gestión y Conservación Vial por Niveles de Servicio de la Carretera Emp.PE – 18 A (Dv. Tingo María)- Aucayacu – Nuevo Progreso – Tocache – Juanjui – Picota - Tarapoto	CONSORCIO VIAL JUANJUI	Residente de Obra	13.02.2014 31.03.2015	1.12 años
5	Servicio de Mantenimiento y Señalización vial de la vía de Evitamiento, ejecutados por la CONSEJONARIA LINEA AMARILLA	ALVAC S.A. SUCURSAL DEL PERÚ	Residente de Obra	14.09.15 20.04.16	0.60 años
6	Servicio de gestión y conservación vial por niveles de servicio del corredor vial EMP- PE 1SC (CHINCHA)-ARMAS- PLAZAPATA Y PTE. LOS MAESTROS – LOS MOLINOS- HUAYTARÁ.	ALVAC S.A. SUCURSAL DEL PERÚ	Residente de Obra	21.04.16 31.01.17	0.78 años
7	Mantenimiento Periódico de la Carretera de Ruta Nacional 2-A: EMP. Ruta 1B – Buenos Aires – Canchaque.	CONCAR S.A/ GRAÑA Y MONTERO	Ing. Supervisor	11.09.17 28.02.18	0.47 años
8	Mantenimiento Periódico en el Proyecto: Servicio de Gestión y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial Puquio - Coracora - EMP 1S (Chala)/CoraCora - Yauca - EMP PE 1S/EMP PE 32, (Ullaccasa) - Pausa.	CONCAR S.A/ GRAÑA Y MONTERO	Ing. Supervisor	01.03.18 17.07.18	0.38 años

EXPERIENCIA LABORAL					
N°DE ORDEN	PROYECTO	RAZON SOCIAL DEL CONTRATANTE	CARGO DESEMPEÑADO	PERIODO	
				INICIO	DURACION
				TERMINO	
9	Servicio de Gestión y Conservación vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial Ayacucho – Tambillo – Emp. 3S (Ocros) y Emp. 32 A (Chalco) – Pampa Cangallo – Dv. Carapo – Huancasancos – Llauta- Palpa	CONSORCIO VIAL TAMBILLO (COSAPI S.A. - MOTA ENGIL PERU)	Residente de Obra	18.07.18	0.94 años
				26.06.19	
10	Servicio de Gestión y Conservación vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial Ayacucho – Tambillo – Emp. 3S (Ocros) y Emp. 32 A (Chalco) – Pampa Cangallo – Dv. Carapo – Huancasancos – Llauta- Palpa	CONSORCIO VIAL TAMBILLO (COSAPI S.A. - MOTA ENGIL PERU)	Gerente Vial	27.06.19	0.93 años
				31.05.2020	
11	"Servicio de Gestion, Mejoramiento y Conservacion Vial por niveles de servicio del corredor EMP. PE 36A (Dv. Carumas) Saillapa, Carumas, Cuchumbaya, Calacoa - EMP. MO-556, EMP.MO-102, Chiaraque EMP. MO-528 ( Chiarjaque), EMP. MO-100 (Sijuaya)- Yalaque EMP. MO-101 (MATALAQUE); EMP MO-100 (Moquegua y Arequipa)"	CONSORCIO CONSULTOR HUALCA - CONSULGAL	Gerente de Supervision Vial	04.07.2020	0.49 años
				31.12.2020	
12	"Servicio de Gestion,y Conservacion Vial por niveles de servicio del corredor vial: Dv. Huincho - Pte. Vellile - EMP. PE - 3SG (Pte. Fauce) - EMP. PE - 3SW (Chaychapampa) - EMP. PE - 3SG (Espinar)"	CONSORCIO ESPINAR	Residente de Conservación	01.03.2021	0.6 años
				30.09.2021	
13	"Servicio de Gestion,y Conservacion Vial por niveles de servicio del corredor vial: "Molinopampa - Pte. Huarochiri - Pasacancha - Andaymayo - Pomabamba - Piscobamba - San Luis - EMP. PE 14B (Huari)."	CONSORCIO CARRETERA MOLINOPAMPA	Residente de Obra	07.02.2022	0.14 años
				31.03.2022	

EXPERIENCIA LABORAL					
N°DE ORDEN	PROYECTO	RAZON SOCIAL DEL CONTRATANTE	CARGO DESEMPEÑADO	PERIODO	
				INICIO	DURACION
				TERMINO	
14	<p>"SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL N° 06-A</p> <p>"MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-3SM (DV. LIRIO)- ACORIA- EMP. PE-26; EMP. PE-26B (CUNYACC)- PUCAPAMPA- EMP. PE-3SM (MOLINOS PACCHO); EMP. PE-3S (LA ESMERALDA)- EMP. PE-3SM (DV. ANDABAMBA); EMP. PE-3S (LA ESMERALDA)- PACHAMARCA; EMP. PE-26B (LIRCAY)- EMP. PE-3SM (CALZADA); EMP. PE-26B (REPARTICIÓN HUAPA)- EMP. PE-28A (LICAPA); EMP. PE-28A (DV. PARAS)- ROSASPATA- EMP. PE-28A (DV. ARIZONA), POR NIVELES DE SERVICIO, DISTRITO DE ACORIA- PROVINCIA DE HUANCAYELICA- DEPARTAMENTO DE HUANCAYELICA" Tramo 6-A "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA EMP. PE-3SM (DV. LIRIO)- ACORIA; ACORIAEMP. PE-26; EMP. PE-26B (CUNYACC)- PUCAPAMPA; PUCAPAMPA- EMP. PE-3SM (MOLINOS PACCHO); EMP. PE-3S (LA ESMERALDA)- EMP. PE-3SM (DV. ANDABAMBA); EMP. PE-3S (LA ESMERALDA)- CHAUIYACU - PAUCARBAMBA; PAUCARBAMBAPACHAMARCA; EMP. PE-26B (LIRCAY)- SAN PABLO DE OCCO; SAN PABLO DE OCCOEMP. PE-3SM (CALZADA)"</p>	CONSORCIO ACOBAMBA	Residente de Conservación	01.04.2022	0.57 años
				28.10.2022	
15	<p>"Saldo del Servicio de Supervisión de la Conservación para la Recuperación y/o Reposición de la Infraestructura Vial: Paquete 06: Tramo 02: AR-674, EMP AR-106 (DV.AYO) - SUBNA (L=10.07KM), TRAMO 3: PACLLA - BELEN - MALATA - COÑIRHUA - TAPAY (L=14.08KM)".</p>	JASEN CONSULTORES SAS SUCURSAL PERÚ.	Jefe de Supervisión	10.11.2022	0.46 años
				28.04.2023	
				TOTAL	9.44 años



LEY N° 24648

## COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ CONSEJO DEPARTAMENTAL SAN MARTÍN TARAPOTO

\*AÑO DE LA PROMOCIÓN DE LA INDUSTRIA RESPONSABLE Y DEL COMPROMISO CLIMÁTICO\*

### CONSTANCIA DE INSCRIPCIÓN

El Decano del Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Departamental de San Martín- Tarapoto, hace constar:

*Que el Ingeniero Civil, ALAN ÁNGEL CHÁVEZ IGLESIAS, pertenece al Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Departamental San Martín – Tarapoto, registrado con el CIP N° 132218, del Capítulo de Civiles se encuentra Afiliado como Miembro de la Orden del Colegio de Ingenieros del Perú, desde el 13 de Diciembre del 2011 hasta la actualidad, estando al día en sus cuotas mensuales de aportaciones a nuestra Institución.*

*Se extiende la presente a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.*

Tarapoto, 10 de Enero del 2014.

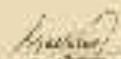
REPUBLICA DEL PERU  
A NOMBRE DE LA NACION  
**EL RECTOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

POR CUANTO:  
EL CONSEJO UNIVERSITARIO  
VISTO QUE HAN SIDO CUMPLIDOS LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN LA  
FACULTAD DE **INGENIERIA CIVIL**  
HA OTORGADO CON FECHA 21 DE FEBRERO DE 2018



EL GRADO ACADÉMICO DE  
**MAESTRO EN CIENCIAS**  
**INGENIERIA DE TRANSPORTES**  
CON MENCIÓN EN \_\_\_\_\_  
A DON **ALAN ANGEL CHAVEZ IGLESIAS**

POR TANTO, EXPIDE EL PRESENTE DIPLOMA PARA QUE SE LE RECONOZCA COMO TAL  
DADO EN LIMA A 15 DE MARZO DE 2018

  
Rector  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

REGISTRO NACIONAL DE DOCUMENTOS



138  
DE TONOS 02

  
Decano  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

RESPECTIVO

REPUBLICA  DEL PERU  
A NOMBRE DE LA NACION

*El Rector de la Universidad Nacional de San Martín*  
*Por cuanto: El Consejo Universitario, vista la Resolución de aprobación emitida por*  
*la Facultad de* INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
*con fecha* 28 *de* SETIEMBRE *del 2011* *ha conferido el TÍTULO de*

**INGENIERO CIVIL**



a ALAN ANGEL CHAVEZ IGLESIAS  
*Por tanto le expide el presente TÍTULO para que se le reconozca como tal.*  
*Dado y firmado en Tarapoto a* 03 *de* NOVIEMBRE *del 2011*



RECTOR



SECRETARIO GENERAL

Registrado a fojas 3559  
con el N° 3699 - R del  
Libro N° 22 de Títulos



DECANO

INTERESADO





# COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

El Decano Nacional:

Por cuanto

**ALAN ÁNGEL CHÁVEZ IGLESIAS**  
Ingeniero CIVIL

Ha sido incorporado(a) como MIEMBRO ORDINARIO de la orden e inscrito(a) con registro N° **132218**  
en cumplimiento de la Ley 28858

Por tanto,

Se expide el presente diploma para que se le reconozca como tal, estando autorizado(a) conforme  
a ley, para ejercer la profesión de INGENIERO(A).

Miraflores, 13 de Diciembre de 2011



*Ing. CIP Juan Fernán Muñoz Rodríguez*  
DECANO NACIONAL



*Ing. CIP Hugo Róculo Lozano Núñez*  
DIRECTOR SECRETARIO GENERAL

## CURRICULUM VITAE

Nombre : **RICARDO MARTIN CHAVEZ ASENCIO.**  
Nacionalidad : Peruana.  
DNI. : N° 26632498  
RUC. : N°10266324982  
N° Colegiatura. : CIP 37141  
Registro Consultores : C8138  
Domicilio : Asociación de Vivienda Asunción Saldaña Lote 64.  
Tingo María Leoncio Prado. Huánuco.  
Teléfono 062284489  
Celular 945651482  
Correo electrónico : [rimarchavez@hotmail.com](mailto:rimarchavez@hotmail.com); [rimarchavez@gmail.com](mailto:rimarchavez@gmail.com)



### RESUMEN

El Ingeniero Ricardo Martín Chávez Asencio optó el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Cajamarca, habiéndose realizado estudios en Recursos Hídricos en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca. Seguidamente ha realizado estudios de Maestría en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, obteniendo el Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, mención Gestión Ambiental.

Su labor profesional dentro del sector público, la ha realizado en el Gobiernos Regionales y locales, adquiriendo una amplia experiencia en diversos aspectos del Manejo y Gestión de los Recursos Hídricos, Manejo de Cuencas y en el diseño y operación de proyectos de agua potable, saneamiento y tratamiento de aguas residuales.

Ha desempeñado cargos que han incrementado su responsabilidad, ha ocupado el cargo de Supervisor Externo pro más de cinco años en el Programa FONCODES. Ha laborado en las Oficinas de Infraestructura en la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado y la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en el cargo de Director, en varias oportunidades. Como docente ha desempeñado los cargos de Jefe del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, Director de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua y por más de 20 años desempeña el cargo de Jefe del Laboratorio de Recursos Hídricos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables. Actualmente es Perito Judicial en la REPEJ Huánuco e inscrito en RESAF de la Contraloría General de la República como experto Civil.

Desde 1992 se desempeña como Profesor Asociado en el Departamento de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua, de la facultad de Recursos Naturales Renovables Ingeniería Agrícola en la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

### 1. ESTUDIOS REALIZADOS

**Primaria** : Escuela de Aplicación de Cajamarca  
**Secundaria** : Colegio Nacional "Cristo Rey"  
**Universitaria** : Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.  
Título: Ingeniero Civil  
**Post Grado** : Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María-Perú.  
Grado: Maestro en Ciencias en Agroecología mención Gestión Ambiental

## **ESTUDIOS DE POSGRADO**

- 2021            Curso de Modelos Matemáticos en Hidrología  
Desarrollado del 26 de octubre de 2020 al 21 de febrero de 2021, en el Programa de Doctorado en Recursos Hídricos en la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- 2021            Curso de Teledetección en Recursos Hídricos  
Desarrollado del 26 de octubre de 2020 al 21 de febrero de 2021, en el Programa de Doctorado en Recursos Hídricos en la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- 2018            Universidad Nacional Agraria La Molina  
Facultad de Ingeniería Agrícola  
Departamento de Recursos Hídricos  
Maestría de en Riego y Drenaje  
Curso de Especialización. RIEGO A PRESION. DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO LOCALIZADO. Llevado a cabo del 20 al 23 de noviembre de 2018 con una duración de 32 horas lectivas.
- .2015            Universidad Nacional Agraria de la Selva  
Escuela de Posgrado  
Estudios de maestría en Agroecología, Mención Gestión Ambiental
- 1997            Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca-Perú.  
Estudios de Posgrado, Candidato a Maestro en Recursos Hídricos

## **2. GRADOS Y TITULOS**

- **Grado de Bachiller en Ingeniería Civil**, otorgado por la Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca Perú. 1989.
- **Título Profesional de Ingeniero Civil**, otorgado por la Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca Perú. 1989.
- **Grado de Maestro en Ciencia en Agroecología, mención Gestión Ambiental**, otorgado por la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María-Perú. 1989.

## **3. CARGOS JERARQUICOS DESEMPEÑADOS**

- Jefe del Departamento Académico de Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables. 2009 - 2011
- Director de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua. 2016 – 2018
- Director de la oficina de Ingeniería y Mantenimiento de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. 2006- 2008.
- Director de la Oficina de Infraestructura y Mantenimiento de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. 2016.
- Jefe del Laboratorio de Recursos Hídricos de la Escuela Profesional de Ingeniería en

Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

#### **4. CURSOS DE CAPACITACIÓN RELACIONADOS A LOS RECURSOS HIDRICOS**

- 2020 Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Departamental de Lambayeque.  
Curso de Especialidad: SIG APLICADO A CUENCAS HIDROGRAFICAS, del 21 de noviembre al 13 de diciembre de 2020, con una duración total de 30 horas académicas.
- 2020 Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Departamental de Lambayeque.  
Curso de Especialidad: HIDROLOGIA, del 18 de julio al 08 de agosto de 2020, con una duración total de 30 horas académicas.
- 2020 Universidad de Georgia.  
Taller: "FOTOGRAMETRIA SFM Y USO DE DATOS LIDAR EN QT READER Y ARCGIS APLICADO A LA MONTOLOGIA" del 22 de junio al 26 de junio con una duración de 40 horas académicas.
- 2020 UCIENCY  
Curso: EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA CON ARCGIS, mayo y junio 2020 con una duración de 120 horas académicas.
- 2018 Universidad Nacional Agraria de la Selva  
Facultad de Recursos Naturales Renovables  
Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua  
Curso: FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES EN SIEMBRA Y COSECHA DE AGUA PARA INCREMENTAR LA SEGURIDAD HIDRICA EN UN CAMBIO CLIMATICO, los días 05 y 06 de mayo de 2018.
- 2018 Universidad Nacional Agraria de la Selva  
Facultad de Recursos Naturales Renovables  
Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua  
Curso: ESTIMACION DE CAUDALES MEDIOS PARA EL APROVECHAMIENTO HIDRICO, realizado los días 12 y 13 de mayo de 2018 con una duración de 18 horas académicas.
- 2017 Universidad Nacional Agraria La Molina  
Facultad de Ingeniería Agrícola  
Departamento de Recursos Hídricos  
Curso: HIDROLOGIA APLICADA, realizado los días 24, 25 y 26 de

noviembre con una duración de 20 horas académicas.

- 2017 Universidad Nacional Agraria de la Selva  
Facultad de Recursos Naturales Renovables  
Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua  
Curso: DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS Y EXPLOTACION DE CANTERAS CON AUTOCAD CIVIL 3D 2016, los días 14, 15 y 16 de julio de 2017 con una duración de 24 horas académicas.
- 2017 2017 Universidad Nacional Agraria de la Selva  
Facultad de Recursos Naturales Renovables  
Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua  
Curso: IDENTIFICACION DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO DE DESASTRES EN EL DEPARTAMENTO DE HUANUCO Y LA GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES Y EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL.
- 2016 Universidad Nacional Agraria La Molina  
Curso: SISTEMAS DE RIEGO TECNIFICADO, INSTALACION MANEJO DISEÑO OPERACIÓN, realizado los días 17 y 18 de diciembre de 2018 con 18 horas académicas.
- 2016 Universidad Nacional Agraria de la Selva  
Facultad de Recursos Naturales Renovables  
Ministerio del Ambiente  
Curso VALORACION ECONOMICA DEL PATRIMONIO NATURAL, realizado los días, 3, 4, 24. 25 de noviembre y 1, 2 15 y 16 de diciembre de 2016.
- 2016 Dirección General de la Oficina Nacional de Gobierno Electrónico e Informática de la Presidencia del Consejo de Ministros.  
Curso: APLICACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA SAYHUIITE EN PROYECTOS DE INVERSION PUBLICA con 24 horas académicas.
- 2016 Universidad Nacional Agraria de la Selva  
Vicerrectorado de Investigación  
Oficina de Investigación  
Seminario Taller: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA CON ENFOQUE A LAS PUBLICACIONES DE ALTO IMPACTO. 15 al 17 de agosto de 2016. 24 horas académicas. Tingo María.
- 2015 Colegio de Ingenieros del Perú  
Consejo Departamental Huánuco – Tingo María  
Curso: EL COMPONENTE PROSPECTIVA Y CORRECTIVO DE LA GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES, del 22 al 23 de abril de 2015. 20 horas lectivas. Tingo María.

- 2014 Colegio de Ingenieros del Perú  
Consejo Departamental Huánuco – Tingo María  
Curso: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL COMO INSTRUMENTO DE GESTION AMBIENTAL EN PROYECTOS PUBLICOS Y PRIVADOS. 28 y 29 de noviembre y 5 y 6 de diciembre de 2014 con una duración de 24 horas. Tingo María.
- 2013 Universidad Nacional San Luis Gonzága  
Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria.  
III CONGRESO SUDAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTGAL. 02 al 07 de diciembre de 2013. Ica.
- 2013 Universidad Nacional Agraria de la Selva  
Oficina de Programación de Inversiones  
Curso Taller “SISTEMAS ADMINISTRATIVOS DEL ESTADO Y LA GESTION DE PROYECTOS EN LA FASE DE INVERSION”. 04 y 05 de Noviembre 2013. 40 horas académicas. Tingo María.
- 2013 Oficina Técnica de Enlace del MEF  
Municipalidad Provincial de Leoncio Prado  
VII CURSO REGIONAL DE FORMULACION DE PROYECTOS DE INVERSION PUBLICA, 03 al 05 de julio de 2013 por 28 horas lectivas.
- 2013 Colegio de Ingenieros del Perú  
Consejo Departamental Huánuco – Tingo María  
Curso: APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA Y PERCEPCION REMOTA PARA LA INTERPRETACION Y REPRESENTACION DEL PAISAJE. 01 y 02 de junio de 2013. 20 horas lectivas. Tingo María.
- 2011 Instituto de Gerencia y Construcción  
IV Congreso Internacional: OBRAS DE SANEAMIENTO, HIDRAULICA, HIDROLOGIA Y MEDIO AMBIENTE. 20 al 21 de mayo 2011. Lima. 18 horas lectivas.
- 2011 Universidad Nacional de Cajamarca  
Departamento Académico de Ciencias Biológicas  
I CONGRESO INTERNACIONAL DEL AGUA, del 02 al 07 de julio de 2011, por 120 horas académicas, 5 créditos.
- 2010 MACCAFERRI América Latina  
Curso: DEFENSA RIBEREÑA EN GAVIONES”. Auditorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. 29 de octubre de 2010. Tingo María.
- 2009 Instituto de Gerencia y Construcción  
III Congreso Internacional: OBRAS DE SANEAMIENTO, HIDRAULICA, HIDROLOGIA Y MEDIO AMBIENTE. 17 al 18 de Junio 2009. Lima. 20 horas lectivas.

- 2008 Universidad Nacional Agraria de la Selva  
Oficina de Planificación  
Curso General: Preparación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública- SNIP". Del 22 al 26 de Setiembre de 2008 por 48 horas lectivas.
- 2008 Instituto de Capacitación Minera  
Curso de Actualización: PREVENCIÓN, CONTROL Y TRATAMIENTO DE AGUAS ACIDAS DE MINA. Auditorio del Consejo Nacional del Colegio de Ingenieros del Perú. 10 al 12 de setiembre de 2008 por 15 horas lectivas.
- 2007 Ministerio de Agricultura  
Instituto Nacional de Recursos Naturales  
Intendencia de Recursos Hídricos  
Administración de Riego del distrito de Riego de Tingo María  
Facultad de Recursos Naturales Renovables  
Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua  
Curso: APLICACIÓN DE GAVIONES Y GEOSINTETICOS EN OBRAS DE HIDRAULICA FLUVIAL 12 y 13 de Octubre 2007. Tingo María 20 horas.
- 2007 Instituto de Gerencia y Construcción  
II Congreso Internacional: OBRAS DE SANEAMIENTO, HIDRAULICA, HIDROLOGIA Y MEDIO AMBIENTE. Junio 2007. Lima. 16 horas lectivas.
- 2006 Universidad Nacional Agraria de la Selva  
Facultad de Recursos Naturales Renovables  
Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua  
Curso: DESARROLLO DE PROYECTOS DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA CON EL USO DE GAVIONES Y GEOSINTETICOS. Diciembre 2006. Tingo María.
- 2005 Universidad Nacional Agraria de la Selva  
Facultad de Recursos Naturales Renovables  
Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua  
Curso "TECNOLOGIAS DE GAVIONES EN DEFENSAS RIBEREÑAS Y CONTROL DE TALUDES" 09 y 10 agosto 2005. 18 horas lectivas. Tingo María
- 2004 Instituto de Gerencia y Construcción  
SEMINARIO INTERNACIONAL DE HIDROLOGIA llevado a cabo en Lima. Noviembre 2004.
- 2004 Universidad Nacional Agraria La Molina

Facultad de Ingeniería Agrícola  
Departamento de Recursos de Agua y Tierraa  
Curso Nacional: HIDROLOGIA DE SEQUIAS E INUNDACIONES.  
24 al 27 de noviembre de 2004.

2003 Universidad Nacional de Ingeniería  
Laboratorio Nacional de Hidráulica.  
Ciclo de Conferencias “INVESTIGACION EN MODELOS FISICOS  
Y MATEMATICOS DE OBRAS HIDRAULICAS” UNI- Lima.  
Febrero 2003.

## **5. EXPERIENCIA EN DOCENCIA**

1992 Profesor Auxiliar Nombrado (1993-1995), Profesor Asociado (1996 a la actualidad) Nombrado a dedicación exclusiva en el Departamento de Ciencias de Ingeniería de Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en el dictado de los cursos de: Hidrología Básica, Hidrología Aplicada, Drenaje Superficial y Subsuperficial, Sedimentología, Control de Inundaciones, Mecánica de Fluidos, Obras Hidráulicas, Hidráulica Superficial, Costos y Presupuestos, Topografía Aplicada; para la especialidad de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua y los cursos de: Mecánica de Fluidos, Hidrología, Hidráulica, Planificación Urbana, Costos y Presupuestos, para la Especialidad de Ingeniería Ambiental

## **6. EXPERIENCIA PROFESIONAL**

- Perito Judicial del distrito Judicial de Huánuco Período 2013-Actualidad.
- Verificador Común Superintendencia Nacional de los Registros Públicos. CIV N° 008827VZCRVIII. Desde 2008 hasta la actualidad.
- Jefe del Laboratorio de Recursos Hídricos de la Escuela Profesional de Ingeniería de Conservación de Suelos y Agua. 1997 a la actualidad.
- Experto Ingeniero Civil inscrito en RESAF Contraloría General de la República. 2015-Actualidad. Auditorias Gubernamentales en: Municipalidad Distrital de Echarati, Municipalidad Distrital de Ate, Municipalidad Distrital de Huasmín, EMAPISCO.
- Director de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Noviembre 2016-2018.
- Consultor del Perfil de Inversión Pública: Creación del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de la localidad de Lourdes del Distrito de Daniel Alomía Robles,

Provincia de Leoncio Prado. Huánuco. Diciembre 2017.

- Perito ante la Fiscalía Anticorrupción de Funcionarios de Huánuco. Julio 2013 a Junio 2017.
- Director de la Oficina de Ingeniería de la Universidad Nacional Agraria de la Selva Enero – Mayo 2016.
- Consultor Elaboración de Memoria Descriptiva, Evaluación Ambiental y Registro del Vertimiento de Aguas Residuales del Hospital de Tingo María. GOREHCO. Abril 2015.
- Consultor Elaboración de Estudio Hidrológico Canalización Quebrada Tigre- Supte-Tingo María. Estudio privado para presentación al ALA. Diciembre 2014. Tingo María.
- Elaboración de Proyectos de Riego para la Municipalidad Distrital de San Francisco de Asis. Provincia de Lauricocha. Huánuco. Enero 2013.
- Consultor para la Evaluación del PIP: Instalación del servicio de protección contra inundaciones en el Sector CCTAC RUMI, Margen Derecha del Río Apurímac, Distrito de Pichari, la Convención – Cuzco para la Municipalidad Distrital del Pichari, Diciembre 2012.
- Consultor Estudio Hidrológico de los Sistemas de Agua Potable y Desague de los Centros Poblados: Topa, Julio C. Tello, Jorge Chávez, San Pablo y 11 de Octubre, del distrito de Daniel Alomía Robles, Provincia de Leoncio Prado, Huánuco. Abril 2012.
- Consultor Estudio Hidrológico: Evaluación del Potencial Hídrico con fines de riego en varias comunidades de Cajan, Distrito de Pinra, Provincia de Huacaybamba, Huánuco. Gobierno Regional Huánuco. Abril 2012.
- Consultor Estudio Hidrológico: Sistema de Irrigación de Paraíso. Proyecto Especial Alto Huallaga. Marzo 2012.
- Consultor Estudio Hidrológico: Sistema de Irrigación de Nuevo Bambamarca. Proyecto Especial Alto Huallaga. Marzo 2012.
- \* Consultor Obras de Agua y Desague, Defensa Ribereña y Obras viales, Municipalidad Distrital de Daniel Alomía Robles. Diciembre 2011- Marzo 2012.
- \* Consultor Estudio Hidrológico: “Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Construcción del Sistema de alacantarillado y Planta de Tratamiento de aguas residuales de las localidades: La Victoria, Delicias y Raimondi en el Distrito de Daniel Alomía Robles-Leoncio Prado-Huánuco”. Agosto 2011.

- Consultoría de Supervisión de la Obra Construcción del Sistema de Desague de Mapresa – Naranjillo-Luyando-Leoncio Prado-Huánuco. Monto de Ejecución: S/, 5550,000.00. Agosto 2009-Abril 2010.
- Consultor Municipalidad Distrital de Padre Felipe Luyando. Noviembre 2008 – Julio 2009.
- Jefe de la Oficina de Ingeniería y Mantenimiento de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Octubre 2006 – Febrero 2008.
- Supervisor Externo de Proyectos de la Oficina Zonal FONCODES - Huánuco. Junio 1997-Diciembre 2001.
- Director de Acondicionamiento Territorial de la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado. Enero 1999 - Junio 1999.
- Supervisor Externo de Proyectos de la Oficina Zonal FONCODES – Cajamarca. Enero 2016–Mayo 2017.
- Supervisor - Inspector de Obras de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María. Febrero 1993 – Noviembre, 1993.
- Director de Acondicionamiento Territorial de la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado. Enero 1999 - Junio 1999.

## 7. ASOCIACIONES A LAS QUE PERTENECE

- Consejo Departamental Huánuco Tingo María, Colegio de Ingenieros del Perú Decano Departamental Período 2019-2021.  
Vicedecano Departamental Período 2013-2015
- Sindicato de Docentes de la Universidad Agraria de la Selva

## 8. IDIOMAS

	<u>Lee</u>	<u>Habla</u>	<u>Escribe</u>
Español:	Excelente	Excelente	Excelente
Inglés:	Bien	Bien	Bien

## DOCENCIA

Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables.

- Docente a nivel de Pregrado de los cursos:
- *HIDRAULICA y ESTRUCTURAS FLUVIALES*

- *HIDRALOGIA SUPERFICIAL*
- *DRENAJE SUPERFICIAL Y SUBSUPERFICIAL*
- *OBRAS HIDRAULICAS*
- *COSTOS Y PRESUPUESTOS*
- *TOPOGRAFIA APLICADA*
- *SEDIMENTOLOGIA*

#### **9. MANEJO DE SOFTWARES**

- *Hydrologic Modeling System (HEC HMS) y Geo HMS,*
- *River Analysis System (HEC RAS) y Geo RAS,*
- *ArcHydro*
- *Hydrognomon,*
- *SURFER,*
- *SIG (ARC INFO, ARC VIEW y Extensiones) y ArcGis 10,*
- *SWAT y SWAT CUP*
- *Internet, FrontPage,*
- *R (estadístico),*
- *Otros*

## ANEXO 6: PANEL FOTOGRAFICO

















**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, REQUIS CARBAJAL LUIS VILLAR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "Aplicación de sistema de información geográfica para el cálculo de llanuras de inundación en la cuenca "Pozo Negro" Alborada, Arequipa 2023", cuyo autor es PANDURO GONZALES FULTON, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 10.00%, 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, 09 de Julio del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
REQUIS CARBAJAL LUIS VILLAR <b>DNI:</b> 04067813 <b>ORCID:</b> 0000-0002-3816-7047	Firmado electrónicamente por: LREQUIS el 11-07- 2024 18:55:09

Código documento Trilce: TRI - 0807501