

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE INUNDACIÓN ANTE
MÁXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA TUMBILLÁN, ALTURA
DEL SECTOR LA GRANJA, JAÉN, CAJAMARCA 2024”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. KENSEY CUBAS PÉREZ

ASESOR:

DR. ING. JOSÉ ANTONIO CORONEL DELGADO

Cajamarca, Perú

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. **Investigador:** KENSEY CUBAS PÉREZ
DNI: 46837433
Escuela Profesional: INGENIERÍA CIVIL
2. **Asesor:** Dr. Ing. JOSÉ ANTONIO CORONEL DELGADO
Facultad: DE INGENIERÍA
3. **Grado académico o título profesional**
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. **Tipo de Investigación:**
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. **Título de Trabajo de Investigación:**
"DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE INUNDACIÓN ANTE MÁXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA TUMBILLÁN, ALTURA DEL SECTOR LA GRANJA, JAÉN, CAJAMARCA 2024"
6. **Fecha de evaluación:** 26/09/2025
7. **Software antiplagio:** ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 21%
9. **Código Documento:** 3117: 504142305
10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 01/10/2025

	 Firmado digitalmente por: BAZAN DIAZ Laura Sofia FAU 20148258601 soft Motivo: En señal de conformidad Fecha: 01/10/2025 12:37:42-0500
FIRMA DEL ASESOR Dr. Ing. JOSÉ ANTONIO CORONEL DELGADO DNI: 26722656	UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE INUNDACIÓN ANTE MÁXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA TUMBILLÁN, ALTURA DEL SECTOR LA GRANJA, JAÉN, CAJAMARCA 2024

ASESOR : Dr. Ing. José Antonio Coronel Delgado.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0080-2026-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 20 de enero de 2026, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **treinta días del mes de enero de 2026**, siendo a las diecisiete horas (05:00 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Vocal : Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Secretario : M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada **DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE INUNDACIÓN ANTE MÁXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA TUMBILLÁN, ALTURA DEL SECTOR LA GRANJA, JAÉN, CAJAMARCA 2024**, presentado por el bachiller en Ingeniería Civil **KENSEY CUBAS PERÉZ**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Filial Jaén, asesorado por el Dr. Ing. José Antonio Coronel Delgado, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : **5** PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : **10** PTS.
EVALUACIÓN FINAL : **15** PTS. **QUINCE** (En letras)

En consecuencia, se lo declara **APROBADO** con el calificativo de **QUINCE**
acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las **6:15 p.m.** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Presidente

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Vocal

M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.
Secretario

Dr. Ing. José Antonio Coronel Delgado.
Asesor

Copyright © 2025 By
Kensey Cubas Pérez
Todos los derechos reservados

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, quien estuvo en todo momento conmigo y me dio la fortaleza y voluntad para hacer mi sueño realidad.

A mis padres, en especial a mi madre que siempre estuvo apoyándome en todo momento.

Al Dr. Ing. José Antonio coronel Delgado por aceptar ser mi asesor de tesis, y por su valorable ayuda y colaboración desinteresada en el desarrollo de la investigación durante la elaboración del presente proyecto.

A los miembros del Jurado Revisor del presente estudio de tesis.

A los docentes y administrativos de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil – Filial Jaén de la Universidad Nacional de Cajamarca.

A todos los profesionales, compañeros y amigos, que de alguna u otra manera colaboraron e hicieron posible la realización de esta tesis afrontando diversas dificultades en el proceso de crecer y seguir adelante.

DEDICATORIA

A Dios, por su infinita compañía en todo momento, por haberme dado fortaleza de seguir adelante y luchar por mis sueños.

A mi madre, quien me brindo su cariño, amor, paciencia y apoyo incondicional durante toda mi carrera profesional, sin cuya ayuda no habría sido posible lograr esta meta.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
Resumen	xiii
Abstract	xiv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.1. Contextualización.....	1
1.1.2. Descripción del problema.....	2
1.2. Formulación del problema	3
1.3. Hipótesis general	3
1.4. Justificación de la investigación.....	3
1.5. Alcances o delimitación de la investigación	4
1.6. Limitaciones y restricciones de la investigación.....	4
1.7. Objetivos de la investigación	4
1.8.1. Objetivo general	4
1.8.2. Objetivos específicos.....	4
1.8. Descripción del contenido de los capítulos	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes teóricos.....	6
2.1.1. Internacionales	6
2.1.2. Nacionales	7
2.1.3. Locales	8
2.2. Bases teóricas	9

2.2.1.	Cartografía y topografía	9
2.2.2.	Parámetros geomorfológicos de la cuenca	9
2.2.3.	Cuenca hidrográfica	12
2.2.4.	Hidrología.....	14
2.2.5.	Modelamiento hidráulico	14
2.2.6.	Inundación.....	15
2.2.7.	Tipos de estructuras de inundación.	15
2.3.	Definición de términos básicos	15
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS		17
3.1.	Ubicación del área de estudio.....	17
3.2.	Tipo de investigación	18
3.3.	Diseño de investigación	18
3.4.	Nivel de investigación.....	18
3.5.	Variables.....	19
3.6.	Población y muestra	19
3.6.1.	Población.....	19
3.6.2.	Muestra.....	19
3.6.3.	Unidad de análisis	19
3.7.	Método de investigación	19
3.8.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
3.8.1.	Técnicas.....	19
3.8.2.	Equipos.....	19
3.9.	Procedimiento de recolección de datos	20
3.10.	Métodos de análisis de datos	21
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DICUSIÓN DE RESULTADOS		22
4.1.	Análisis e interpretación de datos.....	22
4.2.	Discusión.....	63

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1. Conclusiones	65
5.2. Recomendaciones.....	65
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	67
ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores interpretativos del factor de forma.....	10
Tabla 2. Clasificación de tipos de terrenos en función a pendiente media	11
Tabla 3. Clasificación de cuencas por superficie	12
Tabla 4. Valores para cálculo de coeficiente de rugosidad por Método de Cowan	13
Tabla 5. Estaciones meteorológicas de influencia en la cuenca de estudio	14
Tabla 6. Coordenadas de los puntos de la zona de estudio	17
Tabla 7. Estaciones meteorológicas de influencia en la cuenca de estudio	23
Tabla 8. Áreas según la altitud de la cuenca	24
Tabla 9. Áreas parciales entre curvas de nivel	25
Tabla 10. Áreas parciales y ancho para rectángulo equivalente	26
Tabla 11. Índice de Pendiente	27
Tabla 12. Perfil Longitudinal del Cauce del río	27
Tabla 13. Características topográficas del río	30
Tabla 14. Caudales para el tiempo de retorno Estación Arial Tumbillán	33
Tabla 15. Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación Chontalí.....	34
Tabla 16. Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación La Cascarilla	35
Tabla 17. Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación Jaén.....	36
Tabla 18. Información de precipitaciones con datos completos – Estación Chontalí.....	37
Tabla 19. Información de precipitaciones con datos completos – Estación La Cascarilla	38
Tabla 20. Información de precipitaciones con datos completos – Estación Jaén	39
Tabla 21. Precipitación Media Anual.....	39
Tabla 22. Factor de Correlación por altitud	40
Tabla 23. Precipitación máxima en 24 horas – Estación Arial Tumbillán.....	41
Tabla 24. Análisis Probabilístico	42
Tabla 25. Tormenta de diseño en 24 horas.....	43
Tabla 26. Intensidades Máximas (mm/h) – Estación Arial Cuenca Tumbillán	43
Tabla 27. Porcentaje de uso de suelos.....	44
Tabla 28. Clasificación del suelo	44
Tabla 29. Cálculo del número de curva.....	45
Tabla 30. Precipitación máxima corregida.....	46
Tabla 31. Intensidad Precipitación	46
Tabla 32. Coeficiente de escorrentía	47

Tabla 33. Caudales en diferentes tiempos de retorno Estación Arial Tumbillán	47
Tabla 34. Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante la ecuación (27).....	48
Tabla 35. Coeficiente Manning en el cauce de la quebrada Tumbillán	48
Tabla 36. Coeficiente de Manning para el margen izquierdo de la quebrada Tumbillán	49
Tabla 37. Coeficiente de Manning para el margen derecho de la quebrada Tumbillán.....	49
Tabla 38. Resultados del modelamiento HEC-RAS Sección 525.....	51
Tabla 39. Resultados del modelamiento HEC-RAS Sección 105.....	53
Tabla 40. Resultados del modelamiento HEC-RAS Sección 360.....	55
Tabla 41. Resultados del modelamiento HEC-RAS Sección 510.....	57
Tabla 42. Resultados del modelamiento HEC-RAS Sección 705.....	59
Tabla 43. Resultados de las áreas de inundación para diferentes tiempos de retorno.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Simulación de la inundación producida hace 20 años	2
Figura 2. Ubicación de la zona de estudio	18
Figura 3. Modelos digitales.....	22
Figura 4. Estaciones meteorológicas.....	22
Figura 5. Histograma de frecuencias y curva hipsométrica	24
Figura 6. Rectángulo Equivalente	26
Figura 7. Pendiente de la quebrada principal	28
Figura 8. Cauces de la quebrada Tumbillán.....	29
Figura 9. Tramo del cauce principal de la quebrada Tumbillán.....	29
Figura 10. Sección típica de la quebrada Tumbillán.....	30
Figura 11. Vista panorámica del sector La Granja.....	32
Figura 12. Simulación de la inundación producida en el año 2005	33
Figura 13. Análisis de regresión polinomial de 2º grado	40
Figura 14. Curva Intensidad – Duración – Frecuencia. Estación Tumbillán	43
Figura 15. Valores de coeficiente de rugosidad de Manning ingresados en HEC-RAS.....	49
Figura 16. Tramo de la quebrada Tumbillán.....	50
Figura 17. Datos de los caudales para el TR= 20 años	50
Figura 18 . Nivel de agua en secciones críticas para un TR= 20 años	51
Figura 19. Datos de los caudales para el TR= 25, 50, 100 y 200 años	52
Figura 20. Simulación de inundación para los tiempos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años	52
Figura 21. Sección 105 de la quebrada Tumbillán.....	53
Figura 22. Sección 360 de la quebrada Tumbillán.....	55
Figura 23. Sección 510 de la quebrada Tumbillán.....	57
Figura 24. Sección 705 de la quebrada Tumbillán.....	59
Figura 25. Sección transversal con la construcción de la defensa ribereña	61
Figura 26. Geometría del tramo de estudio con la propuesta de defensas ribereñas de la quebrada Tumbillán	62
Figura 27. Identificación de BM-01	153
Figura 28. Identificación de BM-02.....	153
Figura 29. Medición de altura de instrumento para configuración de estación total	154
Figura 30. Levantamiento topográfico eje de la Quebrada Tumbillán.	154
Figura 31. Levantamiento topográfico borde de la Quebrada Tumbillán.	155

Figura 32. Levantamiento topográfico eje del puente.....	155
Figura 33. Levantamiento topográfico borde de la Quebrada Tumbillán.	156
Figura 34. Presentación de documento para autorización al teniente del sector La Granja...	156
Figura 35. Vista panorámica del sector La Granja parte alta	157
Figura 36. Vista panorámica del sector La Granja parte baja	157
Figura 37. Quebrada Tubmillán sin defensa ribereña y sector La Granja.....	157

PALABRAS CLAVES

- **Precipitación:** Fenómeno la cual consiste en la transferencia de volúmenes de agua (lluvias, nieve, granizo, etc.). El levantamiento de aire es uno de los mecanismos de mayor relevancia referente a la precipitación, no obstante, el tipo de precipitación también se presente a través de nieve, granizo, etc.
- **Inundación:** Es el desborde lateral de las aguas de los ríos, lagos y mares que cubren temporalmente los terrenos bajos adyacentes, suele ocurrir en épocas de lluvias intensas, marejadas y en caso de tsunamis.
- **Áreas inundables:** Son áreas de superficie adyacentes a ríos o riachuelos, sujetas a inundaciones recurrentes
- **Máximas avenidas:** Es un evento que tal vez no se ha presentado jamás, o al menos no en el periodo de datos disponible, pero que es necesario conocer para determinar las dimensiones de sus incidencias
- **Quebrada:** Arroyo o riachuelo que corre por una quiebra. (RAE, 2024). Es un término que se utiliza para nombrar a la hendidura entre dos montañas o cerros, al paso estrecho entre elevaciones o al arroyo o riachuelo que atraviesa una Quebrada, por donde pasa algún arroyo y/o deslizamientos de tierra (huaicos) ocasionados por eventos naturales

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar las áreas de inundación ante máximas avenidas de la quebrada Tumbillán, altura del sector La Granja, Jaén, Cajamarca, de acuerdo con el método de investigación fue básica, cuantitativa y no experimental, comprendiendo una longitud de 1km para lo cual se realizó el levantamiento topográfico en el área de estudio, se efectuó un estudio hidrológico la cual se utilizó la carta hidrográfica (12-f Jaén Zona 17 Sur) para la delimitación de la cuenca, luego se realizó el cálculo de precipitaciones máximas de 24 horas con datos proporcionados por SENAMHI, lo cual se usó información meteorológica de las estaciones Chontalí, La Cascarilla y Jaén desde el año 2005 al 2023. Se hallaron los parámetros geomorfológicos de la cuenca hidrográfica presentando un área de cuenca de 41.032 km², perímetro de 32.401 km, tiempo de concentración de 0.975 horas y una pendiente de cauce de la cuenca de 5.78%; del estudio hidrológico se determinó caudales para periodos de retorno de 20, 25, 50, 100 y 200 años fueron de 30.945 m³/s, 45.656 m³/s, 66.851 m³/s, 84.243 y 102.827 m³/s, incluido la inundación del año 2005 con el periodo de retorno de 20 años, del modelamiento se determinaron áreas inundables las cuales fueron de 1.90 ha, 2.37 ha, 2.85 ha y 3.25 ha para las diferentes probabilidades de ocurrencia y como propuesta planteada se tiene realizar el diseño de una defensa ribereña de muros de contención en los puntos más críticos para que de alguna manera la estructura brinde seguridad a la población. Se concluye que las áreas de inundación ante máximas avenidas en el sector La Granja es muy propensa ante periodos de fuertes lluvias ya que tiende a subir el caudal del agua y causar daños a las viviendas que están ubicados cerca de la quebrada y todo esto provoca desastres.

Abstract

The main objective of this research was to determine the flood areas during maximum floods of the Tumbillán stream, at the height of the La Granja sector, Jaén, Cajamarca, according to the research method was basic, quantitative and non-experimental, comprising a length of 1km for which the topographic survey was carried out in the study area, a hydrological study was carried out which used the hydrographic chart (12-f Jaén Zone 17 South) for the delimitation of the basin, then the calculation of maximum rainfall of 24 hours was made with data provided by SENAMHI, which used meteorological information from the Chontalí, La Cascarilla and Jaén stations from 2005 to 2023. The geomorphological parameters of the hydrographic basin were found, presenting a basin area of 41,032 km², perimeter of 32,401 km, concentration time of 0.975 hours and a basin channel slope of 5.78%; from the hydrological study it was determined flows for return periods of 20, 25, 50, 100 and 200 years were 30,945 m³ / s, 45,656 m³ / s, 66,851 m³ / s, 84,243 and 102,827 m³ / s, including the flood of 2005 with the return period of 20 years, from the modeling floodable areas were determined which were 1.90 ha, 2.37 ha, 2.85 ha and 3.25 ha for the different probabilities of occurrence and as a proposal, the design of a riparian defense of retaining walls must be carried out at the most critical points so that the structure somehow provides security to the population. It is concluded that the flooding areas in the La Granja sector are very prone to periods of heavy rain, as this tends to increase the water flow and cause damage to homes located near the stream, leading to disasters.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización

En la ciudad de Colombia el 88% de los desastres que se producen son de origen hidrometeorológico, con un 35% por inundaciones, lo cual en los últimos 20 años aproximadamente 2800 viviendas se vieron destruidas por este fenómeno (Perico, G. et al. 2020). La región de Valencia, España, es una zona de alto riesgo referente a inundaciones, de los cuales los sistemas fluviales de la región mediterránea son los más peligrosos de toda España debido a diferentes factores, como son: el pequeño tamaño y corta longitud de los cauces de las cuencas, las fuertes pendientes, la proximidad a la costa y un clima con precipitaciones intermitentes y una propensión a lluvias torrenciales (Oliva, C. y Olcina, J. 2023). En Argentina, las inundaciones constituyen los desastres naturales que causan el 95% de los daños económicos, lo cual se estima que uno de cada tres argentinos vive en áreas inundables, lo cual suma 14,2 millones de personas (Garcia, B. et al. 2021).

En el Perú han ocurrido desastres extremos, tal es el caso del fenómeno del niño costero durante el año 2017 por lo que se suscitaron intensas y prolongadas lluvias generando la activación de diferentes quebradas en la zona norte y centro del país, ocasionando huaicos e inundaciones, trayendo consigo resultados negativos en la salud pública, donde se reportaron 136 víctimas mortales, 17 236 damnificados y 1 075 932 afectados (Rojas, P. et al. 2019).

En la región de Huancavelica, están expuestos a sucesos relacionados con las inundaciones producto del desbordamiento del río Ichu, las fuertes lluvias que se dieron en la cuenca hidrológica, ocasiono el desborde de los ríos Ichu y Disparate, causando inundaciones y arrasamientos de las viviendas ubicadas al margen de las riberas, desbordes de los puentes Warmichaca, San Cristóbal, la Victoria, dejándolos intransitables y distintos sectores se vieron afectados (Zúñiga, R. 2020). En Piura, fue escenario de la peor temporada de lluvias en el año 2017 como consecuencia del niño costero, sufrió el desborde del río Piura tras alcanzarse valores de niveles de agua por encima de lo normal, se originó la falla del dique izquierdo tras el paso de un caudal de 3468 m³/s (Maza, S. 2019).

1.1.2. Descripción del problema

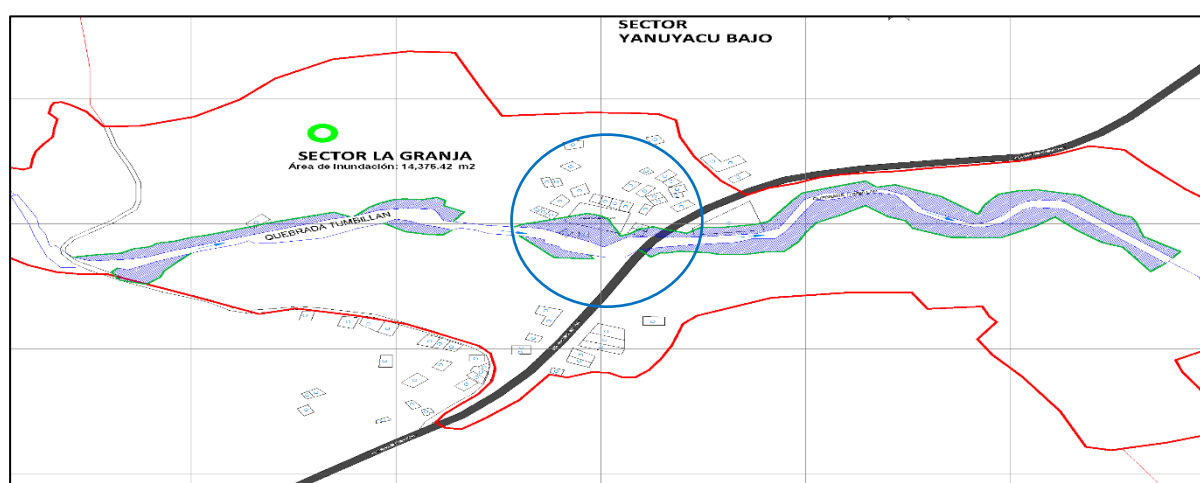
El crecimiento urbano de la ciudad de Jaén ha influido durante los últimos años, tal es el caso del sector La Granja, sector ubicado en la margen derecha aguas arriba del tramo de la quebrada Tumbillán, dicha quebrada presenta taludes de borde con niveles bajos en algunas de sus secciones, a ello se suma la ausencia de defensas ribereñas en la zona de estudio.

En el año 2005 se produjo un desborde de la quebrada Tumbillán, saliendo dicho cauce hasta la parte de su campo deportivo, dejando consigo varias familias afectadas. Según información proporcionada por radio Maraón, en noviembre del 2021 en el sector La Granja se reportó que las fuertes lluvias arrastraron varios animales entre cerdos, aves de corral y hasta un vehículo y por último en una entrevista para el canal de MegaTv, el señor Sr. Juan López Campos, morador del sector La Granja y quien vive desde hace varios años cerca de la quebrada Tumbillán en la provincia de Jaén región Cajamarca, recordó el lamentable hecho cuando su querida hermana perdió la vida en el año 1993 ante el desborde de la quebrada Tumbillán.

Todos estos sucesos son los que ponen en riesgo en la actualidad a 30 familias que habitan en dicho sector La Granja, es por ello que se realizó la presente investigación para determinar los puntos críticos de inundaciones que se suscitan ante máximas avenidas, con el que se pretende identificar las áreas inundables en el sector La Granja del distrito y provincia de Jaén, siendo este de suma importancia para la toma de decisiones y medidas de prevención para hacer frente a las inundaciones que se podrían producir en un futuro.

Figura 1

Simulación de la inundación producida hace 20 años



Nota. La figura, muestra la simulación de la inundación producida hace 20 años, lo cual afectó una parte del sector, saliendo dicho cauce y llegando hasta su campo deportivo, que afectó un área aproximada de 14,376.42 m2.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son las áreas de inundación ante máximas avenidas de la quebrada Tumbillán, altura del sector La Granja, Jaén, Cajamarca 2024?

1.3. Hipótesis general

Las áreas de inundación ante máximas avenidas de la quebrada Tumbillán, abarca gran parte del sector La Granja, Jaén, Cajamarca 2024.

1.4. Justificación de la investigación

a. Justificación científica

Desde el enfoque científico, la presente investigación se enmarca dentro del método científico, iniciando con la observación de la problemática existente en la quebrada Tumbillán: por la falta de obras de contención existente y ante las máximas avenidas producto de las fuertes precipitaciones existen áreas propensas que se pueden inundar. A partir de esta observación, se planteó la hipótesis de que el monitoreo y las mediciones de campo permitirán cuantificar las áreas de inundación ante máximas avenidas de la quebrada Tumbillán. A través de la aplicación del método racional modificado y el análisis de los registros históricos de precipitación, se realiza una estimación objetiva de los caudales generados en el tramo de evaluado. Estos resultados son contrastados con la capacidad hidráulica de la quebrada, tanto longitudinal como transversal, lo que permite verificar su funcionamiento ante los eventos hidrológicos de diversa magnitud. Se determinó que la mejor propuesta de solución es la construcción de muros de contención a ambos márgenes de la quebrada a fin de reducir los riesgos de inundación en el tramo de estudio y que pueden afectar a los pobladores que habitan en el sector.

b. Justificación técnica – práctica

Desde una perspectiva técnica - práctica, la presente investigación, aplica conocimientos adquiridos de hidrología, hidráulica, topografía; integrando aspectos teóricos y prácticos en un contexto real y que permitirán realizar un análisis riguroso de las condiciones hidráulicas de la quebrada ante máximas avenidas. La validación de fórmulas empíricas con datos obtenido en campo proporcionará información y metodologías que podrán ser utilizadas en futuras investigaciones relacionadas, contribuyendo a fortalecer el conocimiento técnico aplicado en este tipo de sistemas hidráulicos.

c. Justificación institucional y personal

Desde el punto de vista institucional, porque la Universidad Nacional de Cajamarca, tiene como uno de sus principales objetivos contribuir con el desarrollo sostenible en el ámbito regional y nacional, en tal sentido, los resultados de este estudio contribuyen con el objetivo planteado por la universidad.

A nivel personal, permite fortalecer y ampliar mis capacidades, mejorar el criterio profesional frente a situaciones reales del entorno. Representa un paso más a mí crecimiento profesional y constituye un paso decisivo hacia la obtención de mí Título Profesional como Ingeniero Civil.

1.5. Alcances o delimitación de la investigación

Esta investigación se desarrolló en el distrito de Jaén, provincia de Jaén y departamento de Cajamarca, específicamente, en el área adyacente al cauce de la quebrada Tumbillán ubicado en el sector La Granja. El trabajo de investigación abarca una longitud de 1000 metros, dicha distancia se tomarán aguas arriba y aguas abajo considerando todas las viviendas que se encuentran cercas de ambos márgenes de la quebrada.

1.6. Limitaciones y restricciones de la investigación

Entre las principales limitaciones que se identificaron durante el desarrollo de la presente investigación, detectamos las siguientes:

- Referente al levantamiento topográfico, se tuvo que pedir autorización a los propietarios para ingresar a sus propiedades para obtener una adecuada toma de datos.
- Dificultad para la obtención de información meteorológica, las cuales son de suma importancia, por lo que se tuvo que obtener dichos datos de una tesis ya antes realizada y los datos faltantes se completó con los que se encuentran en la página del SENAMHI.
- Cabe recalcar que dichas limitaciones antes mencionadas no significaron impedimento para la ejecución de nuestra investigación.

1.7. Objetivos de la investigación

1.8.1. Objetivo general

Determinar las áreas de inundación ante máximas avenidas de la quebrada Tumbillán, altura del sector La Granja, Jaén, Cajamarca 2024.

1.8.2. Objetivos específicos

- a) Caracterizar la microcuenca de la quebrada Tumbillán.
- b) Caracterizar la quebrada Tumbillán del tramo de estudio comprendido en el sector La Granja.
- c) Caracterizar el sector La Granja.
- d) Identificar el área afectada por inundación en el año 2005 debido al desborde de la quebrada Tumbillán.
- e) Estimar el caudal que ocasiona la inundación para los períodos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años.

- f) Determinar las áreas inundables por desborde de la quebrada Tumbillán debido a caudales para los períodos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años, para proponer una alternativa de solución.

1.8. Descripción del contenido de los capítulos

En el capítulo I. Introducción: se describe la realidad problemática, formulación del problema, hipótesis, justificación, alcances o delimitación, limitaciones y objetivos; en el capítulo II. Marco teórico: se describen los antecedentes internacionales, nacionales y locales que sirven para orientar el tema en estudio, en las bases teóricas se definen los conceptos que se tienen en cuenta para el desarrollo de la presente investigación; en el capítulo III. Materiales y métodos: se explica el lugar donde se llevó a cabo la presente investigación, el procedimiento y descripción de la metodología que se tuvo en consideración para la recolección de datos, se indican también las diferentes herramientas que se han utilizado para el procesamiento de la información recolectada en campo; en el capítulo IV. Análisis y discusión de resultados: Se presentan los resultados obtenidos de cada uno de los objetivos específicos en tablas y gráficos con su respectiva descripción e interpretación, además se presenta las discusiones por cada objetivo en las que se comparan los resultados alcanzados con los obtenidos por otros investigadores en los que se establecen similitudes y diferencias; en el capítulo V. Conclusiones y recomendaciones se establecen las principales conclusiones y recomendaciones por cada objetivo; también se presentan las referencias bibliográficas y los anexos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos

2.1.1. Internacionales

(Herrera, S. y Bermúdez, B. 2020) en su tesis titulada “Evaluación de riesgo de desastre por inundación usando herramientas SIG y HEC HMS y RAS para el distrito de conservación de suelos Kirpas, Pinilla la cuerera de la ciudad de Villavicencio – Meta”, de acuerdo a la metodología de investigación tuvo un enfoque cuantitativo y diseño no experimental. Como resultados obtuvieron que la cuenca presenta un área de 445.169 km², perímetro de 144.280 km y una pendiente media del cauce principal de 11.04 m/km, los caudales para los tiempos de retorno de 2.33, 25 y 100 años fueron de 850, 1268 y 1710 m³/s. concluyeron que para la mitigación de eventos de inundación se diseñaron capas de recubrimiento con material arcilloso, fibras y mantos orgánicos que deberán disponerse en las riveras del caño la Cuerera.

(Díaz, R. y Ibarra, R. 2021) en su investigación denominada “Estudio de amenaza de inundación del río Culagá sector puente PR2+500 en la vía Toledo – Labateca, departamento norte de Santander”, la metodología utilizada para este estudio será la de Taylor – Schwartz. Como resultados obtuvieron un área de cuenca de 221.71 km², caudales de 144.40, 278.60, 368.10, 520.00, 662.50 y 1112.40 m³/s para los diferentes periodos de retornos. Concluyeron que al realizar el análisis de las áreas inundables del río Culaga, se obtiene que para el TR= 100 años, existe la probabilidad de se vean afectadas las viviendas del borde derecho y el camino de acceso que comunica cabeceras municipales, todo ellos tras la ocurrencia de un posible represamiento que se puede generar en la margen derecho producto de que el río en ese tramo es más angosto.

(Tripailaf, M. 2022) en su tesis titulada “Gestión del riesgo de inundaciones en el área urbana del río Chillán”, de acuerdo con la metodología utilizada tuvo un enfoque cuantitativo. Como resultados obtuvo para un periodo de retorno de 100 años niveles de peligro alto, medio y bajo abarcaron 397,28 ha, 220,59 ha y 159,69 ha; el 75% posee un nivel de vulnerabilidad medio, (entre un 8-24% de población, < 5 y > 65 años) niveles altos de vulnerabilidad (sobre un 25%, < 5 y > 65 años), los sectores con niveles bajos de vulnerabilidad y sin vulnerabilidad representaron el 4% y 10%, respectivamente. Concluyó que la existencia de áreas con niveles de peligro y riesgo alto no están incluidas en los instrumentos de planificación y medidas de gestión existentes, por lo que, se hace necesaria una actualización del plan de emergencia actual.

2.1.2. Nacionales

(Dilas, G. 2022) en su investigación denominada “Identificación de las áreas Inundables por la Quebrada Huertas en la zona urbana de la localidad de Chilete, Cajamarca-2021”, según su metodología fue de tipo descriptiva. Como resultados obtuvo que la cuenca presenta un área de 98.90 km², perímetro de 51.63 km y longitud de máximo recorrido de 23.36 km; los caudales para los periodos de retornos de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 113, 180, 247 y 500 años fueron de 9.10, 22.70, 39.20, 72.80, 109.60, 157.80, 163.53, 193.08, 222.63 y 334.20 m³/s respectivamente; áreas de inundación en el rango de 0.51 m a 5.40 m. Concluyó que para un tiempo de retorno de 100 años las áreas de mayor inundación con altura hasta 1.50 m son el estadio Municipal, parque infantil Cosme Pretell, jirones Contumazá, Sánchez Carrión, Ferrocarril, Pacasmayo, Independencia, Santa rosa, Progreso, urb. Los pinos y el jr. Cajamarca; toda la Av. 10 de Enero y Miraflores toda la plazuela José Gálvez.

(Farfán, S. y Villena, C. 2021) en su tesis titulada “Evaluación de máximas avenidas para la estimación de áreas inundables en la subcuenca Pacherez - cuenca Chancay – Lambayeque”, según su metodología fue de tipo descriptiva. Como resultados obtuvieron que la cuenca presenta un área de 72.80 km², longitud de cauce principal de 15 km; tiempo de concentración de 3.46 horas; los caudales para los periodos de retornos de 10, 25, 50, 100, 200, 500, 1000 años fueron de 32.00, 56.10, 84.20, 123.90, 178.80, 283.30 y 310.00 m³/s; la simulación para TR = 100 años, un tirante de 0.30 m y velocidad de agua de 1.10 m/s afectando 5.63 ha y para TR = 500 años, un tirante de 0.45 m y velocidad de agua de 2.10 m/s afectando 7.30 ha. Concluyeron que los valores de tirantes y velocidades máximas no logran sobrepasar el encauzamiento existente.

(Chavez, V. y Tucto, Ch. 2021) en su investigación denominada “Identificación de zonas inundables por la quebrada Ingamayo, caserío Agopampa – propuestas de mejoras estructurales”, según su metodología fue de tipo descriptivo. Como resultados obtuvieron que la cuenca tiene un área de 357 ha, perímetro de 8.7 km; los caudales fueron de 19.90, 22.40, 24.10, 25.80, 26.60 y 29.50 m³/s para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 140 y 500 años; áreas de inundación de 1.06, 1.33, 1.42, 1.63, 3.41 y 4.72 hectáreas respectivamente; las zonas de inundaciones la cual más se ve perjudicado es a partir del tiempo de retorno de 140 años en las progresivas 0+934.67, 0+953.68 y 1+383.67 m. Concluyeron que se deben de implementar la construcción de muro de gaviones donde se muestra mayores áreas de desborde, implementación de plan de contingencia y concientización a los pobladores de dicho lugar.

2.1.3. Locales

(Neyra, G. 2021) en su tesis titulada “Modelamiento hidráulico del río Amojú para la reducción de vulnerabilidad en el sector San Camilo, Jaén – Cajamarca”, según su metodología fue de tipo descriptiva y diseño no experimental. Como resultados obtuvo que la cuenca presenta un área de 156.35 km², longitud de cauce principal de 25.24 km y perímetro de 59.98 km; los caudales para los periodos de retornos de 5, 10, 20, 30, 50, 100, 140, 200 y 500 años fueron de 60.74, 105.05, 158.13, 193.62, 243.27, 319.91, 407.91 y 542.78 m³/s respectivamente; las áreas de riesgo para el margen izquierdo y derecho para los periodos de retorno de 20 y 100 años fueron de 5007.84 m² y 9458.83 m², 7438.12 m² y 12782.08 m²; precipitación media anual de 19.741mm. Concluyó que existen viviendas aledañas al margen del río, en alto riesgo de inundación por falta de obras de protección.

(Alarcón, R. y Gonzáles, V. 2022) en su investigación denominada “Determinar las zonas de inundación por máxima avenida de la quebrada Zanja Honda en el asentamiento humano de Fila-Alta, distrito Jaén, provincia Jaén-Cajamarca”, según su metodología fue de tipo inductivo – deductivo. Como resultados obtuvo que la cuenca presenta un área de 11.171 km², longitud de 6.314 km, perímetro de 16.047 km y cauce principal de 2.2 km con una pendiente de 8.51%, orden de río igual a 2 y tiempo de concentración de 0.618 horas, para los periodos de retornos de 25, 50, 100 y 200 años, los caudales fueron de 19.864, 25.037, 30.503 y 36.272 m³/s, las áreas de inundación de 0.765, 0.918, 1.237 y 1.610 ha. Concluyeron que el margen derecho es el más perjudicado debido a que presenta mayor área de inundación.

(Villalobos, G. 2021) en su tesis titulada “Estudio de inundación por efectos del desborde del río Amojú, aplicando los modelos matemáticos HEC-RAS Y HEC-HMS en la ciudad de Jaén, distrito de Jaén provincia de Jaén, departamento de Cajamarca”, según su metodología empleó modelos matemáticos de HEC-RAS y HEC-HMS. Como resultados obtuvo que la cuenca tiene un área de 150.51 km², perímetro de 56.64 km y cauce principal de 11.44 km con una pendiente de 1.81%, tiempo de concentración 1.26 horas, pendiente del cauce principal 0.06 m/km, las zonas inundables en la parte alta oeste son las calles San Martín, Simón Bolívar, Diego Palomino, Sánchez Carrión, Túpac Amaru, Luna Pizarro, Francisco Orellana, Prol. Lambayeque, San Luis y en la parte baja este las calles son la Mariano Melgar, Roberto Segura, Pedro Vergara, pje. San José, pje. Federico Villa Real, Iquitos, Tulipanes, Las Begonias. Concluyó que para obtener resultados más favorables y que estén acorde a una eventual catástrofe de la naturaleza se consideró el periodo de retorno de 500 años.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Cartografía y topografía

a) Cartografía

Cartografía es la disciplina que se ocupa de la concepción, producción, difusión y estudio de los mapas. También se conoce como un conjunto de técnicas o un arte de elaborar de mapas. El mapa cartográfico es la representación gráfica, dibujada a escala y generalmente en una superficie plana, de las características (geográficas, geológicas o geopolíticas) de un área de la Tierra (Comisión Nacional del Agua, México. 2011).

b) Archivos Shapefile

Es un formato de archivo que almacena datos vectoriales sobre la ubicación, forma y atributos de entidades geográficas, es uno de los formatos de datos espaciales con las que puede trabajar y editar en ArcGIS. Estas entidades se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos (áreas); el espacio de trabajo también puede incluir tablas que pueden almacenar atributos que se pueden vincular a las entidades de un shapefile (Environmental Systems Research Institute, 2021).

c) Modelo digital de elevación

Los Modelos Digitales de Elevación (MDE) son definidos como una estructura numérica de datos que representan la distribución espacial de la altitud en la superficie terrestre, almacenados en una base de datos digital, georreferenciada en un sistema de proyección cartográfica, se utilizan para generar mapas topográficos precisos (Pérez, V. y Francois, M. 2017).

d) Topografía

La topografía se define como la ciencia, el arte y la tecnología para encontrar y determinar las posiciones relativas de puntos situados por encima de la superficie de la tierra, sobre dicha superficie y debajo de ella, además también se considera como la disciplina que comprende todos los métodos para medir y recopilar información física acerca de la tierra y nuestro medio ambiente (Wolf, P. y Ghilani, C. 2015).

2.2.2. Parámetros geomorfológicos de la cuenca

a) Perímetro de la cuenca

Es la longitud del límite exterior de la cuenca sobre un plano horizontal y esta depende de su superficie y forma, se expresa en unidades de m o km (Chalco, C. y Cullanco, C. 2020).

b) Ancho promedio de la cuenca

(Chalco, C. y Cullanco, C. 2020) es la relación entre el área de la cuenca (A) y la longitud del cauce principal (L_c), la expresión es la siguiente:

$$Ap = \frac{A}{L_c}$$

Donde:

Ap = Ancho promedio de la cuenca en km

A = Área de la cuenca en km²

L_c = Longitud del cauce principal en km

c) Factor de forma

Viene a ser el cociente entre el área de la superficie de la cuenca y el cuadrado de la longitud del cauce principal. Esto es utilizado como indicadores de la configuración del hidrograma unitario.

$$F = \frac{A}{L_c^2}$$

Donde:

F = Factor de forma

A = Área de la cuenca en km²

L_c = Longitud del cauce principal de la cuenca en km

Tabla 1

Valores interpretativos del factor de forma

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

Nota. Datos tomados de (Chalco, C. y Cullanco, C. 2020).

d) Pendiente media de la cuenca

Es un parámetro muy importante en el estudio de toda la cuenca, está definido por la relación que existe entre el desnivel altitudinal del cauce y su longitud (Vásconez, M. et al. 2019).

Tabla 2

Clasificación de tipos de terrenos en función a pendiente media

Pendiente (%)	Tipo de terreno
0 – 2	Plano
2 – 5	Suave
5 – 10	Accidentado medio
10 – 15	Accidentado
15 – 25	Fuertemente accidentado
25 – 50	Escarpado
> 50	Muy escarpado

Nota. Datos tomados de (Vásconez, M. et al. 2019).

e) Pendiente media del cauce principal.

Se define como río principal el cual posee la mayor longitud y/o conduce el mayor caudal tanto en el tramo superior, medio e inferior. La pendiente del cauce se determina por medio de la pendiente equivalente (Vásconez, M. et al. 2019).

La ecuación de Taylor y Schwarz es la siguiente:

$$S = \left[\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2$$

Donde:

n = número de tramos iguales, en los cuales se subdivide el perfil.

S₁, S₂,...,S_n = pendiente de cada tramo, según S = H/L

S = pendiente

f) Área o superficie de una cuenca.

Una cuenca tiene su superficie perfectamente definida por su contorno, lo cual el área de la cuenca es el que contribuye al escurrimiento y que proporciona parte a todo el flujo de la corriente principal (Vásconez, M. et al. 2019).

Tabla 3*Clasificación de cuencas por superficie*

Tamaño de la cuenca (km2)	Descripción
Menos de 2	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia pequeña
500 a 2500	Intermedia grande
2500 a 5000	Grande
5000 a más	Muy grande

Nota. Datos tomados de (Vásconez, M. et al. 2019).**g) Tiempo de concentración**

Tiempo que tarda el viaje de una gota de agua desde la parte más alejada de la cuenca hidrográfica hasta el sitio de medida de caudal o punto de aforo (Vásconez, M. et al. 2019).

La fórmula recomendada para calcular el tiempo de concentración es la de Kirpich

$$T_c = 0.0195 * \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Dónde:

T_c: tiempo de concentración calculada en minutos

L: longitud máxima de recorrido calculada en metros

H: Incremento de cotas entre puntos extremos del cauce principal

h) Precipitación.

Se define como el fenómeno la cual consiste en la transferencia de volúmenes de agua (lluvias, nieve, granizo, etc.). El levantamiento de aire es uno de los mecanismos de mayor relevancia referente a la precipitación, no obstante, el tipo de precipitación también se presente a través de nieve, granizo, etc. (Vásconez, M. et al. 2019).

i) Escurrimiento o escorrentía

Se define como escurrimiento o escorrentía al agua procedente de la precipitación que llega a alimentar a las corrientes superficiales de una cuenca, este es uno de los procesos en los cuales está incluido dentro del ciclo del agua (Vásconez, M. et al. 2019).

2.2.3. Cuenca hidrográfica

Según (Vicente, F. y Torrero, P., 2015) define a la cuenca hidrográfica como la unidad territorial formada por un río, sus afluentes y el área colectora de sus aguas a fin de establecer un espacio objeto de aplicación; y a los CC como a las respectivas unidades de gestión de las cuencas hidrográficas.

a) Coeficiente de rugosidad de Manning

El cauce principal conduce el agua de los caudales bajos y medios, llanuras de inundación, cada uno de estos elementos presenta distinta composición de materiales, vegetación, irregularidad, obstáculos, por lo que la resistencia al flujo y valor de “n” son diferentes. Por ello la estimación de este parámetro en cauces naturales se torna más compleja debido a que hay muchos factores primordiales a considerar, por lo que teniendo en cuenta el método de Cowan se tiene la siguiente ecuación.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$$

Donde:

n_0 = Valor básico de n para canal recto, uniforme y liso en los materiales involucrados.

n_1 = Valor agregado para corregir efecto de rugosidades superficiales.

n_2 = Valor para variaciones en forma y tamaño de sección transversal del canal.

n_3 = Valor para considerar obstrucciones.

n_4 = Valor para considerar la vegetación y condiciones de flujo.

m_5 = Factor de corrección de los efectos por meandros del canal.

Tabla 4

Valores para cálculo de coeficiente de rugosidad por Método de Cowan

Condiciones del canal			Valores
Material involucrado	Tierra	n0	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
	Suave		0.000
Grado de irregularidad	Menor	n1	0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n2	0.000
	Ocasionalmente altamente		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010 - 0.015
	Insignificante		0.000
Efecto relativo de las obstrucciones	Menor	n3	0.010 - 0.015
	Apreciable		0.020 - 0.030
	Severo		0.040 - 0.060
	Baja		0.005 - 0.010
Vegetación	Media	n4	0.010 - 0.025
	Alta		0.025 - 0.050
	Muy alta		0.050 - 0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	m5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Nota. Datos tomados de (Chow, V. 1994).

2.2.4. Hidrología

a) Precipitación máxima diaria

El total de lluvia en 24 horas se registra en el programa de observaciones de prácticamente todas las estaciones meteorológicas del país y corresponde a la precipitación ocurrida entre las 07 horas de un cierto día y las 07 horas del día siguiente, período que se conoce como “Día Pluviométrico”. A partir de las precipitaciones diarias se calculan las máximas mensuales y de la serie histórica de máximas mensuales, se deducen las máximas absolutas para cada lugar de medición. Con esta información se construyen los mapas mensuales y anuales de las lluvias máximas en 24 horas.

b) Descripción de la red de estaciones

Dentro de la región de Cajamarca se tiene 26 estaciones meteorológicas ubicadas en las diferentes provincias las cuales lo conforman, en la provincia de Jaén se tiene 6 estaciones meteorológicas en funcionamiento, las cuales son la estación Chontali, La Cascarilla, Jaén, Sallique, Hacienda Pucara y El Limón.

Tabla 5

Estaciones meteorológicas de influencia en la cuenca de estudio

Estación	Norte	Este	Altitud (m.s.n.m)
Chontali	9376978.64	712292.92	1626.5
La Cascarilla	9373214.86	734441.3	1991
Jaén	9372066.73	746532.65	618
Sallique	9373816.95	797695.84	1804
Hacienda Pucara	9331835.4	706541.68	1012
El limón	9345602.34	686286.17	1110

Nota. Datos tomados del (SENAMHI, 2022).

2.2.5. Modelamiento hidráulico

Para determinar el nivel del agua en cada sección transversal de la quebrada Tumbillán, se utilizará el programa Hec-Ras; este proceso requiere disponer de la ubicación exacta de las secciones transversales, la distancia entre ellas, el coeficiente de Manning para cada segmento de cada sección y el caudal de diseño necesario. El trabajo se realizará mediante una simulación hidráulica con Hec-Ras.

Un análisis hidráulico se compone de dos componentes esenciales: la forma del canal y las variables de flujo, como el volumen de agua y las condiciones en los límites. La variación en estas formas y condiciones genera efectos diversos, los cuales pueden ser evaluados de manera individual o en conjunto. Esta es la base del enfoque del software Hec-Ras, que permite incorporar múltiples análisis dentro de un único proyecto (Nanía, L. 2007).

2.2.6. Inundación.

Las inundaciones son uno de los riesgos naturales más comunes y más destructivos- de la tierra, se producen cuando el agua inunda un terreno que en su normalidad estaba seco, dicho acontecimiento se puede reflejar de múltiples formas. Existen inundaciones repentinas las cuales son extremadamente peligrosas convirtiendo al instante un arroyo peligroso o incluso un lecho seco en rápidos que arrastran todo a su paso río abajo (Crespo ,G. 2020).

Según el (INDECI, 2020), una inundación es el desborde lateral de las aguas de los ríos, lagos y mares que cubren temporalmente los terrenos bajos adyacentes, suele ocurrir en épocas de lluvias intensas, marejadas y en caso de tsunamis.

2.2.7. Tipos de estructuras de inundación.

a) Gaviones

Según Ministerio de Transporte y Comunicaciones, los gaviones son cajas de alambre galvanizado armadas insitu y se rellenan con piedras, usualmente obtenidas del lecho del río. Este tipo de muro se caracteriza por ser permeables y flexibles además dentro de sus ventajas tiene que suelen ser económicas, durables y resistentes.

Los gaviones son usados como muros de contención; diseñados de tal manera que tienen distintos niveles y combinan funciones de sostenimiento y drenaje. Sin embargo, para la construcción de gaviones es necesario uniformizar el terreno donde se ubicarán, sin la necesidad de excavaciones (Custodio, S. 2024).

b) Muros de concreto armado y ciclópeo.

Los muros de contención tienen como objetivo principal evitar el desborde de agua, son estructuras que buscan garantizar la estabilidad de la plataforma contra la rotura de macizos de tierra o roca, estos tipos de estructuras proveen soporte y evitan deslizamientos de algún 45 material que puede ser el propio terreno, agua, materiales u otros. Estas estructuras suelen ser de mampostería, concreto armado, concreto ciclópeo y presentan una geometría bien definida y adecuada para fines pertinentes (Espinoza, V. y Huaman, S. 2024).

2.3. Definición de términos básicos

Áreas inundables. Son áreas de superficie adyacentes a ríos o riachuelos, sujetas a inundaciones recurrentes (Organización de los Estados Americanos (OEA, 1993).

Caudal. Cantidad de agua que pasa por un punto específico en un sistema hidráulico en un momento o período dado. (MTC, 2012).

Inundación fluvial. Se define como el terreno aledaño al cauce de un río, que es cubierto por las aguas después de una creciente. Las causas principales de las inundaciones son

las precipitaciones intensas, las terrazas bajas, la dinámica fluvial y, en algunos casos, la deforestación (INGEMMET, 2022).

Inundación pluvial. Se originan por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que este fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. Se genera tras un régimen de lluvias intensas persistentes, es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo de tiempo muy breve o por la incidencia de una precipitación moderada y persistente durante un amplio período de tiempo sobre un suelo poco permeable (INGEMMET, 2022).

Lluvia. Es la precipitación de partículas de agua, en forma líquida, que cae de la nube, para una determinada región existe una precipitación promedio, cuando supera dicho promedio y genera daños, se tipifica como una lluvia intensa (INDECI, 2006).

Máxima avenida. Es un evento que tal vez no se ha presentado jamás, o al menos no en el periodo de datos disponible, pero que es necesario conocer para determinar las dimensiones de sus incidencias” (Aparicio, M. 1992).

Precipitación. Caída de un conjunto de partículas, con formas de lluvia, llovizna, nieve, nieve granulada, granizo y gránulos de hielo. (MTC, 2012).

Quebrada. Arroyo o riachuelo que corre por una quiebra. (RAE, 2024). Es un término que se utiliza para nombrar a la hendidura entre dos montañas o cerros, al paso estrecho entre elevaciones o al arroyo o riachuelo que atraviesa una Quebrada, por donde pasa algún arroyo y/o deslizamientos de tierra (huaicos) ocasionados por eventos naturales (INGEMMET, 2022).

Riberas. Las riberas son las áreas de los ríos, arroyos, torrentes, lagos, lagunas, comprendidas entre el nivel mínimo de sus aguas y el que éste alcance en sus mayores avenidas o crecientes ordinarias (INGEMMET, 2022).

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

3.1.1. Ubicación geográfica

El tramo de estudio de la presente tesis fue realizado en la quebrada Tumbillán, en un tramo de 1 kilómetro de longitud, se encuentra ubicada localizado en:

- Sector : La Granja
- Distrito : Jaén
- Provincia : Jaén
- Región : Cajamarca

El tramo de estudio limita geográficamente de la siguiente forma:

- Norte : Sector Yanuyacu Bajo
- Sur : Sector Linderos
- Este : Gotas de agua
- Oeste : Sector Villa Los Cocos, Distrito Las Pirias

Como coordenadas del sistema UTM Datum WGS 84, huso 17, zona M, a una altitud media aproximada de 646.27 m.s.n.m., entre las coordenadas siguientes se tiene:

Tabla 6

Coordenadas de los puntos de la zona de estudio

Tramos	Coordenadas UTM		Coordenadas Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
Inicial	745363.94	9372035.75	-5.6769566	-78.784725
Final	746209.83	9371951.69	-5.6776871	-78.777089

Nota. La tabla muestra las coordenadas de los tramos de inicio y final de la zona de estudio.

Figura 2

Ubicación de la zona de estudio



Nota. La figura muestra la ubicación geográfica de la zona de estudio.

3.2. Tipo de investigación

Según su finalidad es básica, porque los resultados obtenidos forman parte de información esencial para que en base a ello las entidades correspondientes puedan tomar las acciones necesarias para solucionar la problemática existente.

De acuerdo con su enfoque es cuantitativa, porque los resultados de cada uno de los objetivos planteados están expresados en valores numéricos, desde los parámetros de diseño, caudales de diseño y las áreas de inundación ante máximas avenidas para los diferentes períodos de retorno.

3.3. Diseño de investigación

Transversal, porque los datos fueron recolectados durante un solo período y no hubo necesidad de realizarlo en varias épocas o temporadas del año.

3.4. Nivel de investigación

Descriptivo, porque en base a la información de los parámetros morfológicos de la microcuenca delimitada para la zona de estudio, se han determinado las áreas de inundación y en base a ello se ha planteado una alternativa de solución, para la prevención de riesgos en la zona de estudio.

3.5. Variables

3.5.1. Variable dependiente

Áreas de inundación

3.5.2. Variable independiente

Máximas avenidas

3.6. Población y muestra

3.6.1. Población

La población está conformada por la quebrada Tumbillán que pertenece al distrito de Jaén.

3.6.2. Muestra

La quebrada Tumbillán, en el tramo comprendido a la altura del sector La Granja, distrito y provincia de Jaén en la región Cajamarca.

3.6.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis es la quebrada Tumbillán.

3.7. Método de investigación

Hipotético deductivo, porque en base a la información revisada de artículos científicos, libros y tesis se ha planteado realizar esta investigación en el sector La Granja y con los resultados que se obtengan de cada uno de los objetivos planteados se pudo inducir cuál es la mejor alternativa de solución para la prevención de riesgos.

3.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.8.1. Técnicas

La observación, esta técnica fue utilizada durante las actividades de campo, principalmente para la realización del levantamiento topográfico, lo cual fue información esencial para el desarrollo de los demás objetivos específicos.

3.8.2. Equipos

Equipos topográficos, que fueron empleados con la finalidad de identificar las coordenadas topográficas y altitudes, con los que se ha elaborado el plano a curvas de nivel del tramo de la quebrada Tumbillán estudiado y cuyos planos han servido como insumo para la delimitación de la micro cuenca.

3.9. Procedimiento de recolección de datos

Etapas 1: Recopilación de información cartográfica, hidrológica y topográfica de la quebrada Tumbillán. Al iniciar el estudio hidrológico fue necesario definir la cuenca Hidrográfica, que tiene influencia directa sobre el escurrimiento superficial, para definir la cuenca fue necesario adquirir información cartográfica que la abarque en su totalidad. La información cartográfica procesada constituye:

- Mapas de las cartas nacionales a escala 1/100,000, con equidistancia de curvas de nivel a 50.00 m, obtenidas del Instituto Geográfico Nacional, confeccionadas por métodos estereofotogramétricos con control terrestre – 1971.
- Reconocimiento del área en estudio y zonas aledañas donde se ejecutará la investigación para desarrollar la concepción de la metodología topográfica a emplearse. El método aplicado fue la poligonal abierta, previamente antes de la realización de dicho levantamiento se escogieron los puntos de cambio, procurando de tener una menor cantidad para agilizar dicho trabajo. El levantamiento topográfico se realizó con una estación total de la marca Leyca TS06 y un GPS navegador para dar georreferenciación a la estación; se colocaron BMs en lugares fijos como buzones y obras de arte que se encuentran cerca de la quebrada, se realizó además el levantamiento topográfico de las viviendas que lo conforman el sector La Granja. La distancia total que se levanto fue de 1km de la quebrada Tumbillán, distribuido 500m aguas arriba del sector y 500m aguas debajo, el criterio tomado respecto a los tramos a levantar fue por una previa inspección ya que al hacer un recorrido de la zona se constató que existen secciones de borde muy bajas propensas a sufrir inundaciones.

Etapas 2: Determinación de los caudales máximos para períodos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años. Para esta etapa, se obtuvo en primer lugar los datos de las precipitaciones máximas en 24 horas de las tres estaciones pluviométricas más cercanas a la zona de estudio, que fueron: Estación Jaén, estación Chontalí y estación La Cascarilla. Con esta información se realizó el análisis estadístico para determinar los datos más consistentes, luego se delimitó la micro cuenca de la zona de estudio utilizando el software ArcGis con los que se obtuvo los parámetros de la cuenca; con esta y demás información complementaria para el estudio hidrológico se determinaron los caudales máximos para los períodos de retorno indicados.

Etapas 3: Determinación de las áreas de inundación ante máximas avenidas para los períodos de retorno. Con la información obtenida en la etapa 2, se realizó el modelamiento hidráulico utilizando el software mencionado, los resultados que se obtuvieron en esta etapa fueron las áreas de inundación para los diferentes períodos de retorno.

Etapas 4: Propuesta de una defensa ribereña tramo correspondiente al sector la Granja. En esta última etapa se planteó la propuesta de construcción de muros de contención a ambos márgenes de la quebrada Tumbillán a la altura de los primeros 300m aguas arriba del sector La Granja, debido que en el margen derecho se encuentran las viviendas del sector mencionado que ha sufrido estragos del desborde de esta quebrada hace más de 20 años atrás y en el margen izquierdo se encuentran ubicadas las nuevas habilitaciones urbanas y en donde ya se encuentran construyendo viviendas.

3.10. Métodos de análisis de datos

El análisis de los datos obtenidos en la presente investigación, se realizó aplicando la estadística descriptiva, para ello se ha utilizado como herramienta el software Excel, con el que se han elaborado tablas y gráficos estadísticos para la presentación de los resultados de cada objetivo de manera ordenada y resumida para su respectiva interpretación.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DICUSIÓN DE RESULTADOS

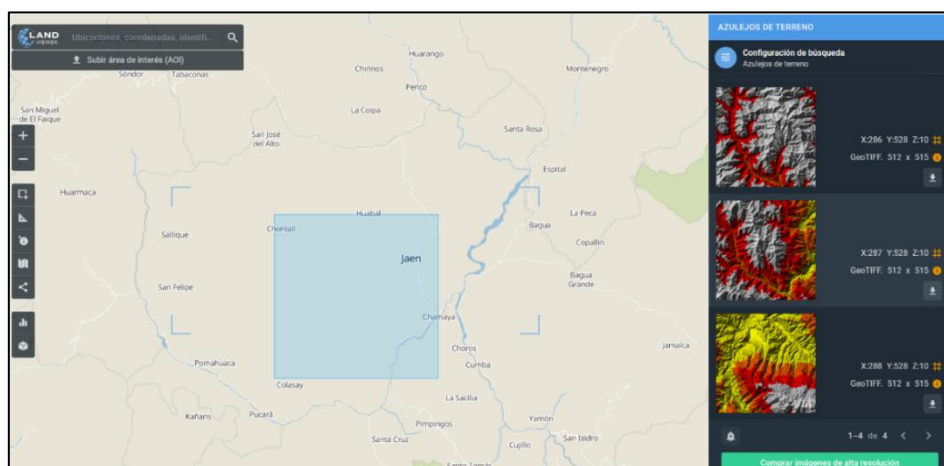
4.1. Análisis e interpretación de datos

4.1.1. Características de la microcuenca de la quebrada Tumbillán

- Información cartográfica

Figura 3

Modelos digitales

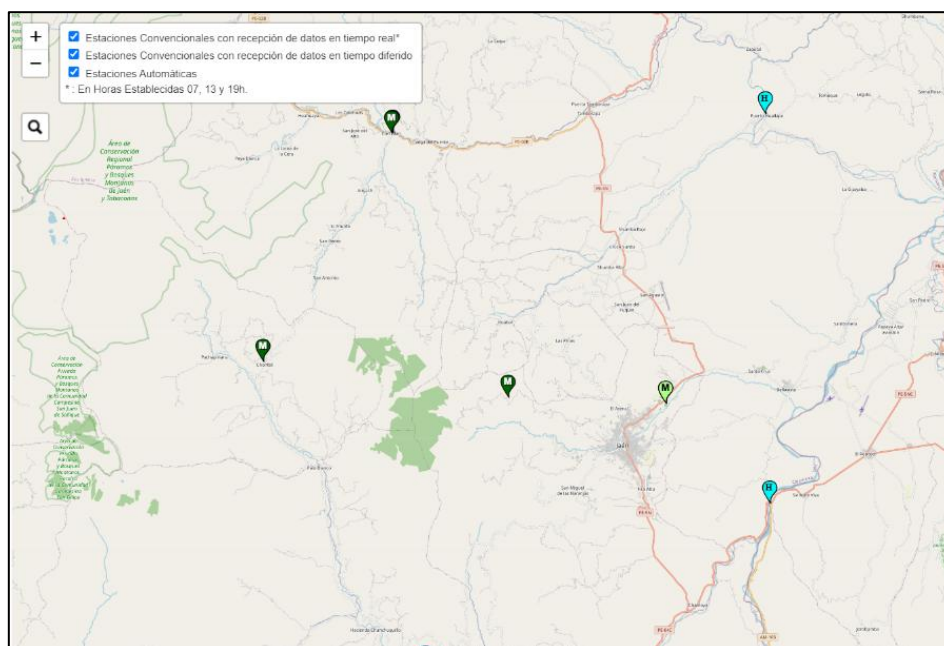


Nota. La figura representa los modelos digitales de elevación (DEM) con una resolución espacial de 30x30m que se obtuvo del servicio LAND VIEWER de imágenes satelitales de los Estados Unidos, que posteriormente servirán para generar una data ráster.

- Información hidrológica

Figura 4

Estaciones meteorológicas



Nota. La figura representa las estaciones meteorológicas que se van a utilizar.

Tabla 7*Estaciones meteorológicas de influencia en la cuenca de estudio*

Estación	Norte	Este	Altitud (m.s.n.m)
Chontali	9376978.64	712292.92	1626.5
La Cascarilla	9373214.86	734441.3	1991
Jaén	9372066.73	746532.65	618

Nota. La tabla muestra la ubicación de las estaciones meteorológicas más cercanas que se encuentran dentro del área de la cuenca de estudio, con las cuales vamos a trabajar para obtener una Estación Aerial de la Cuenca Tumbillán.

- Parámetros morfológicos de la micro cuenca hidrográfica

Parámetros de forma

Superficie total de la cuenca (At): 41.032 km²

Perímetro (P): 32.401 km

Lado menor del rectángulo equivalente (I): 3.10 km

Lado mayor del rectángulo equivalente (L): 13.22 km

Factor de Forma (Ft):

$$K_f = \frac{I}{L} \dots \dots \dots (1)$$

$$K_f = 0.2349$$

Índice de Gravelius (K)

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \dots \dots \dots (2)$$

$$K = 1.4269$$

Parámetros de relieve

Tabla 8

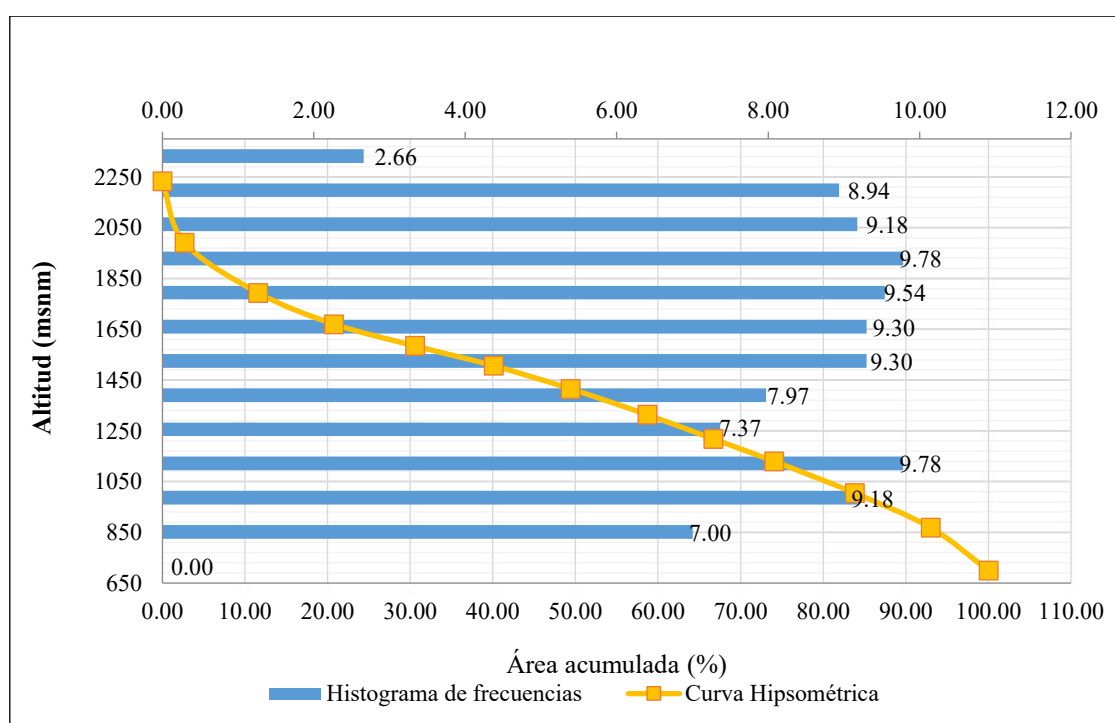
Áreas según la altitud de la cuenca

Altitud m.s.n.m.	Áreas parciales		Áreas acumuladas			
	Km2	(%)	por debajo (KM2)	(%)	por encima KM2	(%)
Punto más bajo						
700	0.00	0.00	0.00	0.00	41.33	100.00
868	2.89	7.00	2.89	7.00	38.43	93.00
1004	3.79	9.18	6.69	16.18	34.64	83.82
1130	4.04	9.78	10.73	25.97	30.60	74.03
1218	3.04	7.37	13.78	33.33	27.55	66.67
1313	3.29	7.97	17.07	41.30	24.26	58.70
1415	3.84	9.30	20.91	50.60	20.41	49.40
1506	3.84	9.30	24.76	59.90	16.57	40.10
1584	3.94	9.54	28.70	69.44	12.63	30.56
1670	4.04	9.78	32.74	79.23	8.58	20.77
1793	3.79	9.18	36.53	88.41	4.79	11.59
1991	3.69	8.94	40.23	97.34	1.10	2.66
2234	1.10	2.66	41.33	100.00	0.00	0.00
Punto más alto						
TOTAL	41.33	100.00				

Nota. Datos tomados de la topografía y calculados según formulas.

Figura 5

Histograma de frecuencias y curva hipsométrica



Nota. La figura representa el histograma de frecuencias y la curva hipsométrica que forma la cuenca Tumbillán.

Cálculos de la Altitud media Ponderada

Tabla 9

Áreas parciales entre curvas de nivel

ai	ci(altitud media)	ai*ci
2.89	784.2	2270.22
3.79	936.5	3552.18
4.04	1067.2	4314.44
3.04	1173.9	3573.91
3.29	1265.6	4168.87
3.84	1364.3	5243.29
3.84	1460.8	5614.05
3.94	1545.4	6093.35
4.04	1627.3	6578.81
3.79	1731.7	6568.69
3.69	1892.4	6989.30
1.10	2112.5	2319.64
41.33	Σ	57286.75

Nota. Esta tabla muestra las áreas que se generan en las curvas

$$Em = \frac{\sum ai * ci}{A} \dots \dots \dots (3)$$

$$Em = 1386.21 \text{ msnm}$$

Cálculos de la Altitud media Simple

CM = Cota o altitud más alta de la cuenca

Cm = Cota o altitud más baja de la cuenca

$$H_{ms} = \frac{(CM + Cm)}{2} \dots \dots \dots (4)$$

$$H_{ms} = 1466.80 \text{ msnm}$$

Rectángulo equivalente

Coeficiente de Gravelius (k) = 1.4269

Área de la cuenca (A) = 41.03 km²

Lado mayor del rectángulo equivalente:

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right) \dots \dots \dots (5)$$

$$L = 13.218 \text{ km}$$

Lado menor del rectángulo equivalente:

$$I = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right) \dots \dots \dots (6)$$

$$I = 3.104 \text{ km}$$

Tabla 10

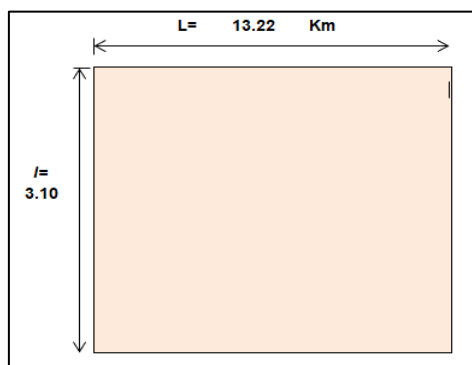
Áreas parciales y ancho para rectángulo equivalente

Cota (msnm)	Área Parcial ai (Km2)	Ancho, ci (Km)
700.00	0.00	0.00
868.47	2.89	0.93
1004.44	3.79	1.22
1129.96	4.04	1.30
1217.78	3.04	0.98
1313.33	3.29	1.06
1415.34	3.84	1.24
1506.27	3.84	1.24
1584.49	3.94	1.27
1670.12	4.04	1.30
1793.27	3.79	1.22
1991.49	3.69	1.19
2233.59	1.10	0.35
Suma ci= L=		13.31

Nota. Esta tabla muestra el ancho representativo para la cuenca.

Figura 6

Rectángulo Equivalente



Nota. La figura representa la clasificación de forma de la cuenca.

Índice de pendiente

$$I_p = \sum_{i=2}^n \sqrt{B_i(a_i - a_{i-1})} * \frac{1}{\sqrt{L}} \dots \dots \dots (7)$$

Tabla 11

Índice de Pendiente

Ai	Bi = Ai/At	ai - ai-1	Bi* (ai -Ai-1)	Raíz (4)	5 * 1/(L)^0.5
1	2	3	4	5	6
0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
2.89	0.07	168.47	11.80	3.44	0.94
3.79	0.09	135.97	12.48	3.53	0.97
4.04	0.10	125.52	12.28	3.50	0.96
3.04	0.07	87.83	6.47	2.54	0.70
3.29	0.08	95.54	7.62	2.76	0.76
3.84	0.09	102.01	9.49	3.08	0.85
3.84	0.09	90.94	8.46	2.91	0.80
3.94	0.10	78.22	7.46	2.73	0.75
4.04	0.10	85.63	8.38	2.89	0.80
3.79	0.09	123.15	11.30	3.36	0.92
3.69	0.09	198.21	17.71	4.21	1.16
1.10	0.03	242.10	6.43	2.54	0.70
41.33				<i>I_p</i> =	10.31376

Nota. La tabla muestra los resultados para el índice de pendiente.

Pendiente de la cuenca

$$S = \frac{H}{L} \dots \dots \dots (8)$$

$$H = 1533.59; L = 13217.73$$

$$S = 11.603\%$$

Perfil longitudinal del cauce del río

Tabla 12

Perfil Longitudinal del Cauce del río

Progresiva	Long. (m)	Long Acum (m)	Cota	Desnivel	S	1/(S)^0.5
0+000	0.00	0.00	700.00			
1+000	1000.00	1000.00	750.00	50.00	0.0667	3.8730
2+000	1000.00	2000.00	780.00	30.00	0.0385	5.0990
3+000	1000.00	3000.00	835.00	55.00	0.0659	3.8964
4+000	1000.00	4000.00	900.00	65.00	0.0722	3.7210
5+000	1000.00	5000.00	975.00	75.00	0.0769	3.6056
6+000	1000.00	6000.00	1050.00	75.00	0.0714	3.7417
7+000	1000.00	7000.00	1100.00	50.00	0.0455	4.6904
8+000	1000.00	8000.00	1170.00	70.00	0.0598	4.0883
8+500	500.00	8500.00	1225.00	55.00	0.0449	4.7194
						37.4348

Nota. En la tabla se realiza los cálculos que representa la forma del río vista en perfil.

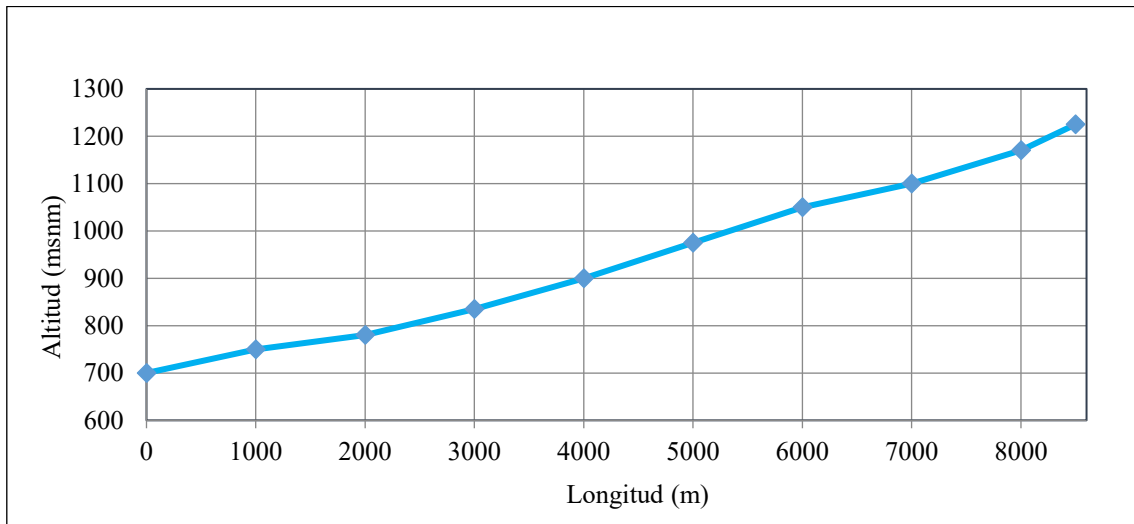
Según Taylor y Schwarz

$$S = \left[\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2 \dots \dots \dots (9)$$

$$S = 5.78\%$$

Figura 7

Pendiente de la quebrada principal



Nota. La figura representa la pendiente del cauce principal de la quebrada Tumbillán.

a) Parámetros relativos

Densidad de drenaje

Longitud total de ríos (L_i) = 31.31 km

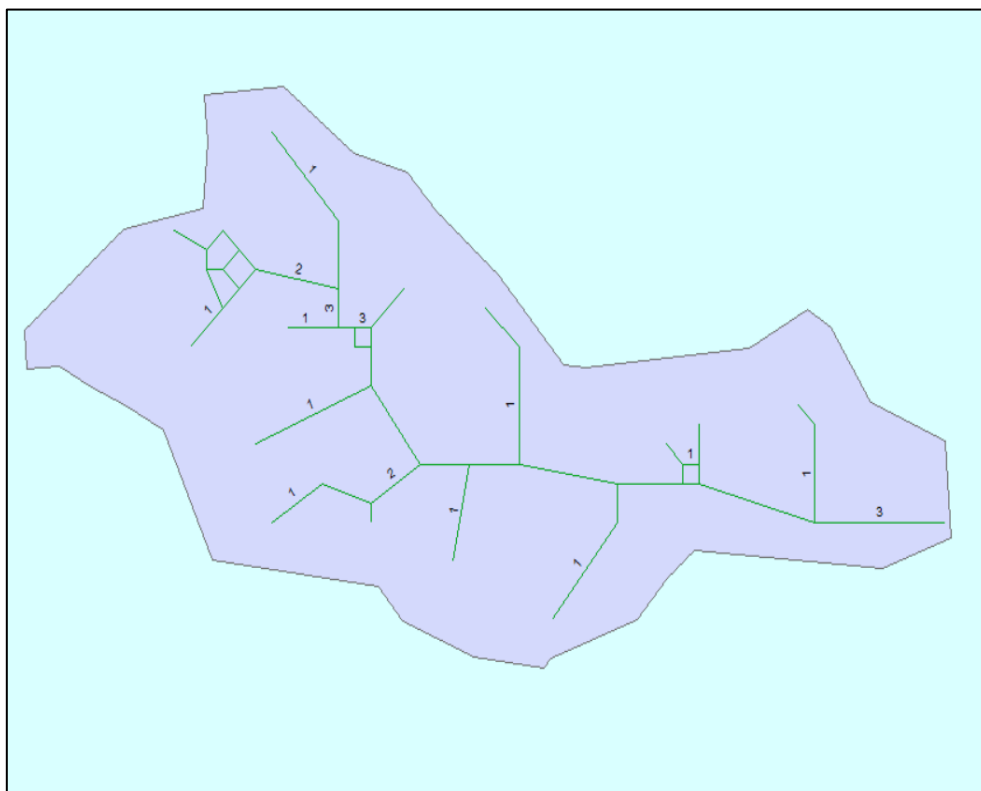
Área de la cuenca (A) = 41.03 km²

$$Dd = \frac{L_i}{A} \dots \dots \dots (10)$$

$$Dd = 0.76$$

Figura 8

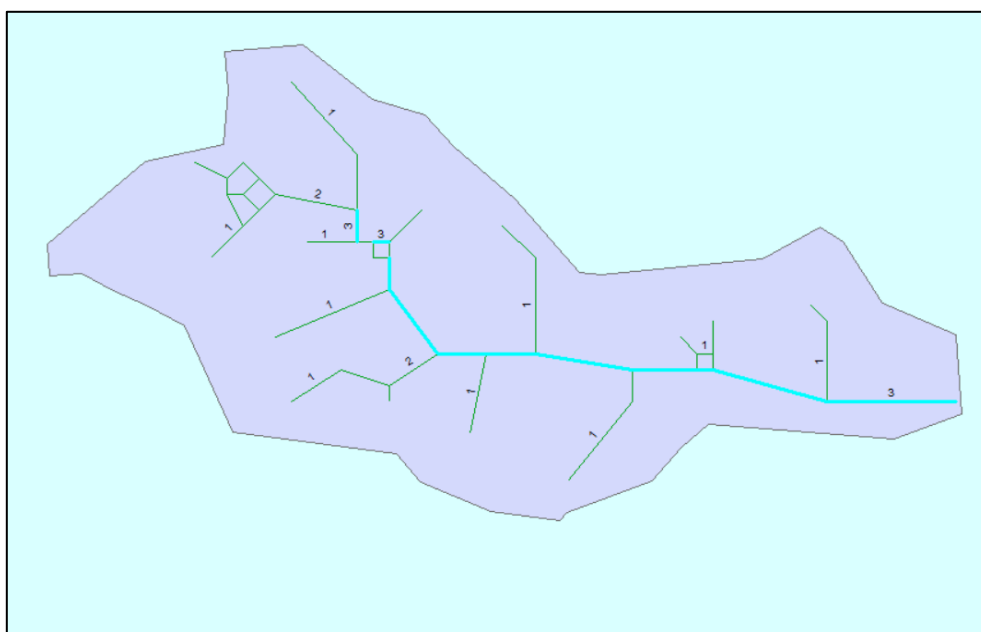
Cauces de la quebrada Tumbillán



Nota. La figura representa todos los cauces que llegan a la quebrada Tumbillán.

Figura 9

Tramo del cauce principal de la quebrada Tumbillán



Nota. La figura representa el cauce principal de color cyan.

Longitud del cauce principal (L) = 9.46 km

4.1.2. Características de la quebrada Tumbillán del tramo de estudio comprendido en el sector La Granja

- Información topográfica

Tabla 13

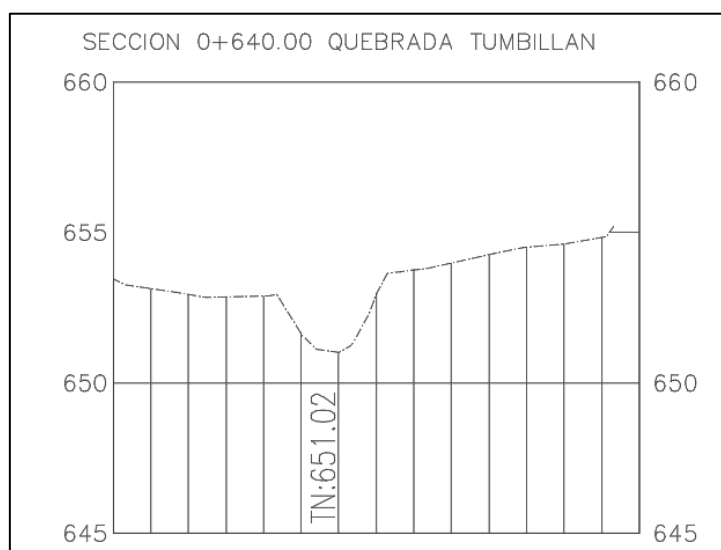
Características topográficas del río

Característica	Descripción
Longitud total del río	1000.00
Altitud máxima	663.7594 m.s.n.m.
Altitud mínima	635.2199 m.s.n.m.
Coordenadas y altitud de inicio de vía (BM - 1)	Norte: 9372035.7556 Este: 745363.9446 Altitud: 662.835 m
Coordenadas y altitud de fin de vía (BM - 2)	Norte: 9371951.6947 Este: 746209.8333 Altitud: 631.522 m
Ancho de río promedio	12.00 m.
Pendiente promedio de río	3.13%

Nota. En la tabla, se presentan los datos topográficos de los BMs establecidos durante el estudio topográfico, así como también la altitud máxima y mínima.

Figura 10

Sección típica de la quebrada Tumbillán



Nota. En la tabla, se muestra la sección típica de la quebrada Tumbillán, el plano topográfico del río junto a todas las secciones se presenta en los anexos.

4.1.3. Características del sector La Granja

Aspectos Físicos

- Clima

La temperatura media mensual varía entre los 15 °C a 28 °C registrándose una mínima de 9 °C y una máxima de 30 °C. Aumentado considerablemente entre los meses de diciembre a marzo y desciende los otros meses. Con un Clima Templado, muy húmedo y semiseco.

- Topografía

El Sector La Granja tiene una topografía plana – llano, y se encuentra entre las cotas 635.00 msnm y la cota 680.00 m.s.n.s.m. con una extensión de 228,339.40 m².

- Geología

El Sector La Granja está conformado por suelos LIMOS ARENOSOS (ML) y Arena Limosa (SM) con bajo contenido de sales agresivas al concreto.

- Zona de vida/Entorno Ecológico

El Sector La Granja no cuenta con áreas protegidas ni en peligro de extinción.

- Uso de suelo

En el área de estudio se ubica en una zona urbana, pero como aún se viene implementando el PDU de la municipalidad provincial de Jaén, en la parte baja se halla bajo diversas formas de uso de suelo para agricultura, como cultivos de arroz, maíz y frutales. En la zona de estudio no se ubican especies en grado de extinción, debido a que la zona urbana.

Aspectos Socioeconómicos y Culturales

- Demografía

En el Sector la Granja se encuentran 30 viviendas habitadas, cuya población total en la actualidad para el año 2025, es de 105 habitantes, de los cuales el 61.90% son hombres (30 personas adultas y 35 menores de 18 años), y el 38.10% son mujeres (28 personas adultas y 17 menores de 18 años).

- Educación

El Sector La Granja solo cuenta con un Centro de educación inicial.

- Salud

El Sector La Granja no cuenta con ningún centro de Atención de Primer Nivel.

- Servicios Básicos

El Sector La Granja cuenta con servicio de agua potable y desagüe a cargo de la EPS MARAÑON y servicio de energía eléctrica a cargo de la empresa ELECTRO ORIENTE S.A.

- **Infraestructura Física**

En el área de estudio predominan las viviendas de albañilería, viviendas fabricadas de adobe y madera con techos de calamina propensas a asentamientos.

- **Actividades productivas**

El área de influencia o la zona, está enmarcada dentro del área considerada en pobreza, cuya población se dedica prioritariamente a la pequeña y mediana agricultura, siendo los principales el cultivo de arroz, maíz.

- **Transporte**

En el Sector La Granja, se aprecia que las motos lineales y camionetas constituyen las unidades vehiculares más utilizadas.

- **Actividades Socio – Culturales**

Actualmente las actividades socio – culturales son restringidas debido a la falta apoyo de las autoridades provinciales. En el área de influencia del proyecto no se ubican zonas arqueológicas.

Figura 11

Vista panorámica del sector La Granja



Nota: La figura muestra a su lado derecho el sector La Granja, compuesto por viviendas de adobe y algunas de material noble, institución educativa inicial y el campo deportivo a nivel de terreno natural; mientras que, al lado izquierdo se observa la quebrada Tumbillán, como se puede apreciar no existe ningún tipo de defensa ribereña.

4.1.4. Determinación el área afectada por inundación en el año 2005 debido al desborde de la quebrada Tumbillán.

Tabla 14

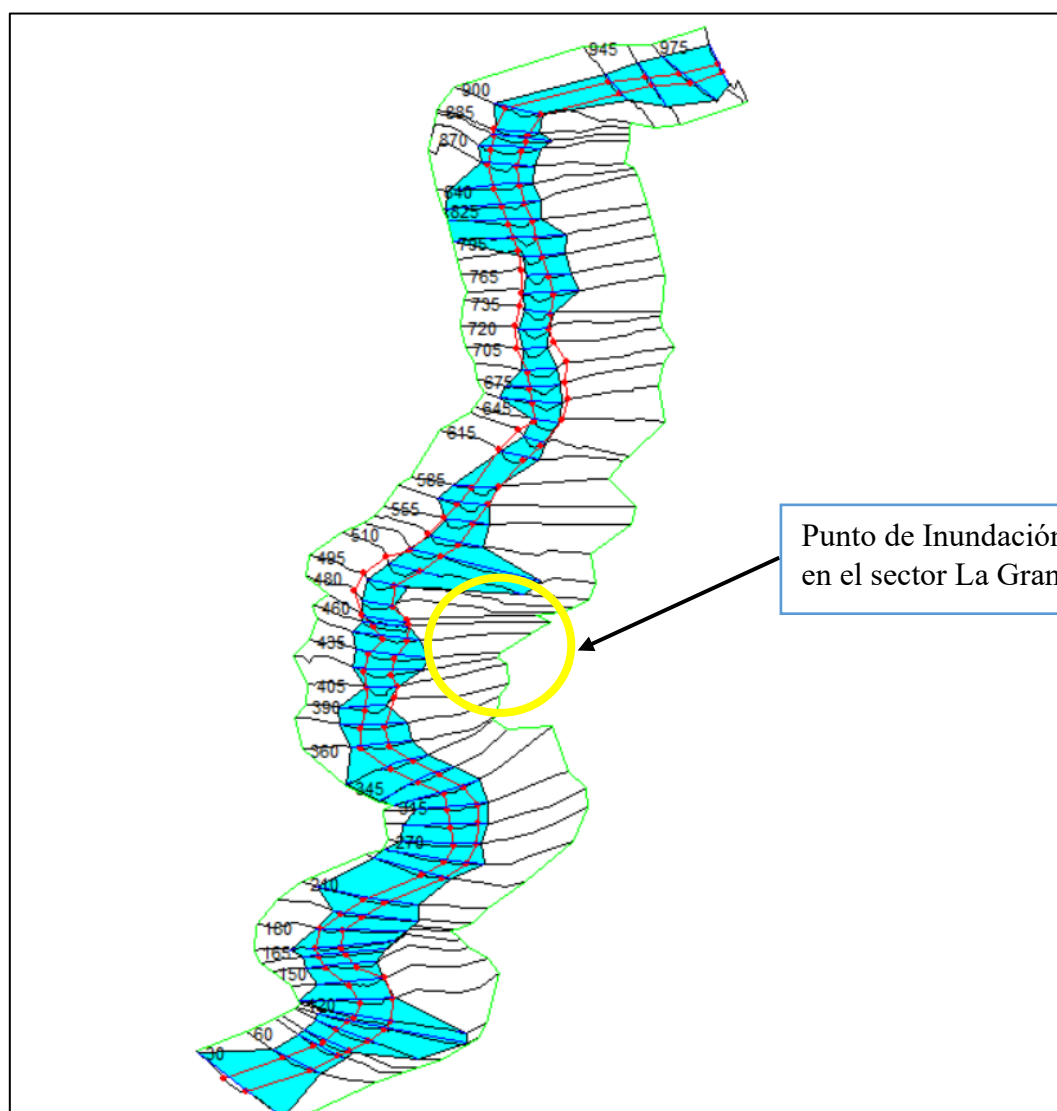
Caudales para el tiempo de retorno Estación Arial Tumbillán

Tr	C	Int.	Q (m3/s)
20	0.078	32.720	30.945

Nota. La tabla representa el caudal de flujo de agua para el tiempo de retorno de 20 años, en donde de acuerdo al tirante visto, es el que se estima que provoco inundación en la quebrada Tumbillán.

Figura 12

Simulación de la inundación producida en el año 2005



Nota. La figura muestra la simulación de la inundación producida hace 20 años, lo cual afecto una parte del sector, saliendo dicho cauce y llegando hasta su campo deportivo.

4.1.5. Determinación del caudal que ocasiona la inundación para los períodos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años.

4.1.5.1. Análisis Hidrológico

La información sobre las precipitaciones registradas en 24 horas en la zona de estudio se obtiene de tres estaciones meteorológicas (Chontalí, La Cascarilla y Jaén), Las estaciones miden las tormentas con pluviómetros con lecturas cada 24 horas.

Tabla 15

Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación Chontalí

Estación "A"												
Estación: Chontali						Lat.: 5° 38' "S"			Dpto.: Cajamarca			
Código: 000250 / Dz-02						Long.: 79° 5' "W"			Prov.: Jaén			
Param.: :Precip. Max. En 24 Horas (Mm)						Alt.: 1626.5 Msnm			Dist.: Chontalí			
Años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
2004	46.6	7.8	33.1	S/D	17.8	12.3	S/D	5.6	15.5	50.3	20.3	24.8
2005	34.4	47.3	41.9	66.3	25.8	15	4.3	5.8	29.1	23.8	32.6	33.3
2006	25.8	24.6	44.2	42	15.7	34.1	S/D	3.2	S/D	28	45.6	21.9
2007	17.2	10.7	34.8	28.7	20.7	22.7	13.3	10.8	4.6	37.9	51.6	20.8
2008	20.8	66.2	25.1	31.4	11.4	12.2	11.9	6.9	15	36.9	69.5	11.5
2009	49.5	20.2	48.2	42	27.4	17.3	15.2	10.2	12.4	22.3	20.2	25.8
2010	12.7	59.7	56.8	54.5	17.6	15.5	5.5	9.5	11.7	40	18.9	35.6
2011	44.9	54	41	52	17.4	104	14.8	4	44.4	19.2	27.4	35.5
2012	72.8	45.6	37.6	82.5	25.7	12.6	12.5	9.2	4	43.2	46.2	19.4
2013	17.9	33.6	34.1	8	33.7	12.6	38.8	22.8	11.7	31.1	19.5	21.4
2014	16.4	19.9	51.8	15.1	25.2	23.3	11.7	12.5	6.8	25	19.6	27.4
2015	45.5	29.5	63.2	12.4	56.6	5.5	18	11.2	28.7	8.2	11.7	14.8
2016	21.1	10.5	20.1	41.5	16.1	8	8.4	24.5	7.6	9.7	18.6	36.5
2017	27.4	35.9	72.1	46.1	21.6	20.4	8.4	18.8	15.3	48	12.5	24.8
2018	27.6	11.4	58.5	17.8	31.1	5.2	8	2.8	38	22	83.6	14.7
2019	23.9	52.8	57.7	S/D	13.6	18.5	46.3	10.6	5.5	19.8	60.3	42.6
2020	31.3	14.5	S/D	21	37.3	34.8	17.2	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2021	23.4	18.2	59.4	35.5	23.9	16.2	11.6	6.4	12.5	34.2	27.6	48.4
2022	38.4	15.8	103.1	34.1	22.1	52.3	19.4	8.7	10	69.7	49.6	54.4
2023	42.2	33.6	38.5	27	14.8	11.5	9.3	15	2.3	30.7	14.6	24.8

Nota. Datos tomados de la Oficina General de Estadística e Informática – SENAMHI.

Tabla 16

Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación La Cascarilla

Estación "B"												
Estación: La Cascarilla						Lat.: 5° 40' "S"			Dep.: Cajamarca			
Código: 000349 / Dz-02						Long.: 78° 53' "W"			Prov.: Jaén			
Param.: :Precip. Max.En 24 Horas (Mm)						Alt.: 1991 Msnm			Dist.: Jaén			
Años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
2004	72.7	25.3	27.7	29.1	49.7	24.5	12.4	12.2	28.6	30.3	45.3	45.6
2005	19.5	32.5	47.6	61.6	25.8	16.6	10.7	18.3	30.8	54	73.9	35.4
2006	45	47.7	39	33.3	S/D	S/D	3.3	8.3	S/D	41.1	S/D	50.4
2007	17.7	21.9	31.9	48.5	49.3	15.8	28.1	26	26.5	80.5	53.7	45.9
2008	36.9	67.9	41.8	20.2	42.6	34	28.4	17.3	8.2	52.5	38.3	5.2
2009	56.1	26.7	73.6	43.6	46.8	19.4	23.8	33	23.3	87.9	27.2	42.9
2010	23.8	50.2	17.7	66.7	17.7	14	3.8	11.4	14.2	38.3	15.6	36
2011	78.6	34.6	31.7	83	27.7	16.8	15.6	10.4	41.5	32	56	53.6
2012	70.3	49	67.3	61	17.7	25.1	27.4	12.6	8.2	27.7	40.5	47.7
2013	18.3	44.5	31.1	14.6	52.2	30	23.3	29	18.1	80.5	11	38.6
2014	25	40.1	58.7	23.1	90.2	24.6	8.8	12.3	14.1	29.3	33.3	28.1
2015	63.6	38	58.8	42	31.2	12.7	61.7	25.7	15.2	17.5	31	20.7
2016	S/D	23.5	S/D	62	25	14	S/D	23.7	33.4	12.8	55.2	37.6
2017	66.1	30.2	48.7	40	21	43.8	8.2	13.9	16.8	56	38.2	33.6
2018	41.2	58.8	25.7	23.2	56.8	15.9	10.9	17.4	7.1	83.7	65	17.4
2019	32.2	99.2	52.6	66.5	29.5	11.7	32.7	6.9	13	14.5	46.6	61.9
2020	47.9	49.7	S/D	28	35.7	36.3	12.4	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2021	71.2	26.2	43.7	33.4	26.5	19.6	16.4	9	31.3	48.9	101	33.5
2022	54	45.5	79.8	28	50.5	29.2	18.2	8.6	24.6	24	51.8	37.2
2023	31.5	78.7	49.1	42.6	17.4	22.2	12.6	12.9	8.4	20.5	32.5	58.4

Nota. Datos tomados de la Oficina General de Estadística e Informática – SENAMHI.

Tabla 17

Precipitaciones máximas en 24 horas – Estación Jaén

Estación "C"												
Estación: Jaén						Lat.: 5° 40' "S"			Dep.: Cajamarca			
Código: 153106 / Dz-02						Long.: 78° 46' "W"			Prov.: Jaén			
Param.: :Precip. Max. En 24 Horas (Mm)						Alt.: 618 Msnm			Dist.: Jaén			
Años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
2004	10.7	20	10.9	50.1	10.4	2.4	7.9	0	31.4	20.4	28.3	46.8
2005	4	50.2	40.2	20.9	9.4	3.2	0.1	10.3	11.6	12	10.2	22.7
2006	51.1	40.5	35.7	30.2	5.6	6.8	20.5	1.9	2.1	20.3	S/D	10.3
2007	47.2	S/D	44.9	21.8	16.5	1.1	3.1	7.8	S/D	45.6	60.7	26.4
2008	35.3	30.6	27.7	20.9	15.4	9.5	3.3	11.6	4	40.2	52.5	19.2
2009	53.1	17.7	28.9	25.3	3.5	2.8	3.1	8.1	2.5	39.7	11.7	20.4
2010	7.1	38	45.1	12.5	8.2	3.6	0.3	2.2	7.1	42.6	9.2	27.6
2011	20.6	23.4	25.4	30.4	15.8	0.6	3.3	0.8	9.2	31.8	22	23.1
2012	11.9	21	30.4	39.8	12.6	1.7	0.8	0.5	1	28.3	27.6	24.7
2013	15	12.7	28.2	6.1	47.5	1.3	1.5	13.9	2.4	20.4	28	14
2014	17	9.2	56.5	11.5	23.5	2.9	3.5	3.5	4.8	19.9	58.2	3.8
2015	21.9	S/D	29.3	14.1	15	0.4	3.4	0.5	0.4	5.4	26	6.8
2016	16.9	21.3	20.3	35.6	24	1.6	0.7	1.6	49.4	17.8	1.4	17.2
2017	9.3	5.8	39.7	S/D	33.1	1.5	0	25.3	13	14	12.5	16.2
2018	33.8	17.6	6.9	15.9	17.6	5.6	2.9	0.3	0.3	25.5	29.5	4
2019	14.5	26.6	41.3	34.4	18.3	0.9	20	1	7.9	47.5	36	25.3
2020	23.2	7.3	41.4	54.8	5.1	14.4	13.6	2.9	9	S/D	S/D	S/D
2021	73.3	25.9	26.5	53.3	69.1	32	9.8	11.5	0.2	1.2	46	26.7
2022	37.7	76.1	28.2	60.8	58.1	35.2	32.9	13	56.5	77.2	13.5	56.1
2023	67.4	51.8	16	30.2	54	28.3	21.9	31.3	16.9	60.4	43	13.2

Nota. Datos tomados de la Oficina General de Estadística e Informática – SENAMHI.

Se completaron los datos faltantes de las tres estaciones con el Método de Proporción Normal:

Proporción normal con estaciones vecinas

$$P_x = \frac{N_x}{n} \left(\frac{P_A}{N_A} + \frac{P_B}{N_B} \right) \dots \dots \dots (12)$$

Proporción con la misma estación

$$P_i = \frac{(\sum P_n) * Ni}{N} \dots \dots \dots (13)$$

Tabla 18

Información de precipitaciones con datos completos – Estación Chontalí

Estación "A"												
Estacion: Chontalí						Lat.: 5° 38' "S"			Dpto.: Cajamarca			
Código: 000250 / Dz-02						Long.: 79° 5' "W"			Prov.: Jaén			
Param.: :Precip. Max. En 24 Horas (Mm)						Alt.: 1626.5 Msnm			Dist.: Chontalí			
Años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
2004	46.6	7.8	33.1	43.10	17.8	12.3	14.10	5.6	15.5	50.3	20.3	24.8
2005	34.4	47.3	41.9	66.3	25.8	15	4.3	5.8	29.1	23.8	32.6	33.3
2006	25.8	24.6	44.2	42	15.7	34.1	21.83	3.2	14.60	28	45.6	21.9
2007	17.2	10.7	34.8	28.7	20.7	22.7	13.3	10.8	4.6	37.9	51.6	20.8
2008	20.8	66.2	25.1	31.4	11.4	12.2	11.9	6.9	15	36.9	69.5	11.5
2009	49.5	20.2	48.2	42	27.4	17.3	15.2	10.2	12.4	22.3	20.2	25.8
2010	12.7	59.7	56.8	54.5	17.6	15.5	5.5	9.5	11.7	40	18.9	35.6
2011	44.9	54	41	52	17.4	104	14.8	4	44.4	19.2	27.4	35.5
2012	72.8	45.6	37.6	82.5	25.7	12.6	12.5	9.2	4	43.2	46.2	19.4
2013	17.9	33.6	34.1	8	33.7	12.6	38.8	22.8	11.7	31.1	19.5	21.4
2014	16.4	19.9	51.8	15.1	25.2	23.3	11.7	12.5	6.8	25	19.6	27.4
2015	45.5	29.5	63.2	12.4	56.6	5.5	18	11.2	28.7	8.2	11.7	14.8
2016	21.1	10.5	20.1	41.5	16.1	8	8.4	24.5	7.6	9.7	18.6	36.5
2017	27.4	35.9	72.1	46.1	21.6	20.4	8.4	18.8	15.3	48	12.5	24.8
2018	27.6	11.4	58.5	17.8	31.1	5.2	8	2.8	38	22	83.6	14.7
2019	23.9	52.8	57.7	49.16	13.6	18.5	46.3	10.6	5.5	19.8	60.3	42.6
2020	31.3	14.5	23.56	21	37.3	34.8	17.2	5.08	7.43	15.34	16.62	13.77
2021	23.4	18.2	59.4	35.5	23.9	16.2	11.6	6.4	12.5	34.2	27.6	48.4
2022	38.4	15.8	103.1	34.1	22.1	52.3	19.4	8.7	10	69.7	49.6	54.4
2023	42.2	33.6	38.5	27	14.8	11.5	9.3	15	2.3	30.7	14.6	24.8
Suma	639.8	611.8	944.8	750.2	475.5	454.0	310.5	203.6	297.1	615.3	666.5	552.2
Prom.	32.0	30.6	47.2	37.5	23.8	22.7	15.5	10.2	14.9	30.8	33.3	27.6

Nota. Datos tomados de la Oficina General de Estadística e Informática – SENAMHI.

Tabla 19

Información de precipitaciones con datos completos – Estación La Cascarilla

Estación "B"												
Estación: La Cascarilla					Lat.: 5° 40' "S"				Dep.: Cajamarca			
Código: 000349 / Dz-02					Long.:78° 53' "W"				Prov.: Jaén			
Param.: :Precip. Max.En 24 Horas (Mm)					Alt.: 1991 Msnm				Dist.: Jaén			
Años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
2004	72.7	25.3	27.7	29.1	49.7	24.5	12.4	12.2	28.6	30.3	45.3	45.6
2005	19.5	32.5	47.6	61.6	25.8	16.6	10.7	18.3	30.8	54	73.9	35.4
2006	45	47.7	39	33.3	16.94	26.64	3.3	8.3	15.55	41.1	34.94	50.4
2007	17.7	21.9	31.9	48.5	49.3	15.8	28.1	26	26.5	80.5	53.7	45.9
2008	36.9	67.9	41.8	20.2	42.6	34	28.4	17.3	8.2	52.5	38.3	5.2
2009	56.1	26.7	73.6	43.6	46.8	19.4	23.8	33	23.3	87.9	27.2	42.9
2010	23.8	50.2	17.7	66.7	17.7	14	3.8	11.4	14.2	38.3	15.6	36
2011	78.6	34.6	31.7	83	27.7	16.8	15.6	10.4	41.5	32	56	53.6
2012	70.3	49	67.3	61	17.7	25.1	27.4	12.6	8.2	27.7	40.5	47.7
2013	18.3	44.5	31.1	14.6	52.2	30	23.3	29	18.1	80.5	11	38.6
2014	25	40.1	58.7	23.1	90.2	24.6	8.8	12.3	14.1	29.3	33.3	28.1
2015	63.6	38	58.8	42	31.2	12.7	61.7	25.7	15.2	17.5	31	20.7
2016	28.71	23.5	24.47	62	25	14	6.06	23.7	33.4	12.8	55.2	37.6
2017	66.1	30.2	48.7	40	21	43.8	8.2	13.9	16.8	56	38.2	33.6
2018	41.2	58.8	25.7	23.2	56.8	15.9	10.9	17.4	7.1	83.7	65	17.4
2019	32.2	99.2	52.6	66.5	29.5	11.7	32.7	6.9	13	14.5	46.6	61.9
2020	47.9	49.7	23.25	28	35.7	36.3	12.4	8.44	10.48	22.73	23.54	19.94
2021	71.2	26.2	43.7	33.4	26.5	19.6	16.4	9	31.3	48.9	101	33.5
2022	54	45.5	79.8	28	50.5	29.2	18.2	8.6	24.6	24	51.8	37.2
2023	31.5	78.7	49.1	42.6	17.4	22.2	12.6	12.9	8.4	20.5	32.5	58.4
Suma	900.3	890.2	874.2	850.4	730.2	452.8	364.8	317.3	389.3	854.7	874.6	749.6
Prom.	45.0	44.5	43.7	42.5	36.5	22.6	18.2	15.9	19.5	42.7	43.7	37.5

Nota. Datos tomados de la Oficina General de Estadística e Informática – SENAMHI.

Tabla 20*Información de precipitaciones con datos completos – Estación Jaén*

Estación "C"												
Estación: Jaén						Lat.: 5° 40' "S"			Dep.: Cajamarca			
Código: 153106 / Dz-02						Long.: 78° 46' "W"			Prov.: Jaén			
Param.: :Precip. Max. En 24 Horas (Mm)						Alt.: 618 Msnm			Dist.: Jaén			
Años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
2004	10.7	20	10.9	50.1	10.4	2.4	7.9	0	31.4	20.4	28.3	46.8
2005	4	50.2	40.2	20.9	9.4	3.2	0.1	10.3	11.6	12	10.2	22.7
2006	51.1	40.5	35.7	30.2	5.6	6.8	20.5	1.9	2.1	20.3	25.93	10.3
2007	47.2	11.59	44.9	21.8	16.5	1.1	3.1	7.8	9.76	45.6	60.7	26.4
2008	35.3	30.6	27.7	20.9	15.4	9.5	3.3	11.6	4	40.2	52.5	19.2
2009	53.1	17.7	28.9	25.3	3.5	2.8	3.1	8.1	2.5	39.7	11.7	20.4
2010	7.1	38	45.1	12.5	8.2	3.6	0.3	2.2	7.1	42.6	9.2	27.6
2011	20.6	23.4	25.4	30.4	15.8	0.6	3.3	0.8	9.2	31.8	22	23.1
2012	11.9	21	30.4	39.8	12.6	1.7	0.8	0.5	1	28.3	27.6	24.7
2013	15	12.7	28.2	6.1	47.5	1.3	1.5	13.9	2.4	20.4	28	14
2014	17	9.2	56.5	11.5	23.5	2.9	3.5	3.5	4.8	19.9	58.2	3.8
2015	21.9	25.03	29.3	14.1	15	0.4	3.4	0.5	0.4	5.4	26	6.8
2016	16.9	21.3	20.3	35.6	24	1.6	0.7	1.6	49.4	17.8	1.4	17.2
2017	9.3	5.8	39.7	32.95	33.1	1.5	0	25.3	13	14	12.5	16.2
2018	33.8	17.6	6.9	15.9	17.6	5.6	2.9	0.3	0.3	25.5	29.5	4
2019	14.5	26.6	41.3	34.4	18.3	0.9	20	1	7.9	47.5	36	25.3
2020	23.2	7.3	41.4	54.8	5.1	14.4	13.6	2.9	9	20.70	19.79	14.69
2021	73.3	25.9	26.5	53.3	69.1	32	9.8	11.5	0.2	1.2	46	26.7
2022	37.7	76.1	28.2	60.8	58.1	35.2	32.9	13	56.5	77.2	13.5	56.1
2023	67.4	51.8	16	30.2	54	28.3	21.9	31.3	16.9	60.4	43	13.2
Suma	571.0	532.3	623.5	601.5	462.7	155.8	152.6	148.0	239.5	590.9	562.0	419.2
Prom.	28.6	26.6	31.2	30.1	23.1	7.8	7.6	7.4	12.0	29.5	28.1	21.0

Nota. Datos tomados de la Oficina General de Estadística e Informática – SENAMHI.

De la información obtenida de las tres estaciones Meteorológicas se desarrolla una correlación precipitación / Altitud para así obtener una Estación Aerial de la cuenca Tumbillán por medio de las precipitaciones medias anuales y la altitud de cada estación.

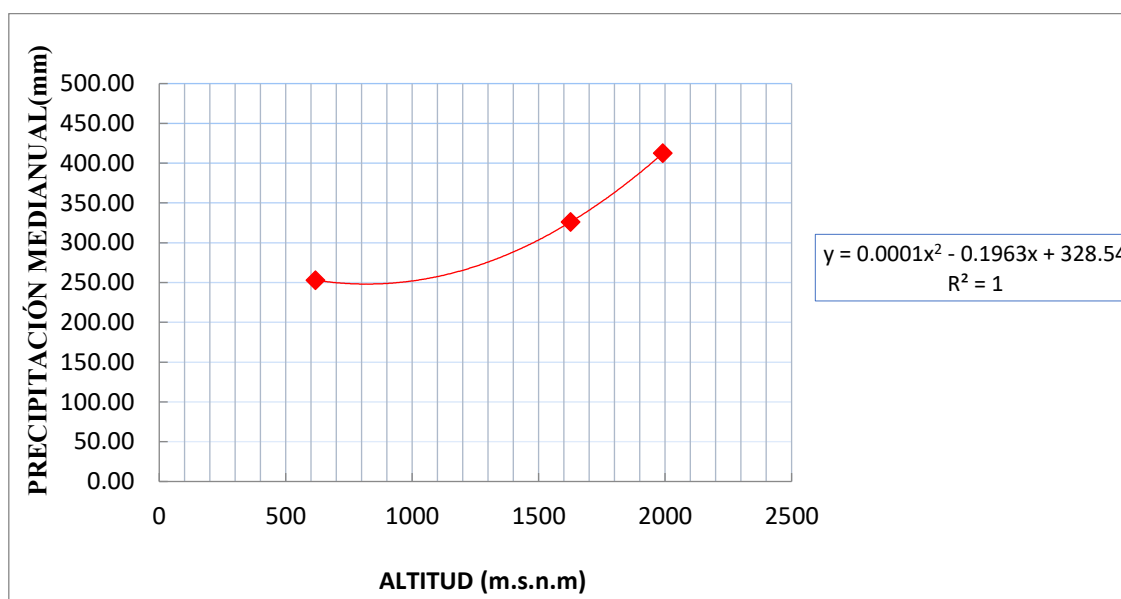
Tabla 21*Precipitación Media Anual*

Estación	Precip. Media Anual	Altitud (m.s.n.m)
Chontalí	326.06	1626.5
Las Cascarilla	412.43	1991.0
Jaén	252.95	618.0

Nota. La tabla muestra el resumen de las precipitaciones.

Figura 13

Análisis de regresión polinomial de 2° grado



Nota. La figura representa la forma que engloba las precipitaciones de las tres estaciones.

$$y = 0.0001x^2 - 0.1963x + 328.54 \dots \dots \dots (14)$$

Tabla 22

Factor de Correlación por altitud

Estación	Precip. Media Anual	Altitud (M.S.N.M)
Chontalí	273.81	1626.5
Tumbillán	248.58	1386.21

Nota. La tabla muestra cálculos para hallar el factor de correlación.

$$FC = \frac{Pa \text{ (Cuenca Tumbillan)}}{Pa \text{ (Cuenca Chontalí)}} = 0.91$$

Dicho factor de altitud es aplicado en cada dato de precipitación máxima en 24 horas de la estación Chontalí, obteniendo de esta manera la estación Arial Cuenca Tumbillán.

Tabla 23*Precipitación máxima en 24 horas – Estación Arial Tumbillán*

Estación: Cuenca Tumbillán						Lat.: 5° 38' "S"				Dpto.: Cajamarca				
Código:						Long.: 79° 5' "W"				Prov.: Jaén				
Param.: :Precip. Max. En 24 Horas (Mm)						Alt.: 1386.21 Msnm				Dist.: Jaén				
Años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	P. Anual	Max.
2004	42.3	7.1	30.1	39.1	16.2	11.2	12.8	5.1	14.1	45.7	18.4	22.5	264.5	45.7
2005	31.2	42.9	38.0	60.2	23.4	13.6	3.9	5.3	26.4	21.6	29.6	30.2	326.5	60.2
2006	23.4	22.3	40.1	38.1	14.3	31.0	19.8	2.9	13.3	25.4	41.4	19.9	291.9	41.4
2007	15.6	9.7	31.6	26.1	18.8	20.6	12.1	9.8	4.2	34.4	46.8	18.9	248.6	46.8
2008	18.9	60.1	22.8	28.5	10.3	11.1	10.8	6.3	13.6	33.5	63.1	10.4	289.4	63.1
2009	44.9	18.3	43.8	38.1	24.9	15.7	13.8	9.3	11.3	20.2	18.3	23.4	282.1	44.9
2010	11.5	54.2	51.6	49.5	16.0	14.1	5.0	8.6	10.6	36.3	17.2	32.3	306.9	54.2
2011	40.8	49.0	37.2	47.2	15.8	94.4	13.4	3.6	40.3	17.4	24.9	32.2	416.4	94.4
2012	66.1	41.4	34.1	74.9	23.3	11.4	11.3	8.4	3.6	39.2	41.9	17.6	373.4	74.9
2013	16.3	30.5	31.0	7.3	30.6	11.4	35.2	20.7	10.6	28.2	17.7	19.4	258.9	35.2
2014	14.9	18.1	47.0	13.7	22.9	21.2	10.6	11.3	6.2	22.7	17.8	24.9	231.2	47.0
2015	41.3	26.8	57.4	11.3	51.4	5.0	16.3	10.2	26.1	7.4	10.6	13.4	277.2	57.4
2016	19.2	9.5	18.2	37.7	14.6	7.3	7.6	22.2	6.9	8.8	16.9	33.1	202.1	37.7
2017	24.9	32.6	65.5	41.9	19.6	18.5	7.6	17.1	13.9	43.6	11.3	22.5	318.9	65.5
2018	25.1	10.3	53.1	16.2	28.2	4.7	7.3	2.5	34.5	20.0	75.9	13.3	291.2	75.9
2019	21.7	47.9	52.4	44.6	12.3	16.8	42.0	9.6	5.0	18.0	54.7	38.7	363.8	54.7
2020	28.4	13.2	21.4	19.1	33.9	31.6	15.6	4.6	6.7	13.9	15.1	12.5	216.0	33.9
2021	21.2	16.5	53.9	32.2	21.7	14.7	10.5	5.8	11.3	31.0	25.1	43.9	288.1	53.9
2022	34.9	14.3	93.6	31.0	20.1	47.5	17.6	7.9	9.1	63.3	45.0	49.4	433.6	93.6
2023	38.3	30.5	35.0	24.5	13.4	10.4	8.4	13.6	2.1	27.9	13.3	22.5	240.0	38.3

Nota. La tabla es el reajuste de precipitaciones de la estación más cercana para encontrar la estación Arial, que este caso sería la estación Tumbillán.

4.1.5.2. Análisis probabilístico

El análisis probabilístico se basa en los resultados estadísticos del inciso anterior. Por cada estación se probarán los modelos de distribución probabilística: normal, log normal, log normal de 2 parámetros, log normal de 3 parámetros y Gumbel. Desarrollando la Estación Tumbillán, se seleccionó como mejor modelo aquella distribución que tuviera el menor valor de la desviación estándar del error, procedimiento que se conoce como prueba de bondad de ajuste. El resultado del análisis probabilístico son las tormentas de diseño en 24 horas para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100 y 200 años, según la siguiente tabla:

Tabla 24

Análisis Probabilístico

Datos	P(X)	Probabilidades De Excedencia F(X)				Diferencia Delta D			
	Empírica	Normal	Ln2	Ln3	Gumbel	Normal	Ln2	Ln3	Gumbel
1	0.048	0.01510	0.02998	0.04305	0.053	0.033	0.018	0.005	0.0055
2	0.095	0.01694	0.03199	0.04515	0.056	0.078	0.063	0.050	0.0394
3	0.143	0.13044	0.12344	0.12880	0.157	0.012	0.019	0.014	0.0146
4	0.190	0.14275	0.13262	0.13670	0.167	0.048	0.058	0.054	0.0239
5	0.238	0.29591	0.25212	0.23886	0.278	0.058	0.014	0.001	0.0404
6	0.286	0.34339	0.29247	0.27389	0.314	0.058	0.007	0.012	0.0288
7	0.333	0.40532	0.34824	0.32326	0.363	0.072	0.015	0.010	0.0302
8	0.381	0.46770	0.40847	0.37813	0.416	0.087	0.028	0.003	0.0348
9	0.429	0.52681	0.46974	0.43595	0.469	0.098	0.041	0.007	0.0401
10	0.476	0.53901	0.48293	0.44868	0.480	0.063	0.007	0.028	0.0038
11	0.524	0.54509	0.48958	0.45515	0.486	0.021	0.034	0.069	0.0380
12	0.571	0.69214	0.66541	0.63741	0.639	0.121	0.094	0.066	0.0674
13	0.619	0.69573	0.67006	0.64255	0.643	0.077	0.051	0.024	0.0239
14	0.667	0.71858	0.70007	0.67619	0.670	0.052	0.033	0.010	0.0030
15	0.714	0.73222	0.71826	0.69697	0.686	0.018	0.004	0.017	0.0283
16	0.762	0.79361	0.80219	0.79625	0.763	0.032	0.040	0.034	0.0015
17	0.810	0.83961	0.86566	0.87417	0.825	0.030	0.056	0.065	0.0157
18	0.857	0.84818	0.87728	0.88847	0.837	0.009	0.020	0.031	0.0201
19	0.905	0.87834	0.91686	0.93615	0.879	0.026	0.012	0.031	0.0260
20	0.952	0.89315	0.93510	0.95678	0.899	0.059	0.017	0.004	0.0531
						0.12071	0.09398	0.06866	0.06738
						Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada
0.3041									

Nota. La tabla muestra el análisis estadístico, donde para cálculos posteriores se utiliza la de Gumbel por menor que la propuesta.

Los datos se ajustan a la función de Gumbel, siendo este dato 0.06738 menor a 0.3041. El resultado del análisis probabilístico son las tormentas de diseño en 24 horas para los diferentes periodos de retorno, según la siguiente tabla.

Tabla 25

Tormenta de diseño en 24 horas

Tr	P Excedido	P No Excedido	Valor Z	Y	X=Lni
20	0.05	0.95	1.644853627	4.48	87.92
25	0.04	0.96	1.750686071	4.51	90.77
50	0.02	0.98	2.053748911	4.60	99.47
100	0.01	0.99	2.326347874	4.68	108.01
200	0.005	0.995	2.575829304	4.76	116.46

Nota. La tabla muestra los cálculos de tormenta desde un TR 20 hasta un TR 200.

4.1.5.3. Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia se define como la precipitación registrada en un intervalo de tiempo y su valor varía durante el transcurso de la tormenta.

Tabla 26

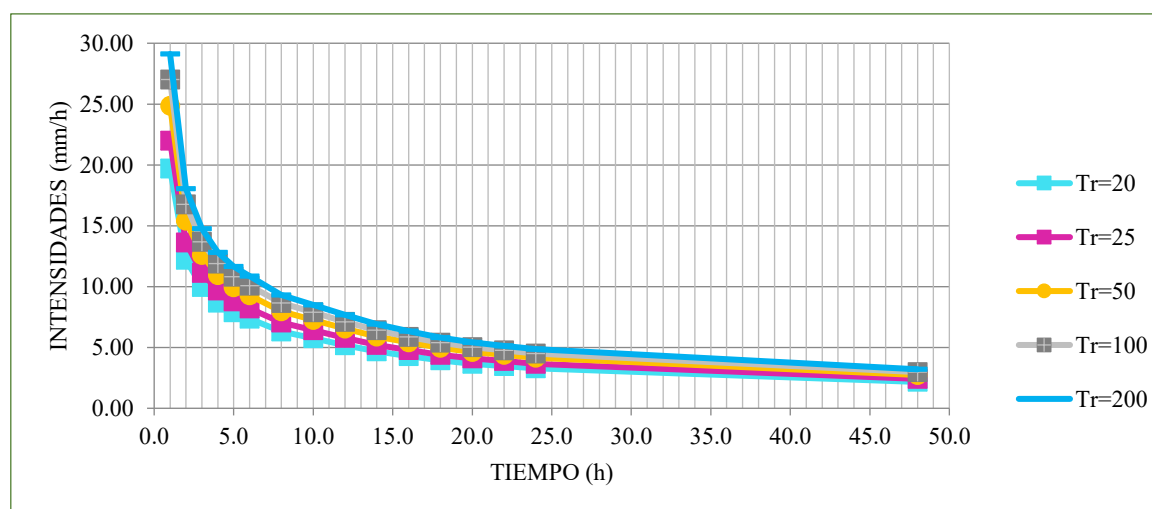
Intensidades Máximas (mm/h) – Estación Aerial Cuenca Tumbillán

Tr	P(mm)	Intensidades (mm/hora)															
		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	48.0
		0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.56	0.64	0.73	0.79	0.83	0.87	0.90	0.93	0.97	1.00	1.32
20	87.92	21.98	13.63	11.14	9.67	8.79	8.21	7.03	6.42	5.79	5.21	4.78	4.40	4.09	3.88	3.66	2.42
25	90.77	22.69	14.07	11.50	9.99	9.08	8.47	7.26	6.63	5.98	5.38	4.94	4.54	4.22	4.00	3.78	2.50
50	99.47	24.87	15.42	12.60	10.94	9.95	9.28	7.96	7.26	6.55	5.90	5.41	4.97	4.63	4.39	4.14	2.74
100	108.01	27.00	16.74	13.68	11.88	10.80	10.08	8.64	7.88	7.11	6.40	5.87	5.40	5.02	4.76	4.50	2.97
200	116.46	29.11	18.05	14.75	12.81	11.65	10.87	9.32	8.50	7.67	6.90	6.33	5.82	5.42	5.13	4.85	3.20

Nota. La tabla muestra intensidades máximas desde un tiempo de retorno de 20 años hasta 200 años.

Figura 14

Curva Intensidad – Duración – Frecuencia. Estación Tumbillán



Nota. La figura representa mediante una curva las duraciones de las intensidades.

Número Adimensional de Curvas (CN)

Para determinar los porcentajes de los usos de suelos se hizo el recorrido por la cuenca de la quebrada Tumbillán y se ha determinado los números de curvas para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana.

Tabla 27

Porcentaje de uso de suelos

Uso de suelo	Porcentaje
Bosque, con cubierta buena	40%
Pastizales o campo de animales en condiciones bueno	25%
Vegas de ríos y praderas en condiciones buenas	10%
Tierra cultivada sin tratamiento de conservación	15%

Nota. La tabla muestra porcentajes tomados respecto a la ubicación de la cuenca.

Veremos la clasificación del suelo y que porcentaje de estos tenemos.

Tabla 28

Clasificación del suelo

Grupo A:	Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.
Grupo B:	Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.
Grupo C:	Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa. con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenido de arcilla.
Grupo D:	Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos

Nota. Datos tomados de Soil Conservation Service.

Grupos hidrológicos:

A= 30%

B= 70%

Ahora calculamos el número adimensional de curvas (CN). Consideraremos condiciones húmedas, por lo que tendremos que utilizar las siguientes ecuaciones

$$CN (III) = \frac{23 CN (II)}{10 + 0.13CN (II)} \dots \dots \dots (16)$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \dots \dots \dots (17)$$

Tabla 29

Cálculo del número de curva

Uso de suelo	Grupo hidrológico de suelo					
	0.3 * A			0.7 * B		
	%	CN	Prod.	%	CN	Prod.
Bosques	12	25	3	28	66	10
Pastizales	7.5	68	5.1	17.5	79	13.825
Vegas de ríos y praderas	6	30	1.8	14	58	8.12
Tierra cultivada	4.5	62	2.79	10.5	71	7.455
	30	$\Sigma = 12.69$		70	$\Sigma = 39.4$	

Nota. La tabla muestra valores asignados respecto al número de curva de la cuenca.

El CN ponderado será entonces:

$$CN (II) = 52.09$$

Calculamos el CN (III)

$$CN (III) = \frac{23 CN (II)}{10 + 0.13 CN (II)} \dots \dots \dots (18)$$

$$CN (III) = 71.43$$

Calculamos S

$$S = \frac{1000}{CN (III)} - 10 \dots \dots \dots (19)$$

$$S = 4.00 \text{ pulg} = 101.57 \text{ mm}$$

4.1.5.4. Estimación de caudales

Para la estimación de caudales se usó el Método Racional Modificado. Para poder aplicar el método, se ha determinado:

Tiempo de Concentración (Tc)

$$Tc = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76} \dots \dots \dots (20)$$

Coefficiente de Uniformidad (K)

$$K = 1 + \frac{Tc^{1.25}}{Tc^{1.25} + 14} \dots \dots \dots (21)$$

$$K = 1.06474$$

Coefficiente de simulación o factor reductor (Ka)

$$Ka = 1 - \left(\frac{\log_{10} A}{15} \right) \dots \dots \dots (22)$$

$$Ka = 0.892459$$

Precipitación máxima corregida sobre la cuenca

$$P = K_A * P_d \dots \dots \dots (23)$$

Tabla 30

Precipitación máxima corregida

<i>Tr</i>	<i>Precip. LN2</i>	<i>P corregida</i>
20	78.785	70.31
25	87.920	78.46
50	99.473	88.78
100	108.007	96.39
200	116.458	103.93

Nota. La tabla muestra los valores corregidos de precipitaciones de la estación Arial de la cuenca Tumbillán.

Intensidad de precipitación

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) * (11)^{\frac{28^{0.1} - TC^{0.1}}{28^{0.1} - 1}} \dots \dots \dots (24)$$

Tabla 31

Intensidad Precipitación

<i>Tr</i>	<i>P corregida</i>	<i>Int.</i>
20	70.31	32.720
25	78.46	36.514
50	88.78	41.312
100	96.39	44.857
200	103.93	48.366

Nota. La tabla muestra los valores de intensidad de la estación Arial de la cuenca Tumbillán.

Coefficiente de escorrentía

$$C = \frac{(P_d - P_o) * (P_d + 23 * P_o)}{(P_d + 11 * P_o)^2} \dots \dots \dots (25)$$

$$CN = 52.09$$

$$PO = \frac{500}{CN} - 49 = 46.99$$

Tabla 32*Coefficiente de escorrentía*

Tr	P corregida	C
20	70.312	0.0779
25	78.465	0.1030
50	88.776	0.1332
100	96.392	0.1546
200	103.934	0.1750

Nota. La tabla muestra los coeficientes de escorrentía de la estación Aerial de la cuenca Tumbillán.

$$= 0.278 \text{ CIAK} \dots \dots \dots (26)$$

$$A = 41.032 \text{ km}^2$$

$$K = 1.06474$$

Tabla 33*Caudales en diferentes tiempos de retorno Estación Aerial Tumbillán*

Tr	C	Int.	Q (m3/s)
25	0.103	36.514	45.656
50	0.133	41.312	66.815
100	0.155	44.857	84.243
200	0.175	48.366	102.827

Nota. La tabla representa el caudal de flujo de agua para diferentes tiempos de retorno de la Estación Tumbillán.

4.1.6. Determinación de las áreas inundables por desborde de la quebrada Tumbillán debido a caudales para los períodos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años, para proponer una alternativa de solución.

4.1.6.1. Coeficiente de Rugosidad de Manning en el cauce

A partir del reconocimiento de varios factores primordiales que afectan el coeficiente de rugosidad, Cowan desarrollo un procedimiento para estimar el valor de n mediante la siguiente ecuación:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m_5 \dots \dots \dots (27)$$

Donde n_0 es un valor básico para un canal recto, uniforme y liso en los materiales naturales involucrados, n_1 es un valor que se usa para corregir el efecto de las rugosidades

superficiales, n_2 considera las variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del canal, n_3 considera las obstrucciones, n_4 considera la vegetación y las condiciones de flujo y m_5 es un factor de corrección de los efectos por meandros en el canal.

Tabla 34

Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante la ecuación (27)

condiciones del canal			Valores
Material involucrado	Tierra	n0	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	n1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n2	0.000
	Ocasionalmente altamente		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010 - 0.015
	Insignificante		0.000
Efecto relativo de las obstrucciones	Menor	n3	0.010 - 0.015
	Apreciable		0.020 - 0.030
	Severo		0.040 - 0.060
	Baja		0.005 - 0.010
Vegetación	Media	n4	0.010 - 0.025
	Alta		0.025 - 0.050
	Muy alta		0.050 - 0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	m5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Nota. Datos tomados de Hidráulica de canales abiertos (Chow, 2004)

Tabla 35

Coeficiente Manning en el cauce de la quebrada Tumbillán

Condiciones del canal			Valores
Material involucrado	Grava gruesa	n0	0.028
Grado de irregularidad	Menor	n1	0.005
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n2	0.000
Efecto relativo de las obstrucciones	Menor	n3	0.015
Vegetación	Baja	n4	0.010
Grado de los efectos por meandros	Menor	m5	1.000
valor de n			0.058

Nota. La tabla muestra el coeficiente de Manning calculado de acuerdo a parámetros.

Tabla 36*Coefficiente de Manning para el margen izquierdo de la quebrada Tumbillán*

Condiciones del canal			Valores
Material involucrado	Tierra	n0	0.020
Grado de irregularidad	Menor	n1	0.005
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n2	0.000
Efecto relativo de las obstrucciones	Menor	n3	0.011
Vegetación	Baja	n4	0.005
Grado de los efectos por meandros	Menor	m5	1.000
valor de n			0.041

Nota. La tabla muestra el coeficiente de Manning calculado de acuerdo a parámetros.

Tabla 37*Coefficiente de Manning para el margen derecho de la quebrada Tumbillán*

Condiciones del canal			Valores
Material involucrado	Tierra	n0	0.020
Grado de irregularidad	Menor	n1	0.005
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n2	0.000
Efecto relativo de las obstrucciones	Menor	n3	0.011
Vegetación	Baja	n4	0.005
Grado de los efectos por meandros	Menor	m5	1.000
valor de n			0.041

Nota. La tabla muestra el coeficiente de Manning calculado de acuerdo a parámetros.

Figura 15*Valores de coeficiente de rugosidad de Manning ingresados en HEC-RAS*

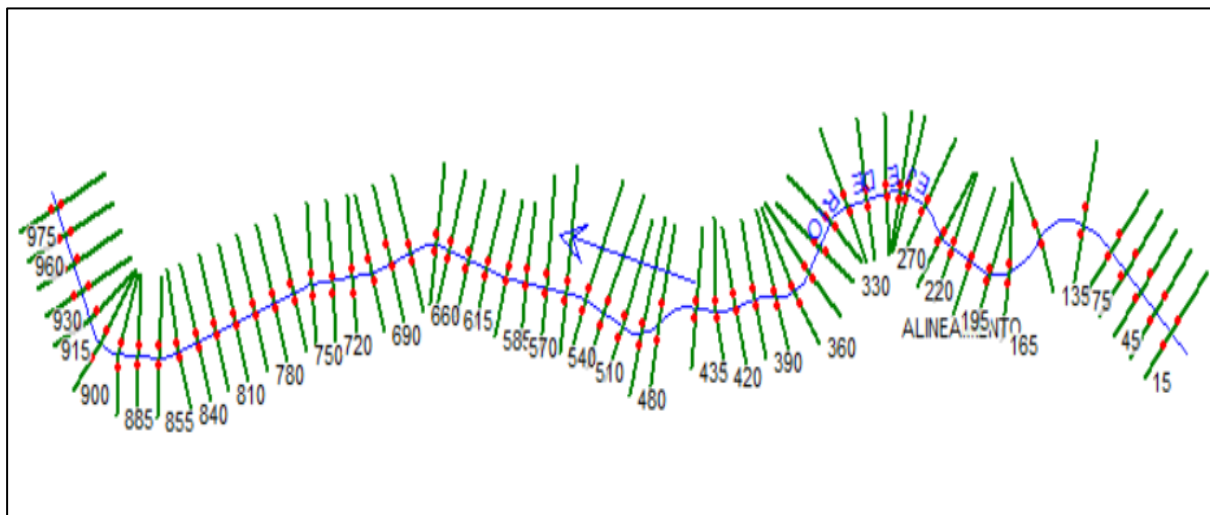
	River Station	Frctn (n/k)	n #1	n #2	n #3
1	990	n	0.041	0.058	0.041
2	975	n	0.041	0.058	0.041
3	960	n	0.041	0.058	0.041
4	945	n	0.041	0.058	0.041
5	900	n	0.041	0.058	0.041
6	885	n	0.041	0.058	0.041
7	880	n	0.041	0.058	0.041
8	870	n	0.041	0.058	0.041
9	855	n	0.041	0.058	0.041
10	840	n	0.041	0.058	0.041
11	825	n	0.041	0.058	0.041
12	810	n	0.041	0.058	0.041
13	795	n	0.041	0.058	0.041
14	780	n	0.041	0.058	0.041
15	765	n	0.041	0.058	0.041
16	750	n	0.041	0.058	0.041
17	735	n	0.041	0.058	0.041
18	720	n	0.041	0.058	0.041
19	705	n	0.041	0.058	0.041
20	690	n	0.041	0.058	0.041
21	675	n	0.041	0.058	0.041
22	660	n	0.041	0.058	0.041
23	645	n	0.041	0.058	0.041
24	630	n	0.041	0.058	0.041
25	615	n	0.041	0.058	0.041
26	585	n	0.041	0.058	0.041
27	570	n	0.041	0.058	0.041
28	555	n	0.041	0.058	0.041

Nota. La figura representa los valores de Manning calculados anteriormente que son ingresados al programa HEC-RAS.

Geometría del cauce en estudio

Figura 16

Tramo de la quebrada Tumbillán



Nota. La figura representa las secciones del tramo de la quebrada Tumbillán cada 15m.

Figura 17

Datos de los caudales para el TR= 20 años

Description : Apply Data

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max): Reach Boundary Conditions ...

Locations of Flow Data Changes

River: Add Multiple...

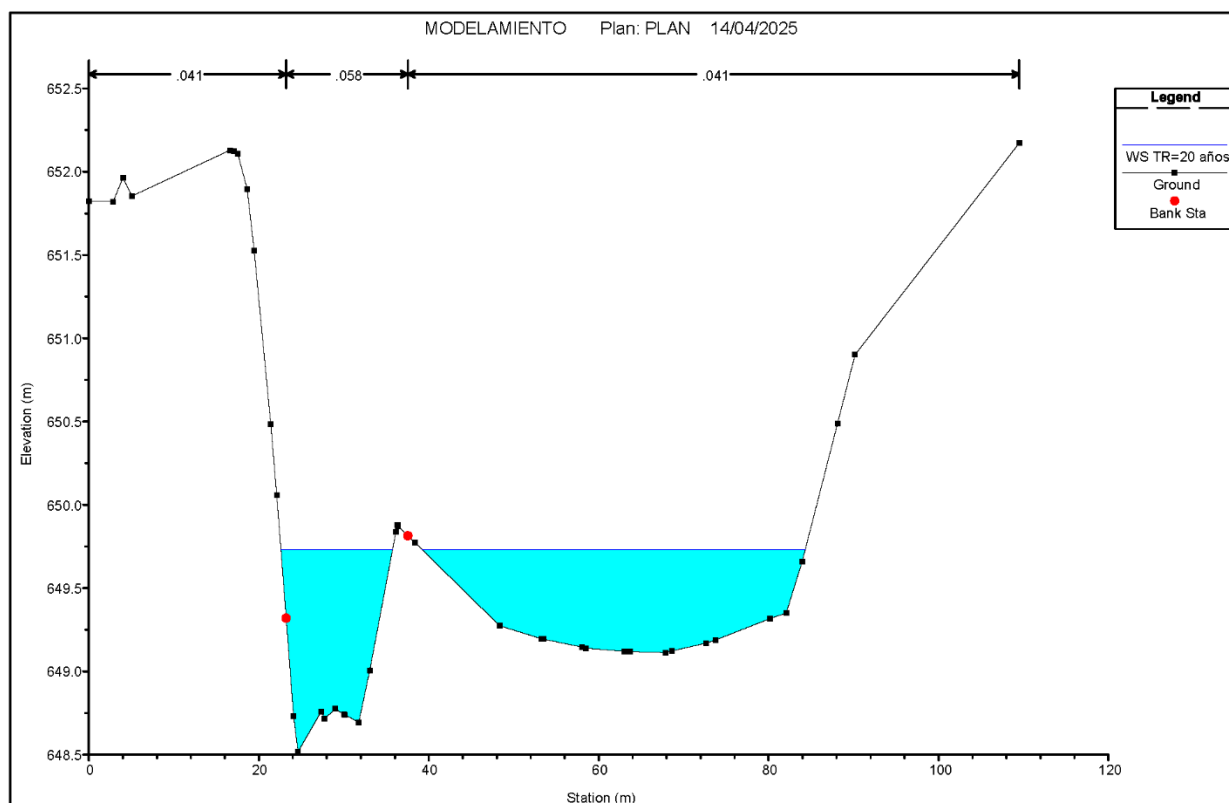
Reach: River Sta.: Add A Flow Change Location

Flow Change Location				Profile Names and Flow Rates	
	River	Reach	RS	TR=20 años	
1	EJE DE RIO	Aligmento	990	30.945	

Nota. La figura representa los caudales ingresados al programa para los tiempos de retorno.

Figura 18

Nivel de agua en secciones críticas para un TR= 20 años



Nota. La figura muestra una sección muy extensa, donde el margen derecho abarca la inundación provocada en el año 2005, con un caudal 30.945m³/s en un TR de 20 años.

Tabla 38

Resultados del modelamiento HEC-RAS Sección 525

Q. Tumbillán RS: 525 Profile: TR= 20 años					
E.G. Elev (m)	649.78	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.05	Wt. n-Val.	0.041	0.058	0.041
W.S. Elev (m)	649.73	Reach Len. (m)	14.8	15	14.56
Crit W.S. (m)		Flow Area (m ²)	0.13	10.71	20.93
E.G. Slope (m/m)	0.004341	Area (m ²)	0.13	10.71	20.93
Q Total (m ³ /s)	30.94	Flow (m ³ /s)	0.06	10.75	20.13
Top Width (m)	58.29	Top Width (m)	0.62	12.54	45.14
Vel Total (m/s)	0.97	Avg. Vel. (m/s)	0.5	1	0.96
Max Chl Dpth (m)	1.22	Hydr. Depth (m)	0.21	0.85	0.46
Conv. Total (m ³ /s)	469.7	Conv. (m ³ /s)	1	163.1	305.6
Length Wtd. (m)	14.85	Wetted Per. (m)	0.74	12.91	45.18
Min Ch El (m)	648.52	Shear (N/m ²)	7.31	35.33	19.72
Alpha	1	Stream Power (N/m s)	3.63	35.45	18.97
Frctn Loss (m)	0.1	Cum Volume (1000 m ³)	1.77	4.74	1.52
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m ²)	5.33	6.02	4.4

Nota. La tabla muestra los resultados de la progresiva 0+525.00

4.1.6.2. Identificación de las áreas de inundación ante máximas avenidas para los periodos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años sin defensas ribereñas

Figura 19

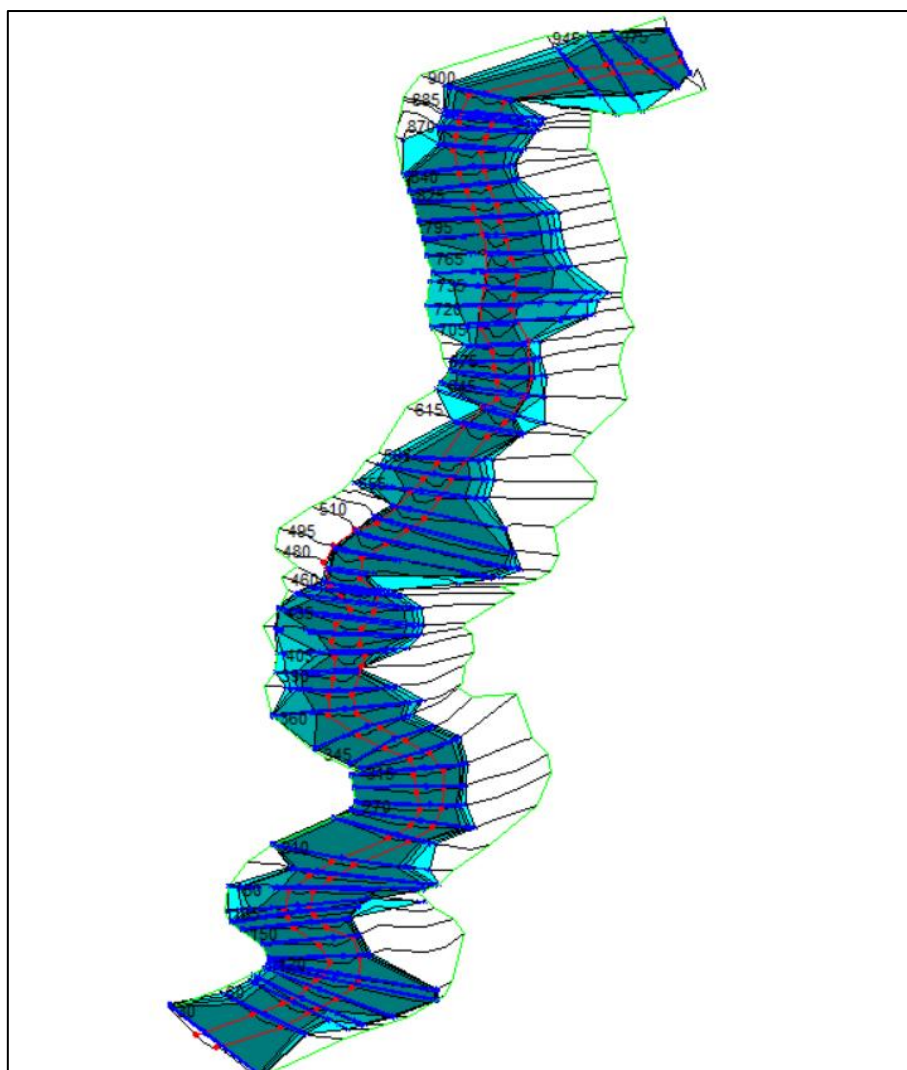
Datos de los caudales para el TR= 25, 50, 100 y 200 años

Locations of Flow Data Changes							
River:	EJE DE RIO			Add Multiple...			
Reach:	Alignmentto			River Sta.:	990		
					Add A Flow Change Location		
Flow Change Location				Profile Names and			
	River	Reach	RS	TR=25 años	TR=50 años	TR=100 años	TR=200 años
1	EJE DE RIO	Alignmentto	990	45.656	66.851	84.243	102.827

Nota. La figura representa los caudales ingresados al programa para los tiempos de retorno.

Figura 20

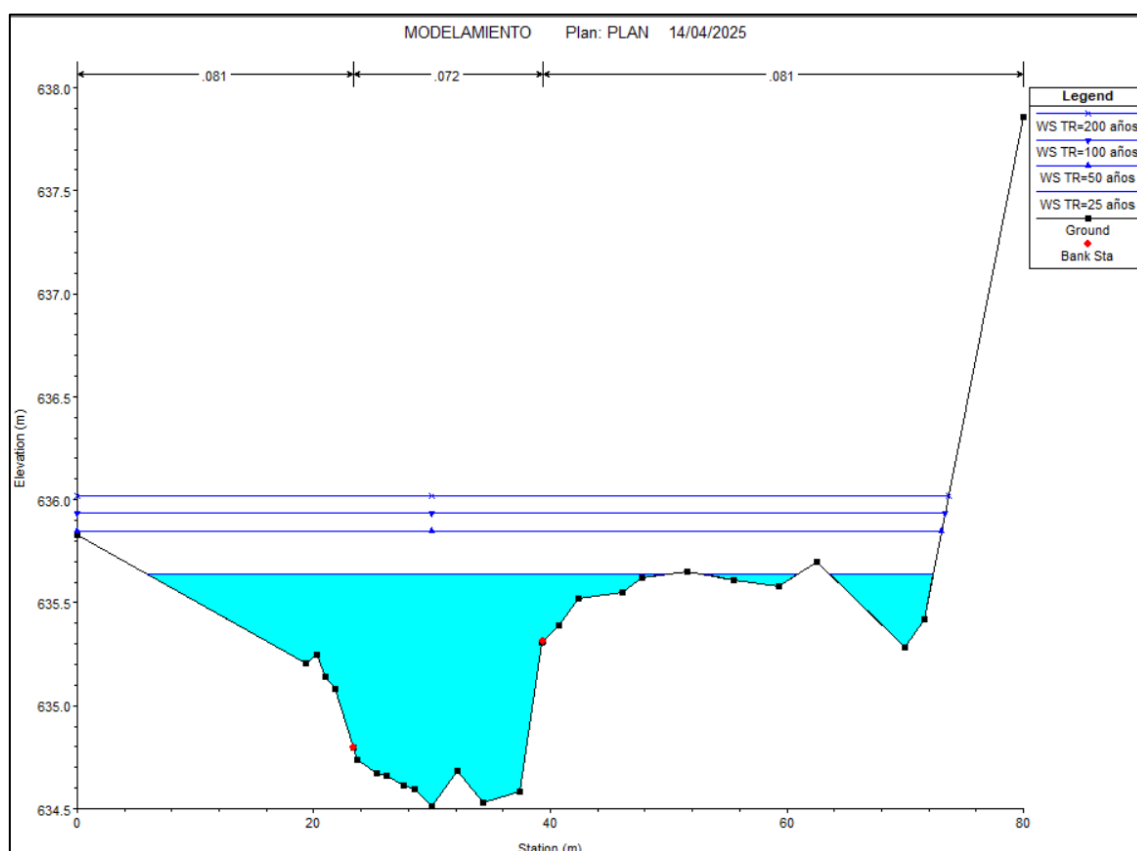
Simulación de inundación para los tiempos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años



Nota. La figura representa la simulación hidráulica en HECRAS-2D para un tiempo de retorno de 25, 50, 100 y 200 años.

Figura 21

Sección 105 de la quebrada Tumbillán



Nota. La figura muestra una sección muy extensa, donde el margen derecho ha ganado más afluencia hacia una posible salida de cauce, provocando inundación, donde para un caudal dese TR de 25 años, para los demás tiempos de retorno se producen inundación en ambas márgenes.

Tabla 39

Resultados del modelamiento HEC-RAS Sección 105

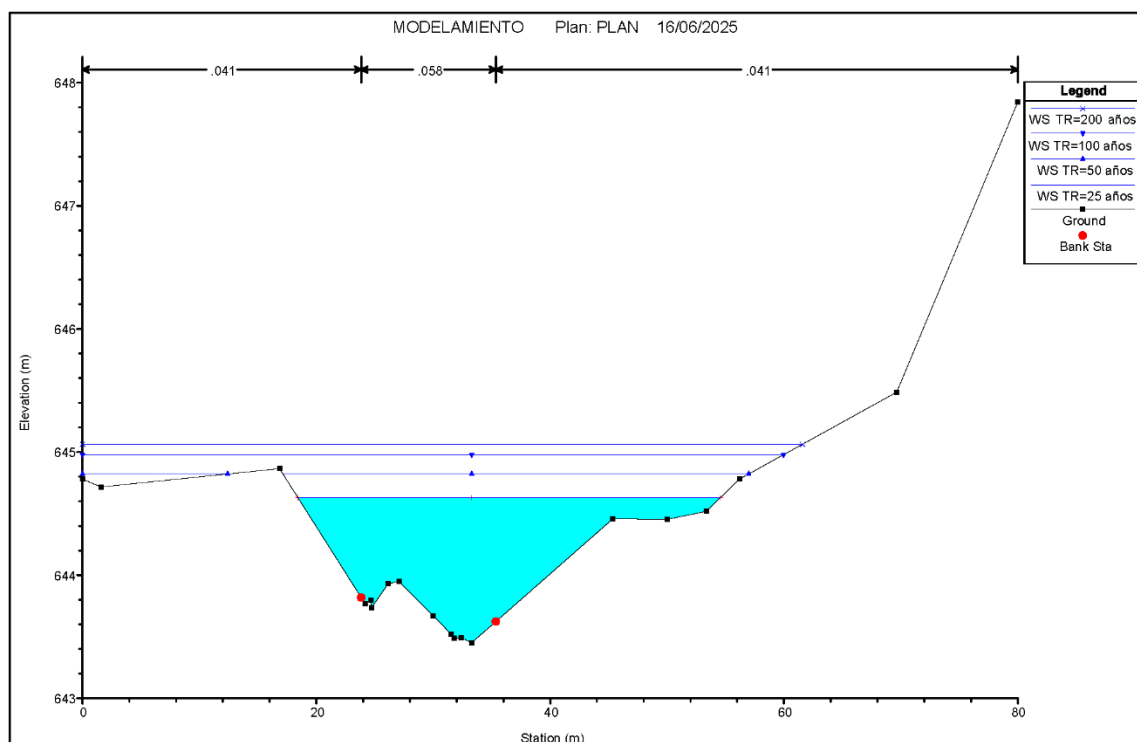
Q. Tumbillán RS: 105 Profile: TR= 25 años					
E.G. Elev (m)	635.86	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.24	Wt. n-Val.	0.041	0.058	0.041
W.S. Elev (m)	635.62	Reach Len. (m)	4.49	5	5.74
Crit W.S. (m)	635.62	Flow Area (m2)	4.82	15.49	2.68
E.G. Slope (m/m)	0.019302	Area (m2)	4.82	15.49	2.68
Q Total (m3/s)	45.66	Flow (m3/s)	7.05	36.07	2.54
Top Width (m)	55.75	Top Width (m)	16.95	16	22.8
Vel Total (m/s)	1.99	Avg. Vel. (m/s)	1.46	2.33	0.95
Max Chl Dpth (m)	1.11	Hydr. Depth (m)	0.28	0.97	0.12
Conv. Total (m3/s)	328.6	Conv. (m3/s)	50.7	259.6	18.3
Length Wtd. (m)	5.16	Wetted Per. (m)	17	16.16	22.85
Min Ch El (m)	634.51	Shear (N/m2)	53.68	181.41	22.16
Alpha	1.18	Stream Power (N/m s)	78.51	422.43	21.04
Frctn Loss (m)	0.05	Cum Volume (1000 m3)	0.45	1.22	0.43

C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)	1.02	1.27	1.55
Q. Tumbillán RS: 105 Profile: TR = 50 años					
E.G. Elev (m)	636.02	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.22	Wt. n-Val.	0.041	0.058	0.041
W.S. Elev (m)	635.8	Reach Len. (m)	4.49	5	5.74
Crit W.S. (m)	635.8	Flow Area (m2)	8.33	18.34	8.36
E.G. Slope (m/m)	0.015969	Area (m2)	8.33	18.34	8.36
Q Total (m3/s)	66.85	Flow (m3/s)	13.21	43.46	10.18
Top Width (m)	72.11	Top Width (m)	22.52	16	33.59
Vel Total (m/s)	1.91	Avg. Vel. (m/s)	1.59	2.37	1.22
Max Chl Dpth (m)	1.29	Hydr. Depth (m)	0.37	1.15	0.25
Conv. Total (m3/s)	529	Conv. (m3/s)	104.6	343.9	80.6
Length Wtd. (m)	5.18	Wetted Per. (m)	22.57	16.16	33.67
Min Ch El (m)	634.51	Shear (N/m2)	57.81	177.67	38.88
Alpha	1.2	Stream Power (N/m s)	91.69	421.1	47.34
Frctn Loss (m)	0.04	Cum Volume (1000 m3)	0.65	1.44	0.71
C & E Loss (m)	0.04	Cum SA (1000 m2)	1.2	1.27	1.76
Q. Tumbillán RS: 105 Profile: TR = 100 años					
E.G. Elev (m)	636.13	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.25	Wt. n-Val.	0.041	0.058	0.041
W.S. Elev (m)	635.88	Reach Len. (m)	4.49	5	5.74
Crit W.S. (m)	635.88	Flow Area (m2)	10.22	19.64	11.11
E.G. Slope (m/m)	0.016414	Area (m2)	10.22	19.64	11.11
Q Total (m3/s)	84.24	Flow (m3/s)	18.36	49.4	16.48
Top Width (m)	73.23	Top Width (m)	23.36	16	33.87
Vel Total (m/s)	2.06	Avg. Vel. (m/s)	1.8	2.52	1.48
Max Chl Dpth (m)	1.37	Hydr. Depth (m)	0.44	1.23	0.33
Conv. Total (m3/s)	657.6	Conv. (m3/s)	143.3	385.6	128.6
Length Wtd. (m)	5.19	Wetted Per. (m)	23.46	16.16	33.96
Min Ch El (m)	634.51	Shear (N/m2)	70.14	195.61	52.65
Alpha	1.15	Stream Power (N/m s)	125.96	492.04	78.09
Frctn Loss (m)	0.05	Cum Volume (1000 m3)	0.81	1.61	0.93
C & E Loss (m)	0.04	Cum SA (1000 m2)	1.32	1.27	1.96
Q. Tumbillán RS: 105 Profile: TR = 200 años					
E.G. Elev (m)	636.23	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.28	Wt. n-Val.	0.041	0.058	0.041
W.S. Elev (m)	635.95	Reach Len. (m)	4.49	5	5.74
Crit W.S. (m)	635.95	Flow Area (m2)	11.83	20.74	13.44
E.G. Slope (m/m)	0.017355	Area (m2)	11.83	20.74	13.44
Q Total (m3/s)	102.83	Flow (m3/s)	24.03	55.63	23.17
Top Width (m)	73.47	Top Width (m)	23.36	16	34.11
Vel Total (m/s)	2.23	Avg. Vel. (m/s)	2.03	2.68	1.72
Max Chl Dpth (m)	1.44	Hydr. Depth (m)	0.51	1.3	0.39
Conv. Total (m3/s)	780.5	Conv. (m3/s)	182.4	422.2	175.9
Length Wtd. (m)	5.19	Wetted Per. (m)	23.53	16.16	34.21
Min Ch El (m)	634.51	Shear (N/m2)	85.55	218.4	66.88
Alpha	1.11	Stream Power (N/m s)	173.78	585.8	115.3
Frctn Loss (m)	0.05	Cum Volume (1000 m3)	0.97	1.75	1.15
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)	1.41	1.27	2.09

Nota. La figura muestra la tabla de resultados de la progresiva 0+105.00

Figura 22

Sección 360 de la quebrada Tumbillán



Nota. La figura representa el cauce de agua para los tiempos de retorno, en dicha figura la sección de la quebrada afecta en todos los tiempos de retorno para el margen izquierdo, ya que por dicha margen de la sección son terrenos utilizados para sembríos de arroz y los bordes no son los suficientes ante cauces de gran magnitud, produciendo desborde.

Tabla 40

Resultados del modelamiento HEC-RAS Sección 360

Q. Tumbillán RS: 360 Profile: TR= 25 años					
E.G. Elev (m)	644.9	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.27	Wt. n-Val.	0.041	0.058	0.041
W.S. Elev (m)	644.63	Reach Len. (m)	17.83	15	13.69
Crit W.S. (m)	644.63	Flow Area (m2)	2.2	10.8	7.26
E.G. Slope (m/m)	0.023271	Area (m2)	2.2	10.8	7.26
Q Total (m3/s)	45.66	Flow (m3/s)	4.47	27.08	14.11
Top Width (m)	36.15	Top Width (m)	5.43	11.52	19.2
Vel Total (m/s)	2.25	Avg. Vel. (m/s)	2.03	2.51	1.94
Max Chl Dpth (m)	1.18	Hydr. Depth (m)	0.41	0.94	0.38
Conv. Total (m3/s)	299.3	Conv. (m3/s)	29.3	177.5	92.5
Length Wtd. (m)	15.16	Wetted Per. (m)	5.49	11.59	19.24
Min Ch El (m)	643.45	Shear (N/m2)	91.67	212.53	86.13
Alpha	1.04	Stream Power (N/m s)	185.69	533.1	167.38
Frctn Loss (m)	0.35	Cum Volume (1000 m3)	2.31	3.52	1.6
C & E Loss (m)	0	Cum SA (1000 m2)	5.73	4.06	4.41
Q. Tumbillán RS: 360 Profile: TR= 50 años					
E.G. Elev (m)	645.12	Element	Left OB	Channel	Right OB

Vel Head (m)	0.3	Wt. n-Val.	0.041	0.058	0.041
W.S. Elev (m)	644.82	Reach Len. (m)	17.83	15	13.69
Crit W.S. (m)	644.82	Flow Area (m2)	4.05	13	11.15
E.G. Slope (m/m)	0.020195	Area (m2)	4.05	13	11.15
Q Total (m3/s)	66.85	Flow (m3/s)	7.66	34.39	24.81
Top Width (m)	52.24	Top Width (m)	19.11	11.52	21.61
Vel Total (m/s)	2.37	Avg. Vel. (m/s)	1.89	2.64	2.23
Max Chl Dpth (m)	1.37	Hydr. Depth (m)	0.21	1.13	0.52
Conv. Total (m3/s)	470.4	Conv. (m3/s)	53.9	242	174.6
Length Wtd. (m)	15.2	Wetted Per. (m)	19.23	11.59	21.66
Min Ch El (m)	643.45	Shear (N/m2)	41.72	222.13	101.9
Alpha	1.04	Stream Power (N/m s)	78.86	587.52	226.81
Frctn Loss (m)	0.31	Cum Volume (1000 m3)	3.33	4.2	2.4
C & E Loss (m)	0	Cum SA (1000 m2)	6.61	4.06	5.2

Q. Tumbillán RS: 360 Profile: TR= 100 años

E.G. Elev (m)	645.27	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.29	Wt. n-Val.	0.041	0.058	0.041
W.S. Elev (m)	644.98	Reach Len. (m)	17.83	15	13.69
Crit W.S. (m)	644.98	Flow Area (m2)	7.68	14.8	14.76
E.G. Slope (m/m)	0.017128	Area (m2)	7.68	14.8	14.76
Q Total (m3/s)	84.24	Flow (m3/s)	11.44	39.32	33.48
Top Width (m)	59.96	Top Width (m)	23.84	11.52	24.6
Vel Total (m/s)	2.26	Avg. Vel. (m/s)	1.49	2.66	2.27
Max Chl Dpth (m)	1.53	Hydr. Depth (m)	0.32	1.29	0.6
Conv. Total (m3/s)	643.7	Conv. (m3/s)	87.4	300.5	255.8
Length Wtd. (m)	15.24	Wetted Per. (m)	24.12	11.59	24.65
Min Ch El (m)	643.45	Shear (N/m2)	53.5	214.53	100.6
Alpha	1.1	Stream Power (N/m s)	79.64	569.87	228.15
Frctn Loss (m)	0.27	Cum Volume (1000 m3)	4.09	4.67	3.04
C & E Loss (m)	0	Cum SA (1000 m2)	6.98	4.06	5.85

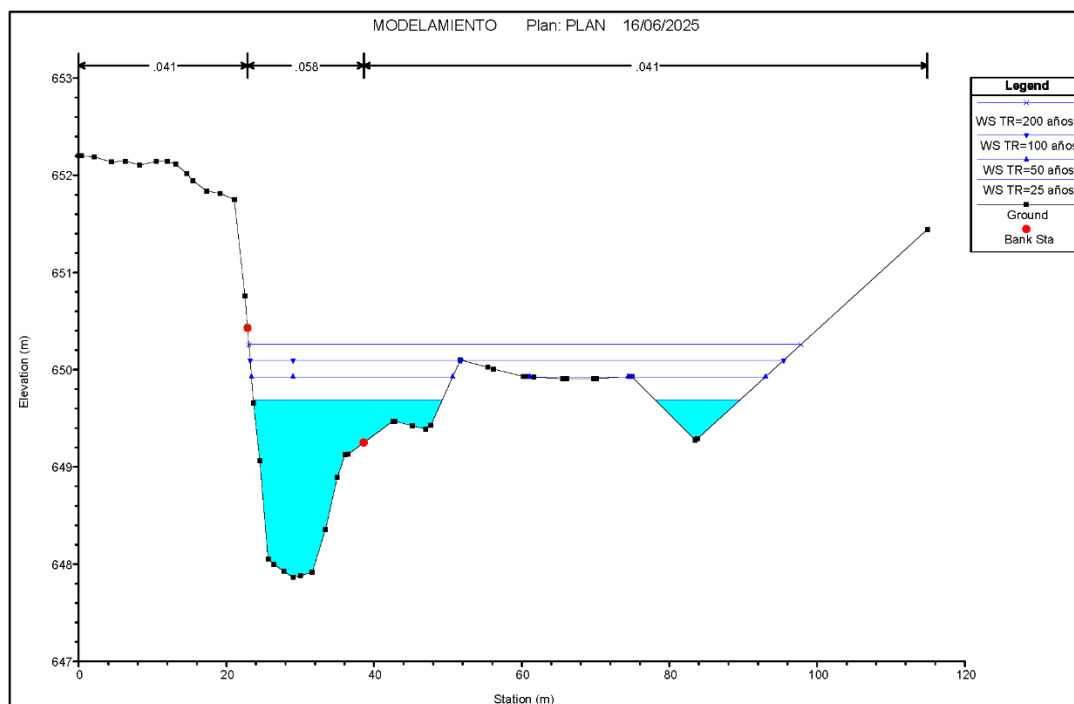
Q. Tumbillán RS: 360 Profile: TR= 200 años

E.G. Elev (m)	645.39	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.32	Wt. n-Val.	0.041	0.058	0.041
W.S. Elev (m)	645.06	Reach Len. (m)	17.83	15	13.69
Crit W.S. (m)	645.06	Flow Area (m2)	9.71	15.79	16.93
E.G. Slope (m/m)	0.01778	Area (m2)	9.71	15.79	16.93
Q Total (m3/s)	102.83	Flow (m3/s)	17.18	44.59	41.06
Top Width (m)	61.58	Top Width (m)	23.84	11.52	26.22
Vel Total (m/s)	2.42	Avg. Vel. (m/s)	1.77	2.82	2.43
Max Chl Dpth (m)	1.61	Hydr. Depth (m)	0.41	1.37	0.65
Conv. Total (m3/s)	771.1	Conv. (m3/s)	128.8	334.4	307.9
Length Wtd. (m)	15.33	Wetted Per. (m)	24.2	11.59	26.28
Min Ch El (m)	643.45	Shear (N/m2)	69.96	237.45	112.32
Alpha	1.08	Stream Power (N/m s)	123.77	670.72	272.46
Frctn Loss (m)	0.28	Cum Volume (1000 m3)	4.85	5.1	3.67
C & E Loss (m)	0	Cum SA (1000 m2)	7.24	4.06	6.34

Nota. La figura muestra la tabla de resultados de la progresiva 0+360.00

Figura 23

Sección 510 de la quebrada Tumbillán



Nota. La figura muestra el cauce de agua para los tiempos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años, donde el margen derecho se ve afectado en su totalidad para todos los tiempos de retorno, lo preocupante es que en dicho tramo se encuentra habitado.

Tabla 41

Resultados del modelamiento HEC-RAS Sección 510

Q. Tumbillán RS: 510 Profile: TR= 25 años					
E.G. Elev (m)	649.91	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.22	Wt. n-Val.		0.058	0.041
W.S. Elev (m)	649.69	Reach Len. (m)	16.43	15	14.62
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		18.6	5.23
E.G. Slope (m/m)	0.012552	Area (m2)		18.6	5.23
Q Total (m3/s)	45.66	Flow (m3/s)		40.16	5.49
Top Width (m)	37.11	Top Width (m)		14.98	22.14
Vel Total (m/s)	1.92	Avg. Vel. (m/s)		2.16	1.05
Max Chl Dpth (m)	1.83	Hydr. Depth (m)		1.24	0.24
Conv. Total (m3/s)	407.5	Conv. (m3/s)		358.5	49
Length Wtd. (m)	14.96	Wetted Per. (m)		15.74	22.2
Min Ch El (m)	647.86	Shear (N/m2)		145.45	28.99
Alpha	1.15	Stream Power (N/m s)		314.04	30.47
Frctn Loss (m)	0.24	Cum Volume (1000 m3)	2.75	5.62	2.23
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	6.66	5.85	5.71
Q. Tumbillán RS: 510 Profile: TR= 50 años					
E.G. Elev (m)	650.15	Element	Left OB	Channel	Right OB

Vel Head (m)	0.23	Wt. n-Val.		0.058	0.041
W.S. Elev (m)	649.93	Reach Len. (m)	16.43	15	14.62
Crit W.S. (m)	649.8	Flow Area (m2)		22.19	11.6
E.G. Slope (m/m)	0.011526	Area (m2)		22.19	11.6
Q Total (m3/s)	66.85	Flow (m3/s)		50.91	15.94
Top Width (m)	58.63	Top Width (m)		15.22	43.4
Vel Total (m/s)	1.98	Avg. Vel. (m/s)		2.29	1.37
Max Chl Dpth (m)	2.06	Hydr. Depth (m)		1.46	0.27
Conv. Total (m3/s)	622.7	Conv. (m3/s)		474.2	148.5
Length Wtd. (m)	14.91	Wetted Per. (m)		16.08	43.5
Min Ch El (m)	647.86	Shear (N/m2)		155.95	30.15
Alpha	1.14	Stream Power (N/m s)		357.75	41.43
Frctn Loss (m)	0.22	Cum Volume (1000 m3)	4.1	6.8	3.48
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	8.07	5.87	7.13

Q. Tumbillán RS: 510 Profile: TR= 100 años

E.G. Elev (m)	650.31	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.22	Wt. n-Val.		0.058	0.041
W.S. Elev (m)	650.1	Reach Len. (m)	16.43	15	14.62
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		24.79	20.21
E.G. Slope (m/m)	0.010348	Area (m2)		24.79	20.21
Q Total (m3/s)	84.24	Flow (m3/s)		57.42	26.82
Top Width (m)	72.1	Top Width (m)		15.4	56.7
Vel Total (m/s)	1.87	Avg. Vel. (m/s)		2.32	1.33
Max Chl Dpth (m)	2.23	Hydr. Depth (m)		1.61	0.36
Conv. Total (m3/s)	828.2	Conv. (m3/s)		564.5	263.7
Length Wtd. (m)	14.89	Wetted Per. (m)		16.33	56.82
Min Ch El (m)	647.86	Shear (N/m2)		154.04	36.09
Alpha	1.2	Stream Power (N/m s)		356.85	47.9
Frctn Loss (m)	0.2	Cum Volume (1000 m3)	5.16	7.6	4.49
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	8.76	5.89	8.17

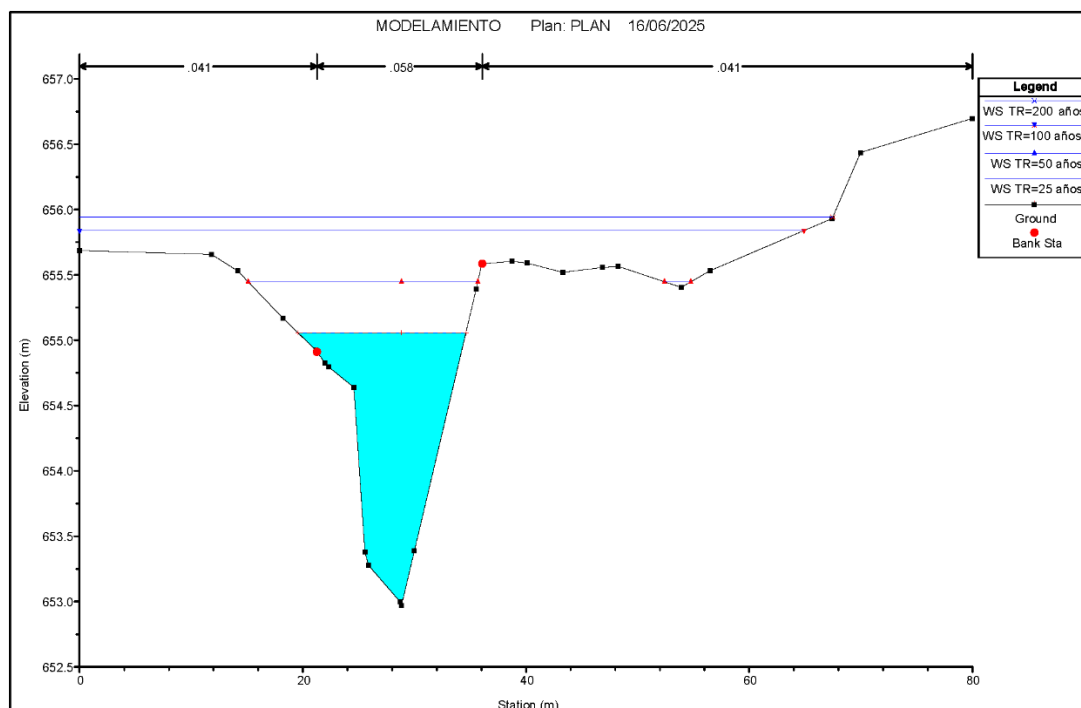
Q. Tumbillán RS: 510 Profile: TR= 200 años

E.G. Elev (m)	650.45	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.19	Wt. n-Val.		0.058	0.041
W.S. Elev (m)	650.26	Reach Len. (m)	16.43	15	14.62
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		27.31	29.66
E.G. Slope (m/m)	0.00854	Area (m2)		27.31	29.66
Q Total (m3/s)	102.83	Flow (m3/s)		60.73	42.1
Top Width (m)	74.77	Top Width (m)		15.57	59.2
Vel Total (m/s)	1.81	Avg. Vel. (m/s)		2.22	1.42
Max Chl Dpth (m)	2.4	Hydr. Depth (m)		1.75	0.5
Conv. Total (m3/s)	1112.7	Conv. (m3/s)		657.1	455.6
Length Wtd. (m)	14.86	Wetted Per. (m)		16.56	59.33
Min Ch El (m)	647.86	Shear (N/m2)		138.08	41.86
Alpha	1.15	Stream Power (N/m s)		307.05	59.43
Frctn Loss (m)	0.18	Cum Volume (1000 m3)	6.24	8.38	5.54
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	9.32	5.91	9.36

Nota. La figura muestra la tabla de resultados de la progresiva 0+510.00

Figura 24

Sección 705 de la quebrada Tumbillán



Nota. La figura muestra el cauce de agua para los tiempos de retorno, en dicha figura la sección de la quebrada afecta al margen izquierdo y derecho para todos los tiempos de retorno, debido a que el borde no tiene la suficiente altura para contrarrestar grandes caudales de agua.

Tabla 42

Resultados del modelamiento HEC-RAS Sección 705

Q. Tumbillán RS: 705 Profile: TR= 25 años					
E.G. Elev (m)	655.57	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.52	Wt. n-Val.	0.041	0.058	
W.S. Elev (m)	655.06	Reach Len. (m)	14.52	15	15.81
Crit W.S. (m)	655.06	Flow Area (m2)	0.12	14.3	
E.G. Slope (m/m)	0.034355	Area (m2)	0.12	14.3	
Q Total (m3/s)	45.66	Flow (m3/s)	0.09	45.56	
Top Width (m)	15.05	Top Width (m)	1.72	13.34	
Vel Total (m/s)	3.17	Avg. Vel. (m/s)	0.77	3.19	
Max Chl Dpth (m)	2.09	Hydr. Depth (m)	0.07	1.07	
Conv. Total (m3/s)	246.3	Conv. (m3/s)	0.5	245.8	
Length Wtd. (m)	14.99	Wetted Per. (m)	1.72	14.36	
Min Ch El (m)	652.97	Shear (N/m2)	23.89	335.45	
Alpha	1.01	Stream Power (N/m s)	18.51	1068.94	
Frctn Loss (m)	0.45	Cum Volume (1000 m3)	3.11	8.3	3.01
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	7.59	8.19	7.31
Q. Tumbillán RS: 705 Profile: TR= 50 años					
E.G. Elev (m)	655.97	Element	Left OB	Channel	Right OB

Vel Head (m)	0.52	Wt. n-Val.	0.041	0.058	0.041
W.S. Elev (m)	655.45	Reach Len. (m)	14.52	15	15.81
Crit W.S. (m)	655.45	Flow Area (m2)	1.67	19.7	0.05
E.G. Slope (m/m)	0.025869	Area (m2)	1.67	19.7	0.05
Q Total (m3/s)	66.85	Flow (m3/s)	2.74	64.1	0.01
Top Width (m)	22.92	Top Width (m)	6.18	14.4	2.34
Vel Total (m/s)	3.12	Avg. Vel. (m/s)	1.64	3.25	0.3
Max Chl Dpth (m)	2.48	Hydr. Depth (m)	0.27	1.37	0.02
Conv. Total (m3/s)	415.6	Conv. (m3/s)	17	398.5	0.1
Length Wtd. (m)	14.97	Wetted Per. (m)	6.2	15.5	2.35
Min Ch El (m)	652.97	Shear (N/m2)	68.43	322.47	5.39
Alpha	1.05	Stream Power (N/m s)	112.08	1049.32	1.62
Frctn Loss (m)	0.37	Cum Volume (1000 m3)	4.84	10.14	4.71
C & E Loss (m)	0	Cum SA (1000 m2)	9.68	8.31	9.36

Q. Tumbillán RS: 705 Profile: TR= 100 años

E.G. Elev (m)	656.13	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.29	Wt. n-Val.	0.041	0.058	0.041
W.S. Elev (m)	655.84	Reach Len. (m)	14.52	15	15.81
Crit W.S. (m)	655.84	Flow Area (m2)	6.99	25.48	7.6
E.G. Slope (m/m)	0.012351	Area (m2)	6.99	25.48	7.6
Q Total (m3/s)	84.24	Flow (m3/s)	8.96	66.81	8.47
Top Width (m)	64.9	Top Width (m)	21.28	14.8	28.82
Vel Total (m/s)	2.1	Avg. Vel. (m/s)	1.28	2.62	1.11
Max Chl Dpth (m)	2.87	Hydr. Depth (m)	0.33	1.72	0.26
Conv. Total (m3/s)	758	Conv. (m3/s)	80.6	601.1	76.2
Length Wtd. (m)	14.98	Wetted Per. (m)	21.46	15.92	28.84
Min Ch El (m)	652.97	Shear (N/m2)	39.43	193.88	31.93
Alpha	1.3	Stream Power (N/m s)	50.58	508.37	35.59
Frctn Loss (m)	0.24	Cum Volume (1000 m3)	6.32	11.44	6.19
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m2)	10.82	8.36	11.16

Q. Tumbillán RS: 705 Profile: TR= 200 años

E.G. Elev (m)	656.25	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.31	Wt. n-Val.	0.041	0.058	0.041
W.S. Elev (m)	655.94	Reach Len. (m)	14.52	15	15.81
Crit W.S. (m)	655.94	Flow Area (m2)	9.19	27.01	10.73
E.G. Slope (m/m)	0.012567	Area (m2)	9.19	27.01	10.73
Q Total (m3/s)	102.83	Flow (m3/s)	14.22	74.27	14.33
Top Width (m)	67.49	Top Width (m)	21.28	14.8	31.41
Vel Total (m/s)	2.19	Avg. Vel. (m/s)	1.55	2.75	1.34
Max Chl Dpth (m)	2.97	Hydr. Depth (m)	0.43	1.83	0.34
Conv. Total (m3/s)	917.2	Conv. (m3/s)	126.9	662.5	127.8
Length Wtd. (m)	14.98	Wetted Per. (m)	21.57	15.92	31.42
Min Ch El (m)	652.97	Shear (N/m2)	52.51	209.12	42.08
Alpha	1.26	Stream Power (N/m s)	81.28	575.04	56.21
Frctn Loss (m)	0.24	Cum Volume (1000 m3)	7.76	12.59	7.74
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m2)	11.93	8.39	12.86

Nota. La tabla muestra la tabla de resultados de la progresiva 0+705.00

Áreas de inundación ante máximas avenidas de la quebrada Tumbillán

Tabla 43

Resultados de las áreas de inundación para diferentes tiempos de retorno

Tiempos de retorno (años)	Área de inundación (m2)
TR: 25 años	18 957.633 m2
TR: 50 años	23 668.579 m2
TR: 100 años	28 477.397 m2
TR: 200 años	32 492.517 m2

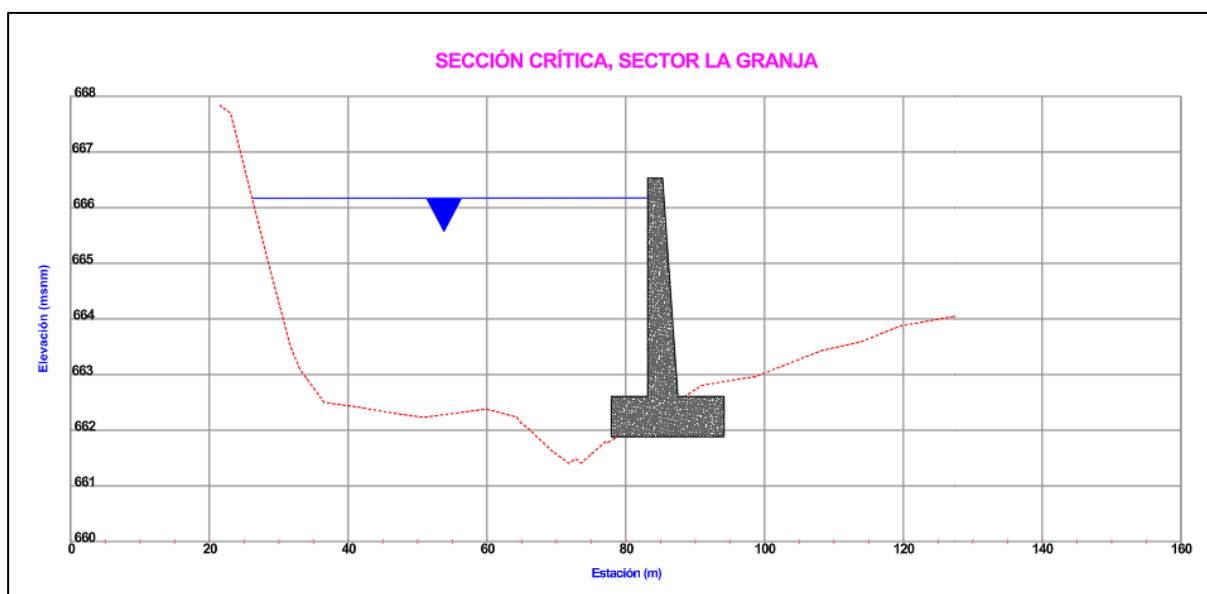
Nota. La tabla muestra los resultados de las áreas de inundación con los diferentes tiempos de retorno que se produce a lo largo de la quebrada Tumbillán, lo cual para los TR: 25, 50, 100 y 200 años, las áreas de inundación son de 17457.634, 22997.606, 29386.085 y 58162.059 m2.

4.1.6.3. Propuesta de defensa ribereña al margen derecho e izquierdo de la quebrada Tumbillán, tramo correspondiente al sector La Granja de la ciudad de Jaén.

Según la sección crítica de la quebrada Tumbillán, donde se plantea un muro de defensa ribereña, según los resultados de la modelación hidráulica anterior, a una altura de 1.30m por sobre el nivel de agua hasta la altura de terreno natural nivelado, llegando a una altura total promedio de profundidad de 4.47m, cabe recalcar que la propuesta de diseño de la defensa ribereña se ha tomado el periodo más crítico lo cual es para un tiempo de retorno TR= 200 años, presentando un caudal de 102.827 m3/s.

Figura 25

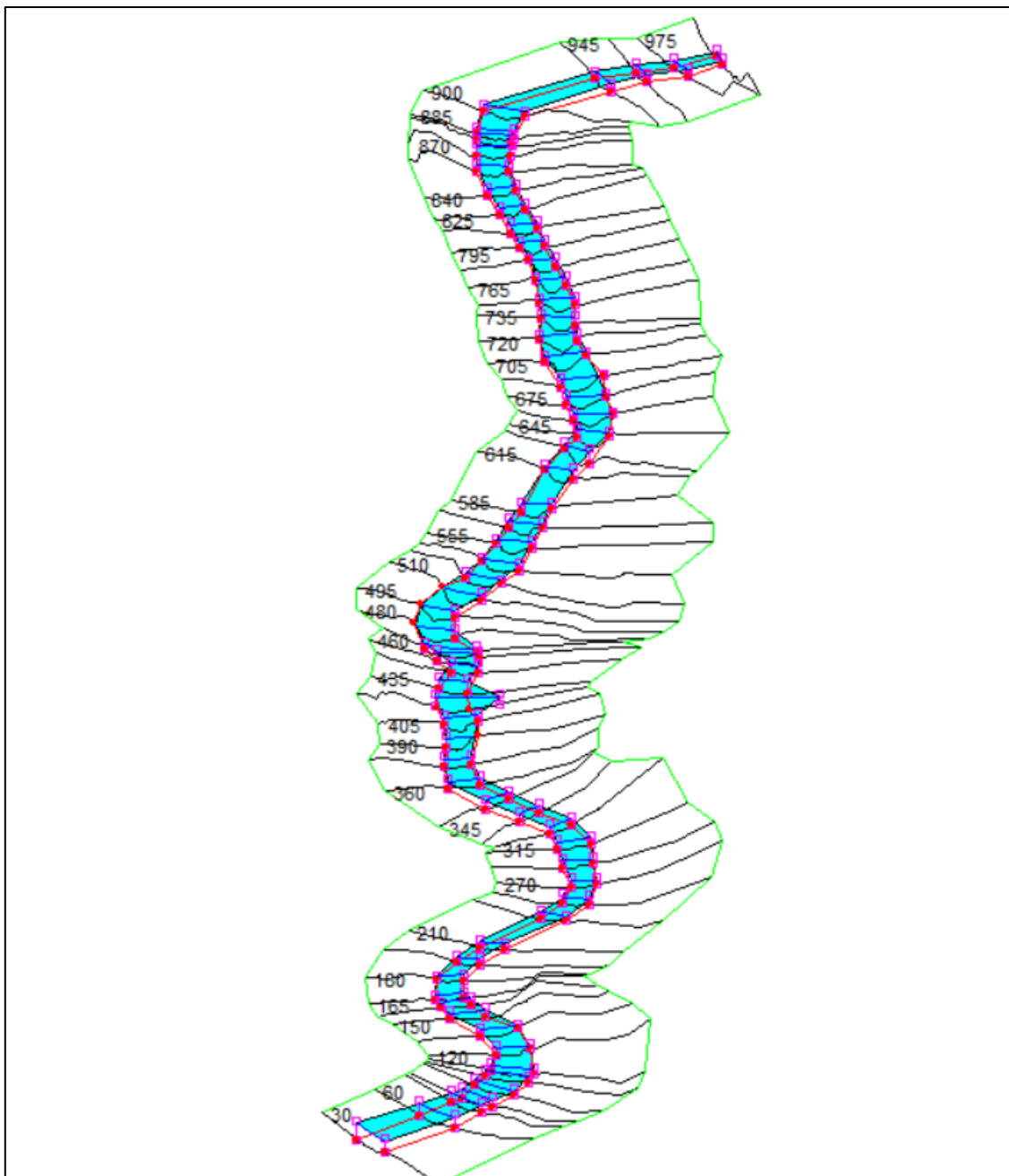
Sección transversal con la construcción de la defensa ribereña



Nota. La figura representa una sección del tramo crítico del nivel altimétrico del fluido, donde se aprecia una sección con inundación especialmente al margen derecho, por lo que se ha construido defensas ribereñas lo cual produce el impedimento de desborde según la altura elegida de la defensa ribereña.

Figura 26

Geometría del tramo de estudio con la propuesta de defensas ribereñas de la quebrada Tumbillán



Nota. La figura representa el flujo del cauce de agua vista en planta y la ubicación de las defensas ribereñas lo cual impide inundación en las diferentes secciones de la quebrada.

4.2. Discusión

En los resultados de la investigación correspondiente a los parámetros de la cuenca, se obtuvieron un área de cuenca de 41.032 Km², un perímetro de 32.401 km, el cauce principal presenta una longitud de 9.46 km con una pendiente de 5.78 % y el tiempo de concentración según Kirpich de 0.975 horas a comparación con resultados de otras investigaciones, como la que realizaron (Chavez, V. y Tucto, Ch. 2021) que obtuvieron un área total de 357 ha, un perímetro de 8.7 que comprende la cota mínima de 2710 a la cota 3507 en el cual su cauce principal es de 4.00 km además la altitud media de 3102.03 m.s.n.m y el tiempo de concentración según Kirpich es de 25.75 minutos, la cual se puede describir que existe una diferencia significativa de los tiempos de concentración, se deduce que esto dependería de la variabilidad orográfica de la cuenca, entre otras causas.

Para el segundo objetivo, se obtuvo como resultados que, el río, en el tramo delimitado para la investigación tiene una longitud total de 1km, la altitud máxima es de 663.7594 m.s.n.m. la mínima de 635.2199 m.s.n.m. y aun ancho promedio de 12m. Estos resultados se comparan con (Farfán, S. y Villena, C. 2021) que obtuvieron una longitud de río de 15km, por ser su área de estudio una zona más poblada.

En referencia al tercer objetivo se obtuvo que, como principales características, el sector La Granja esta constituido por 30 viviendas, esta ubicado a la ribera de la quebrada Tumbillán, tiene acceso a los servicios de agua y alcatarrillado, tiene institución educativa pero sólo para el nivel inicial y no cuenta con ningún tipo de defensa ribereña en la quebrada en el tramo que esta cerca del sector mencionado. Estos resultados se comparan con (Villalobos, G. 2021) que obtuvo como zona de estudio en la ciudad de Jaén, en la parte alta oeste son las calles San Martín, Simón Bolívar, Diego Palomino, Sánchez Carrión, Túpac Amaru, Luna Pizarro, Francisco Orellana, Prol. Lambayeque, San Luis y en la parte baja este las calles son la Mariano Melgar, Roberto Segura, Pedro Vergara, pje. San José, pje. Federico Villa Real, Iquitos, Tulipanes, Las Begonias.

Respecto a los resultados del estudio hidrológico los caudales fueron de 45.656 m³/s, 66.851 m³/s, 84.243 m³/s y 102.827 m³/s para los periodos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años, estos resultados se pueden comparar con las de otras investigaciones, como la que realizaron (Chalco, C. y Cullanco, C., 2020) que obtuvieron caudales de diseño de 285.92 m³/s, 364.08 m³/s, 426.48 m³/s, 511.56 m³/s, 671.22 m³/s, 757.34 m³/s, para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años; donde se aprecia la diferencia significativa de los caudales,

esta variabilidad depende del área de la cuenca, de las precipitaciones máximas diarias y otros factores.

Concerniente a la estimación del periodo de retorno por desborde de la quebrada Tumbillán que sucedió en el año 2005, se estimó con un tiempo de retorno para 20 años la cual fue provocada por un caudal de 30.945 m³/s inundando un área total de 15 957.633 m² (1.60 Ha), estos resultados se pueden comparar con las de otras investigaciones, como la que realizó (Quiroz, M. 2023) que obtuvo una estimación de periodo de retorno de 65 años para la inundación del año 2002 la cual fue provocada por un caudal de 759.20 m³/s inundando un área total de 115.307 Ha; haciendo la comparación respectiva se aprecia gran diferencia significativa respecto al área de inundación provocada para dichos años, esta variabilidad dependería del caudal con que se presentó para tal suceso, ya que al tener elevados caudales nos hace entender que dicho cauce fue de mayor envergadura y esto provocaría mayor área de inundación.

Respecto a los resultados de la determinación de las áreas inundables por posibles desbordes de la quebrada Tumbillán fueron de 1.90, 2.37, 2.85 y 3.25 ha para los periodos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años, estos resultados se pueden comparar con las de otras investigaciones, como la que realizaron (Alarcón, R. y Gonzáles, V. 2022) que obtuvieron áreas de inundación de 0.765, 0.918, 1.237 y 1.640 ha, para los periodos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años, haciendo la comparación respectiva se aprecia poca diferencia significativa respecto a las áreas de inundación, esta variabilidad dependería de al área de la cuenca es decir la cuenca Tumbillán presentaría mayor extensión. Con relación a la propuesta de solución, se plantea que un muro de contención a altura de 1.30m por sobre el nivel de agua hasta la altura de terreno natural nivelado, llegando a una altura total promedio de profundidad de 4.47m, tomando como referencia el modelamiento realizado con el periodo más crítico lo cual es para un tiempo de retorno TR= 200 años, presentando un caudal de 102.827 m³/s. Estos resultados se pueden comparar con las de otras investigaciones, como la que realizó (Villalobos, G. 2021) quien tuvo como resultado una altura de muro $h = 5.40$ m, un ancho de zapata de $B = 3.20$ m, un peralte de zapata $H_z = 0.70$ m y un ancho de corona de $t = 0.50$ m; haciendo la comparación respectiva se aprecia poca diferencia significativa respecto a las dimensiones del muro de contención esta variabilidad dependería del terreno y topografía.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En base a la cartografía, hidrología y topografía de la cuenca se tiene un área total de cuenca de 41.032 Km², un perímetro de 32.401 km, el cauce principal presenta una longitud de 9.46 km con una pendiente de 5.78 %, presenta una altitud media de la cuenca de 1386.21 msnm, según el factor de forma nos encontramos con una cuenca alargada, con un orden del río igual a 3 y con un tiempo de concentración según Kirpich de 0.975 horas; además de acuerdo a las estaciones meteorológicas de Chontalí, La Cascarilla y Jaén cercanas a la cuenca de estudio las precipitaciones máximas diarias oscilan entre 5.8 mm a 68 mm en el periodo 2004 a 2023.

Después de evaluar el estudio hidrológico, se determinó los caudales máximos para periodos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años los cuales fueron de 45.656 m³/s, 66.851 m³/s, 84.243 m³/s y 102.827 m³/s.

Se estimó que el periodo de retorno para el año 2005 fue de 20 años, la cual fue provocada por un caudal de 30.945 m³/s inundando un área total de 15 957.633 m² (1.60 Ha).

Según el modelamiento para el tramo seleccionado, con los periodos de retorno de 25, 50, 100 y 200 años, se obtuvo áreas de inundación ante máximas avenidas las cuales fueron de 1.90, 2.37, 2.85 y 3.25 Ha respectivamente.

Un proyecto de defensa ribereña a ambos márgenes de la quebrada Tumbillán, tramo correspondiente al sector La Granja de la ciudad de Jaén, construidos en los puntos críticos donde se produce desborde, sería favorable para la población y zonas de cultivo, logrando contrarrestar la inundación.

5.2. Recomendaciones

El levantamiento topográfico debe ser muy detallado y levantado la mayor cantidad de sección sobre todo en un terreno si esta es bien llana.

Respecto al estudio hidrológico se recomienda realizar el diseño de una infraestructura hidráulica que permitan disminuir los impactos de máximas avenidas sobre los canales de riego que pudiesen existir en la parte baja de dicho sector.

Utilizar otros programas de simulación hidráulica para identificar las áreas de inundación ante máximas avenidas, como por ejemplo el programa de Iber, que es de gran utilidad en las secciones de cualquier tramo que se desea estudiar y establecer diferencias significativas.

Se recomienda concientizar a la población no construir sus viviendas cercanas a los bordes de la quebrada, ya que ante incremento de cauce estas tienden a sufrir daños ante posibles inundaciones.

A las autoridades competentes realizar la construcción de defensas ribereñas en los puntos más críticos ya que a través de los resultados obtenidos para los periodos de retorno se registran elevados caudales convirtiendo en un alto riesgo para la población aledaña.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

6.1. BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio, M. F. J. (1992). *Fundamentos de hidrologia de superficie*. LIMUSA, S. A. (1ª ed.). Grupo Noriega Editores.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2012). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. (2ª ed.). Editorial Macro.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. (1ª ed.). Servicios Gráficos Squadrito EIRL.
- Nanía, L. S. (2007). Manual Básico de HEC-HMS 3.0.0 y HEC-GeoHMS 1.1. ((2ª ed.). Editorial Granada.
- Vásconez, M. Mancheno, A. Álvarez, C. Prehn, C. Cevallos, C. & Ortiz, L. (2019). *Cuencas Hidrográficas* (1ª ed.). Abya-Yala.
- Wolf, P. R. & Ghilani, C. D. (2015). *Topografía*. (14ª ed.). Editorial Marcombo – Alfaomega.

6.2. LINKOGRAFÍA

- Alarcón, R. D. A. & Gonzáles, V. O. (2022). *Determinar las zonas de inundación por máxima avenida de la quebrada Zanja Honda en el asentamiento humano de Fila-Alta, distrito Jaén, provincia Jaén-Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio institucional UNJ. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/442>
- Chalco, C. J. A. & Cullanco, C. M. C. (2020). *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 de pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio institucional USIL. <https://repositorio.usil.edu.pe/browse/type?value=info:eu-repo%2Fsemantics%2FbachelorThesis>
- Chavez, V. E. & Tucto, Ch. J. W. (2021). *Identificación de zonas inundables por la quebrada Ingamayo, caserío Agopampa – propuestas de mejoras estructurales* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/29247>
- Crespo, G. C. (2020). *National Geographic. Medio Ambiente*: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/inundaciones>
- Custodio, S. M. A. (2024). Gaviones ecológicos para la protección de las inundaciones y equilibrio biótico en el poblado Chacarilla del río Matagente. *Perfiles Ingeniería*, 20(21), 23-37. <https://doi.org/10.31381/perfilesingenieria.v20i21.6084>
- Díaz, R. A. G. & Ibarra, J. A. C. (2021). *Estudio de amenaza de inundación del río Culagá sector puente PR2+500 en la vía Toledo – Labateca, departamento norte de Santander* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio institucional UCC. <https://hdl.handle.net/10983/25531>
- Dilas, G. E. (2022). *Identificación de las áreas Inundables por la Quebrada Huertas en la zona urbana de la localidad de Chilete, Cajamarca-2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional UNC. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5304>
- Environmental Systems Research Institute. (2021). *ArcGIS Desktop. ArcMap*: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm>
- Espinoza, V. S. G. & Huaman, S. M. (2024). *Identificación de zonas inundables por caudales máximos y propuesta de defensa ribereña en un tramo del río Chahuarma, Lircay,*

- Huancavelica 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio institucional UC. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/16352>
- Farfán, S. J. J. & Villena, C. K. J. (2021). *Evaluación de máximas avenidas para la estimación de áreas inundables en la subcuenca Pacherez - cuenca Chancay – Lambayeque* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio institucional UNPRG. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/10131>
- García, B. Bucogen, G. Cintia, P. M. & Yael, B. V. (2021). Estimación de la susceptibilidad a inundaciones en la cuenca baja del Río Negro, Argentina. *Finisterra*, 56(118), 51-70. <https://doi.org/10.18055/Finis21647>
- Herrera, S. M. D. & Navarro, B. O. D. (2020). *Evaluación de riesgo de desastre por inundación usando herramientas SIG y HEC HMS y RAS para el distrito de conservación de suelos Kirpas, Pinilla la cuerera de la ciudad de Villavicencio – Meta* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio institucional UCC. <https://hdl.handle.net/10983/25574>
- INGEMMET. (2022). *Evaluación de peligros geológicos en el centro poblado Jamalca, distrito Jamalca, provincia Utcubamba, departamento Amazonas*. Informe Técnico. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3787>
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2020). *Estadísticas de gestión reactiva del riesgo de desastres - año 2019*. <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2021/02/CAPITULO-II-Estad%C3%ADsticas-GR-2019.pdf>
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2006). *Manual básico para la estimación del riesgo*. Lima. http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc319/doc319_contenido.pdf
- Maza, S. J. P. (2019). *Análisis del comportamiento hidráulico del Río Piura, en el tramo Los Ejidos - Puente Independencia* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio institucional UDEP. <https://hdl.handle.net/11042/4094>
- Neyra, G. L. M. (2021). *Modelamiento hidráulico del río Amojú para la reducción de vulnerabilidad en el sector San Camilo, Jaén – Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/77268>
- Oliva, C. A. & J. O. (2023). Floods and Emergency Management: Elaboration of Integral Flood Maps Based on Emergency Calls (112) Episode of September 2019 (Vega Baja del Segura, Alicante, Spain). *Agua*, 15(1), 2-22. <https://doi.org/10.3390/w15010002>

- Organización de los Estados Americanos (OEA). (1993). *Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado*.
<http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea65s/begin.htm>
- Pérez, V. A. & Francois, M. J. (2017). Evaluación de los errores de modelos digitales de elevación obtenidos por cuatro métodos de interpolación. *Investigaciones geográficas*(69), 53-67.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112009000200005
- Perico, G. N. R. Arévalo, A. H. M. Reyes, A. C. A. Andrés, P. M., Vera, M. M. C. & Monroy, G. J. (2020). Flood sites caused by the La Vega and Jordán rivers, Tunja (Boyacá). *Tecnura*, 25(67). <https://doi.org/10.14483/22487638.15248>
- Radio Marañón. (2021). *Radio Marañón*.
<https://doi.org/https://radiomaranon.org.pe/emergencia-en-jaen-varias-viviendas-afectadas-y-familias-que-claman-ayuda-tras-torrencial-lluvia-videos/>
- Real Academia Española. (17 de Junio de 2024). *Real Academia Española*.
<https://dle.rae.es/quebrada>
- Rojas, P. W. K. Hidalgo, E. B. Moya, D. C. A. Castro, P. F. & Barboza, P. M. (2019). Percepción de riesgo ante las inundaciones en personas que habitan en zonas vulnerables de Lima, Perú. *Revista Cubana de Salud Pública*, 45(2).
<https://doi.org/article/rcsp/2019.v45n2/e1190/>
- Tripailaf, M. R. I. (2022). *Gestión del riesgo de inundaciones en el área urbana del río Chillán* [Tesis de pregrado, Universidad de Concepción]. Repositorio institucional UC.
<http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/10112>
- Vicente, F. A. & Torrero, P. (2015). Manejo integrado de cuencas hídricas: cuenca del río Gualjaina, Chubut, Argentina. *Boletín mexicano de derecho comparado*, 48(143).
https://doi.org/https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0041-86332015000200004#:~:text=define%20a%20la%20cuenca%20hidrogr%C3%A1fica,gesti%C3%B3n%20de%20las%20cuencas%20hidrogr%C3%A1ficas.
- Villalobos, G. P. O. (2021). *Estudio de inundación por efectos del desborde del río Amojú, aplicando los modelos matemáticos HEC-RAS Y HEC-HMS en la ciudad de Jaén, distrito de Jaén provincia de Jaén, departamento de Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio institucional USAT.
<http://hdl.handle.net/20.500.12423/4312>

Zúñiga, R. J. A. (2020). *Evaluación de riesgo por inundación fluvial de la ciudad de Huancavelica, Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga]. Repositorio institucional UNSCH.
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3908>

ANEXOS

Anexo 1. Solicitud presentada al teniente gobernador del sector La Granja

SOLICITO: AUTORIZACIÓN PARA LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO EN LA RIBERA DE LA QUEBRADA TUMBILLÁN PARA FINES DE INVESTIGACIÓN (TESIS)

Sr: VICENTE DILAS RUNAY

TRNIENTE GOBERNADOR DEL SECTOR LA GRANJA - QUINTANA

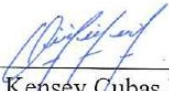
Yo, **Kenséy Cubas Pérez** identificado con DNI: 46837433, bachiller en ingeniería civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, Sede Jaén, ante usted con el debido respeto me presento y expongo:

Que encontrándome desarrollando mi tesis titulada: **“DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE INUNDACIÓN ANTE MÁXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA TUMBILLÁN, ALTURA DEL SECTOR LA GRANJA, JAÉN, CAJAMARCA 2024”**, debidamente aprobada mediante Resolución de Consejo de Facultad N° 0183-2024-FI-UNC, para la cual se ha planteado entre una de sus actividades en campo, la realización del levantamiento topográfico de la ribera de la quebrada Tumbillán; para lo que acudo a su despacho para solicitar la autorización respectiva y poder iniciar con estas actividades y de esta forma poder continuar con el desarrollo de mi investigación.

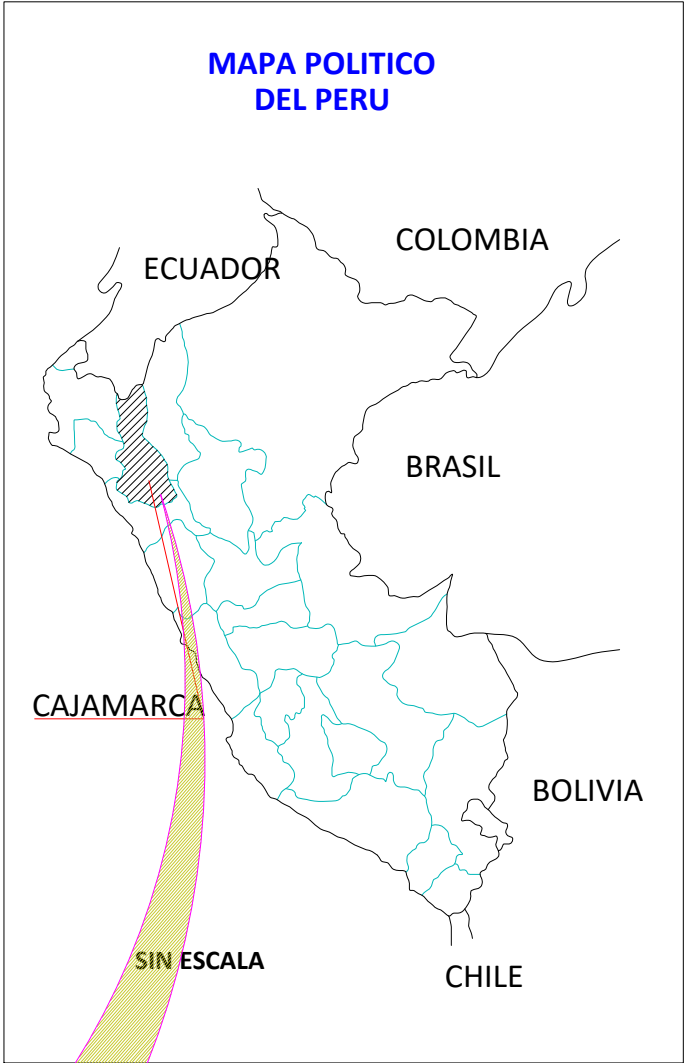
A la espera de una favorable respuesta, le saludo atentamente

Jaén, 07 de mayo del 2024.

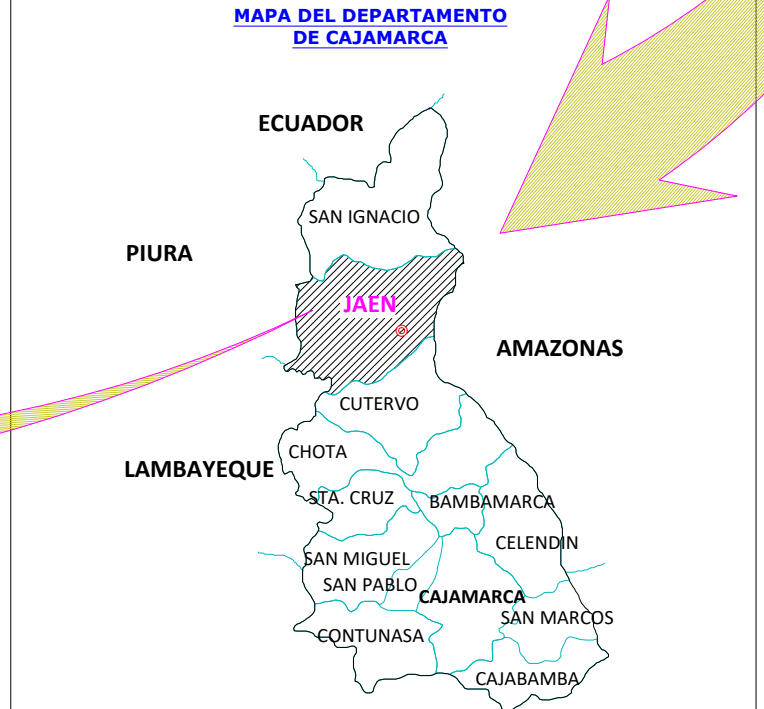



Kenséy Cubas Pérez
DNI: 46837433

Anexo 2. Plano de ubicación y localización de la zona de estudio



ZONA DE ESTUDIO
SECTOR: LA GRANJA
Perimetro: 3,011.00 m
Área : 228,339.40 m²



0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0m
1:100-A1 1:200-A3
ESCALA GRAFICA

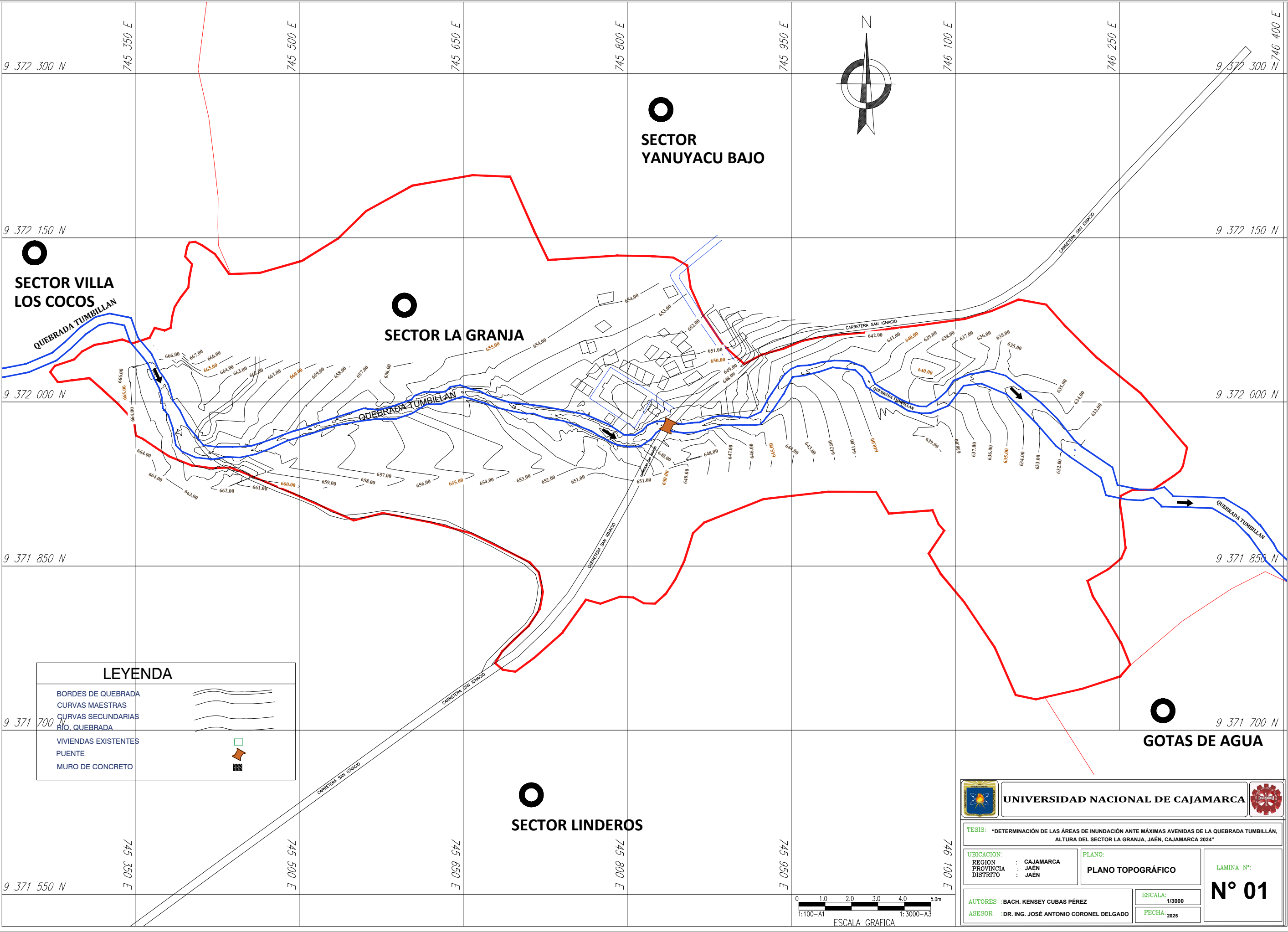
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

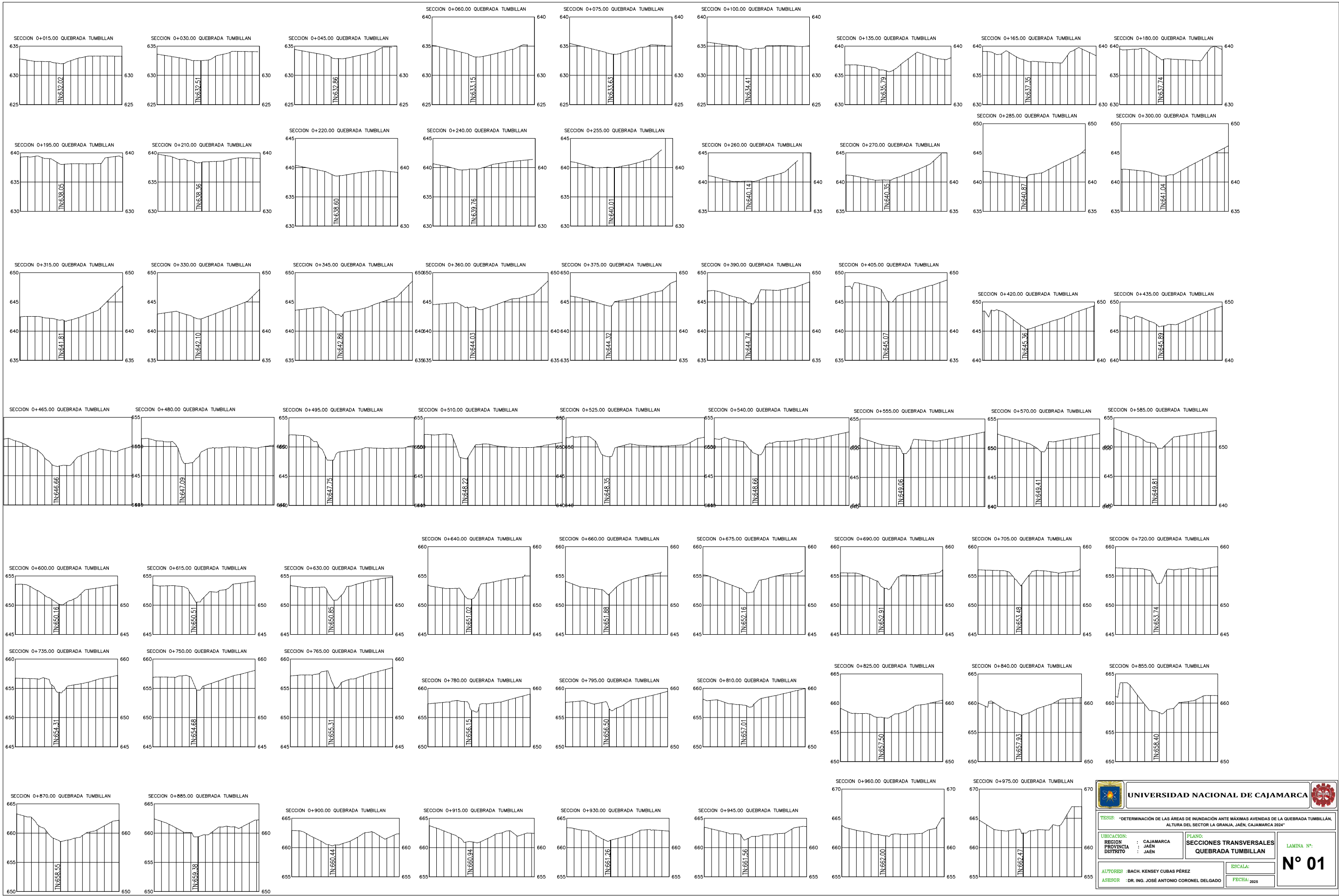
TESIS: "DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE INUNDACIÓN ANTE MÁXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA TUMBILLÁN, ALTURA DEL SECTOR LA GRANJA, JAÉN, CAJAMARCA 2024"

UBICACION: REGION : CAJAMARCA PROVINCIA : JAÉN DISTRITO : JAÉN	PLANO: PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN	LAMINA N°: N° 01
AUTORES : BACH. KENSEY CUBAS PÉREZ	ESCALA: S/C	
ASESOR : DR. ING. JOSÉ ANTONIO CORONEL DELGADO	FECHA: 2025	

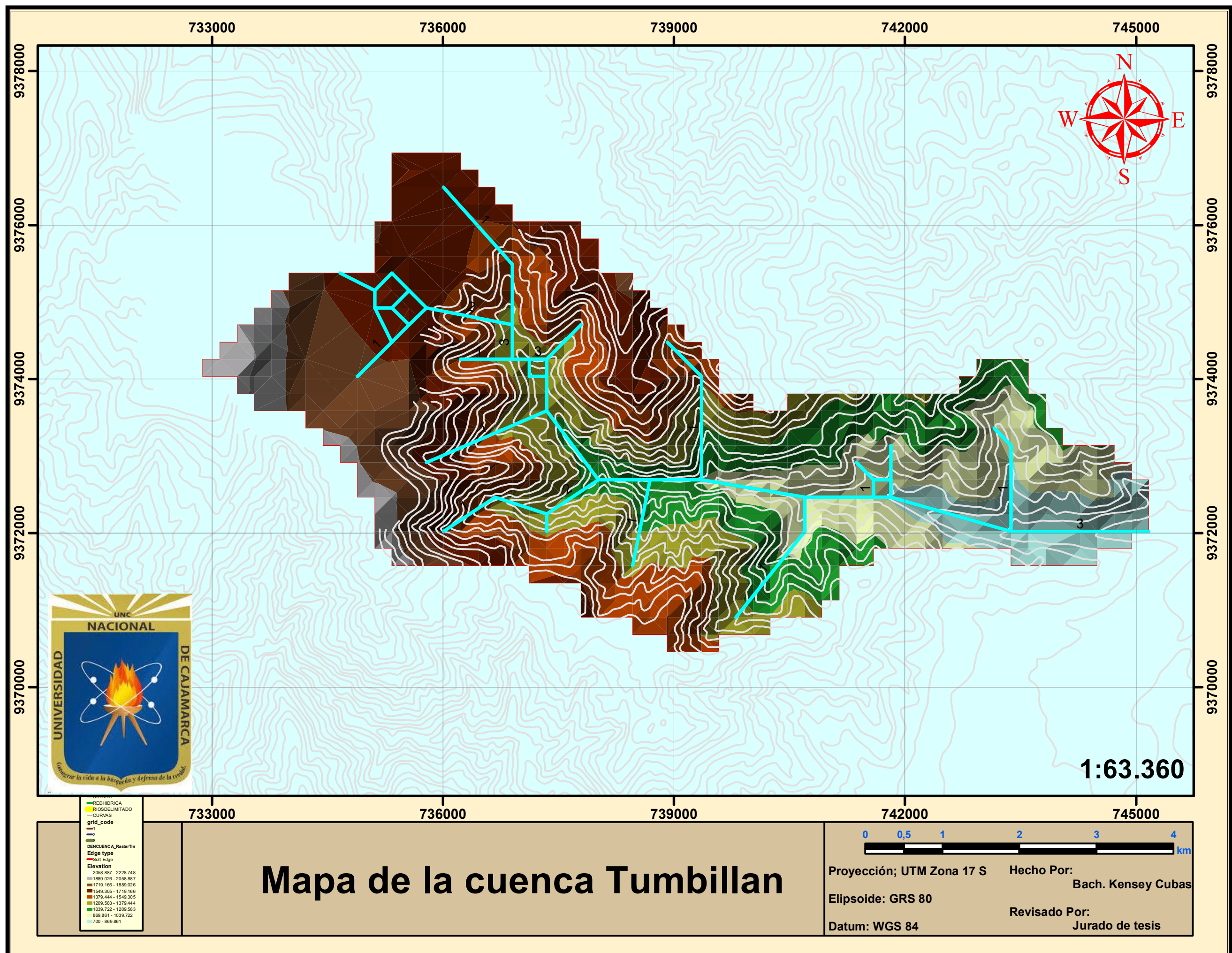
Anexo 3. Planos de áreas de inundación ocurrida el año 2005

Anexo 4. Plano topográfico y de secciones transversales de la quebrada Tumbillán, en el sector La Granja

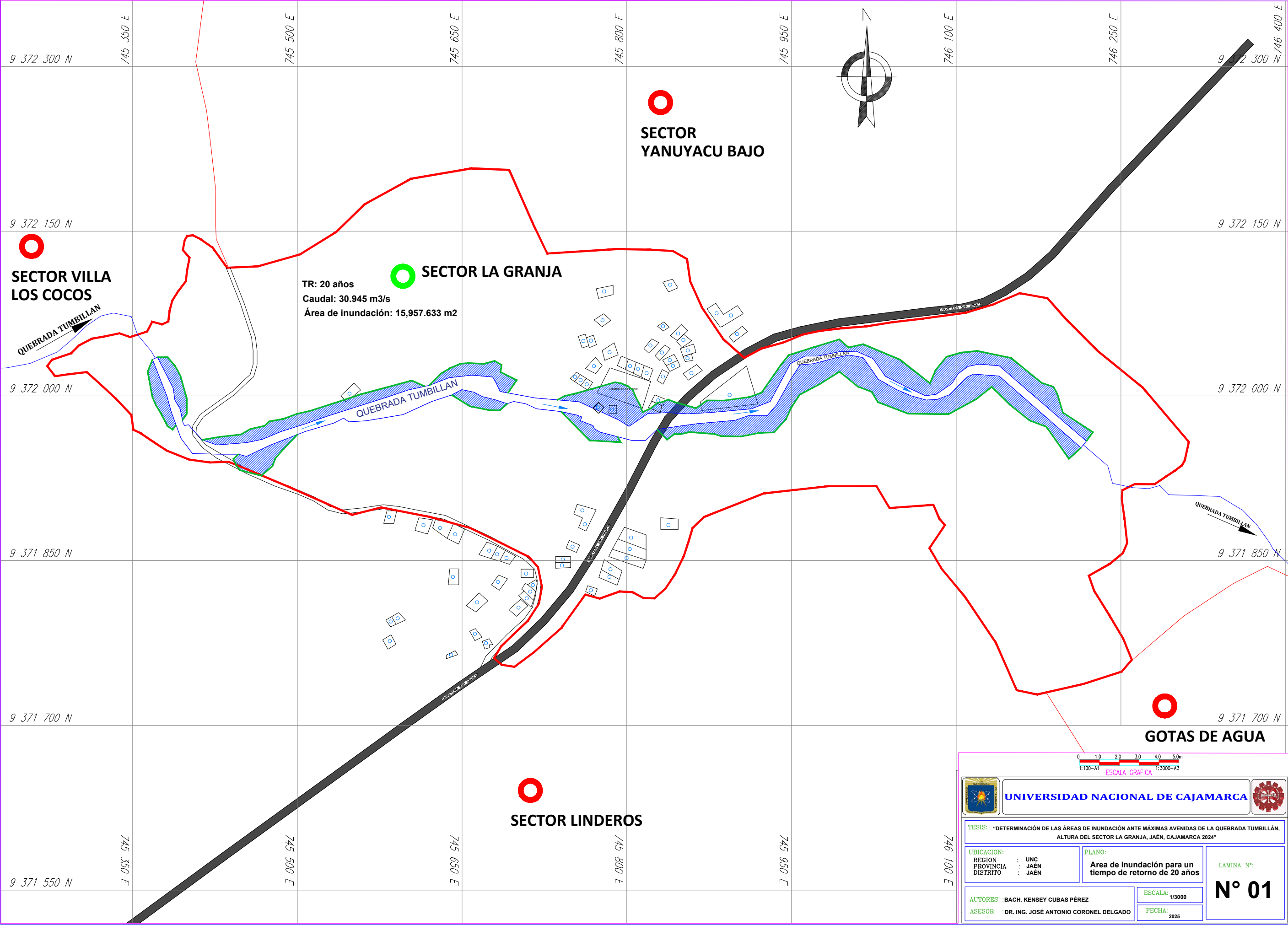




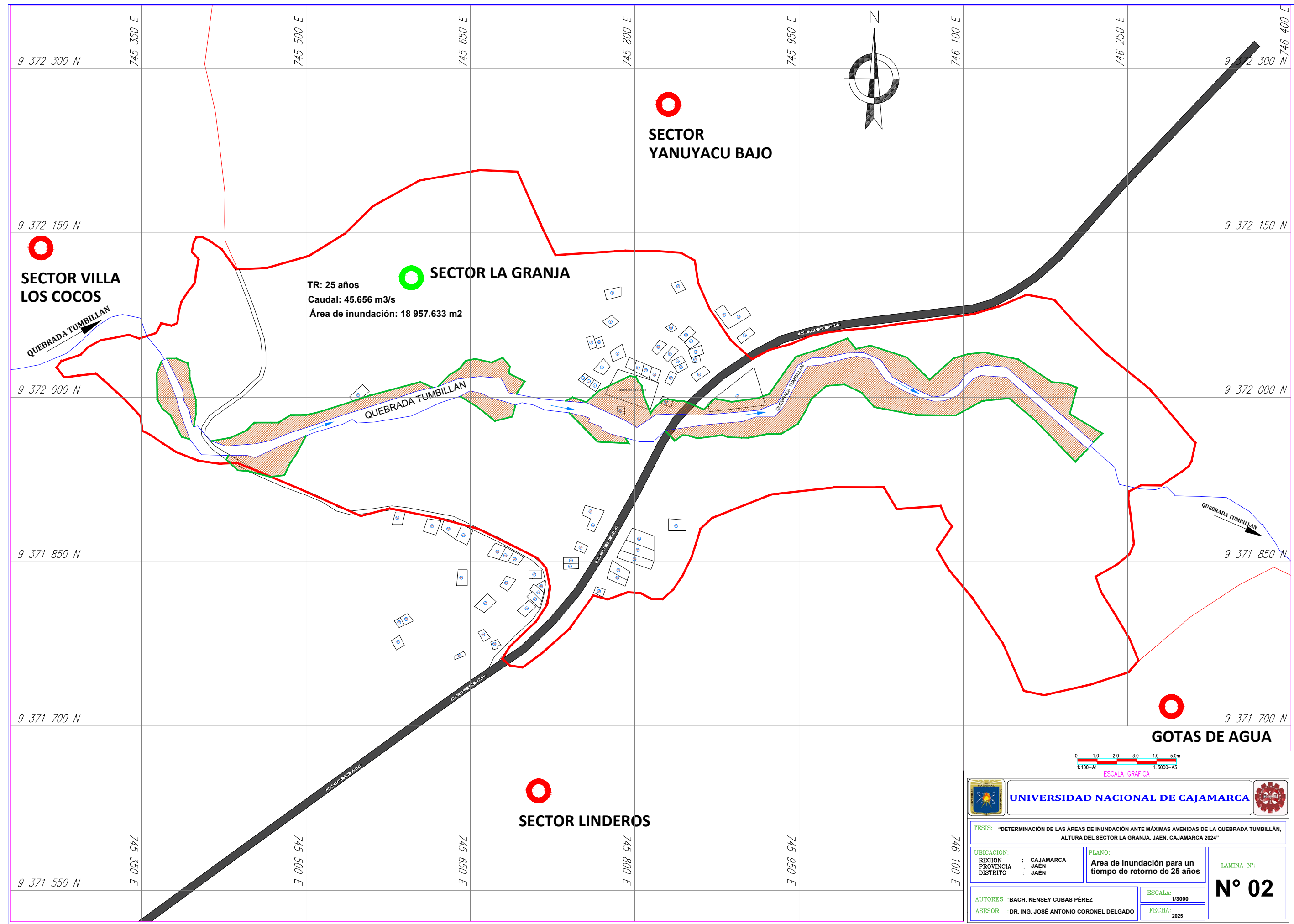
Anexo 5. Plano de delimitación de la microcuenca

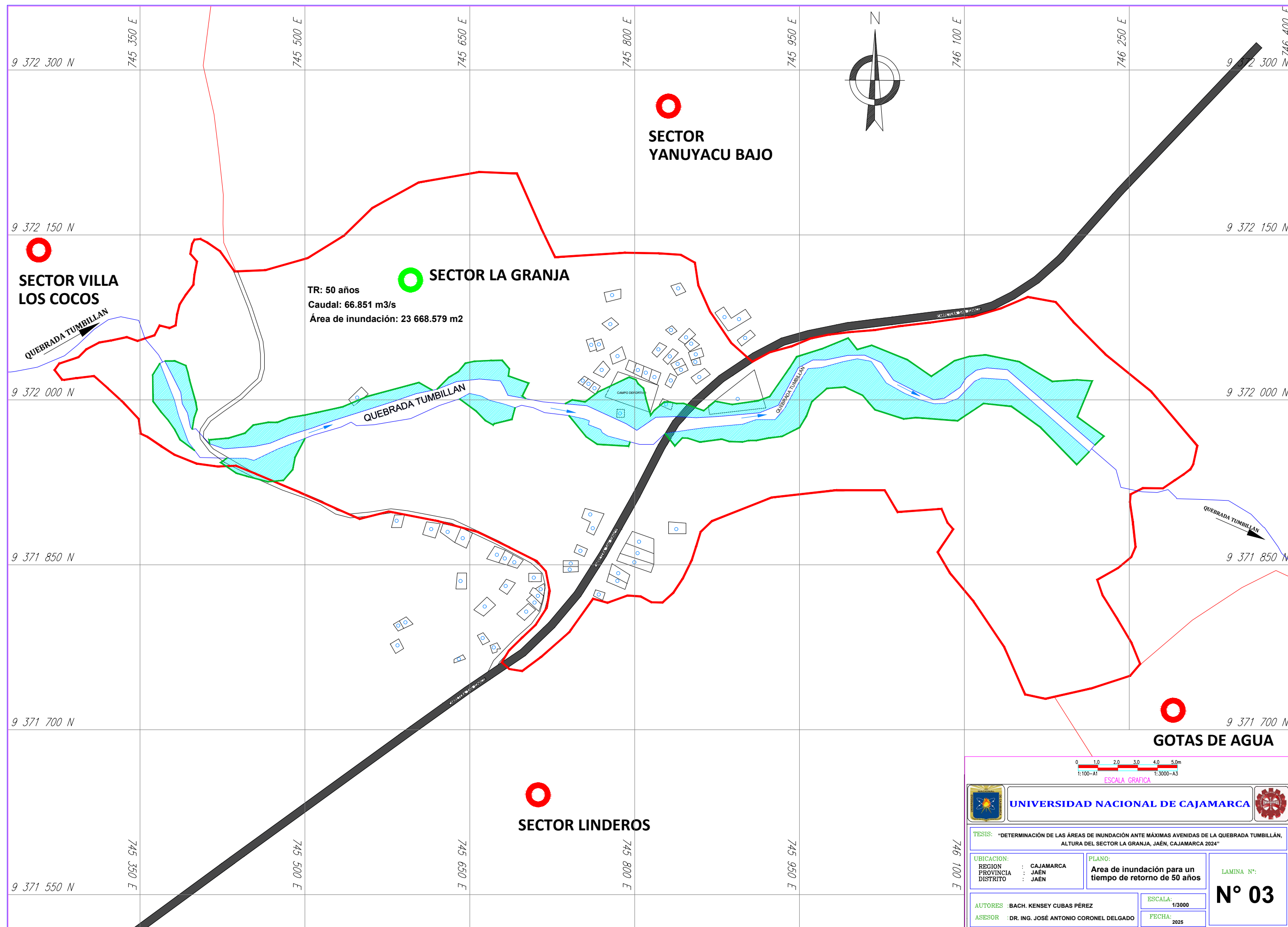


Anexo 6. Planos de áreas de inundación



		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
TESIS: "DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE INUNDACIÓN ANTE MÁXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA TUMBILLÁN, ALTURA DEL SECTOR LA GRANJA, JAÉN, CAJAMARCA 2024"				
UBICACION: REGION : UNC PROVINCIA : JAÉN DISTRITO : JAÉN		PLANO: Área de inundación para un tiempo de retorno de 20 años		LAMINA N°:
AUTORES: BACH. KENSEY CUBAS PÉREZ		ESCALA: 1/3000		N° 01
ASESOR: DR. ING. JOSÉ ANTONIO CORONEL DELGADO		FECHA: 2025		



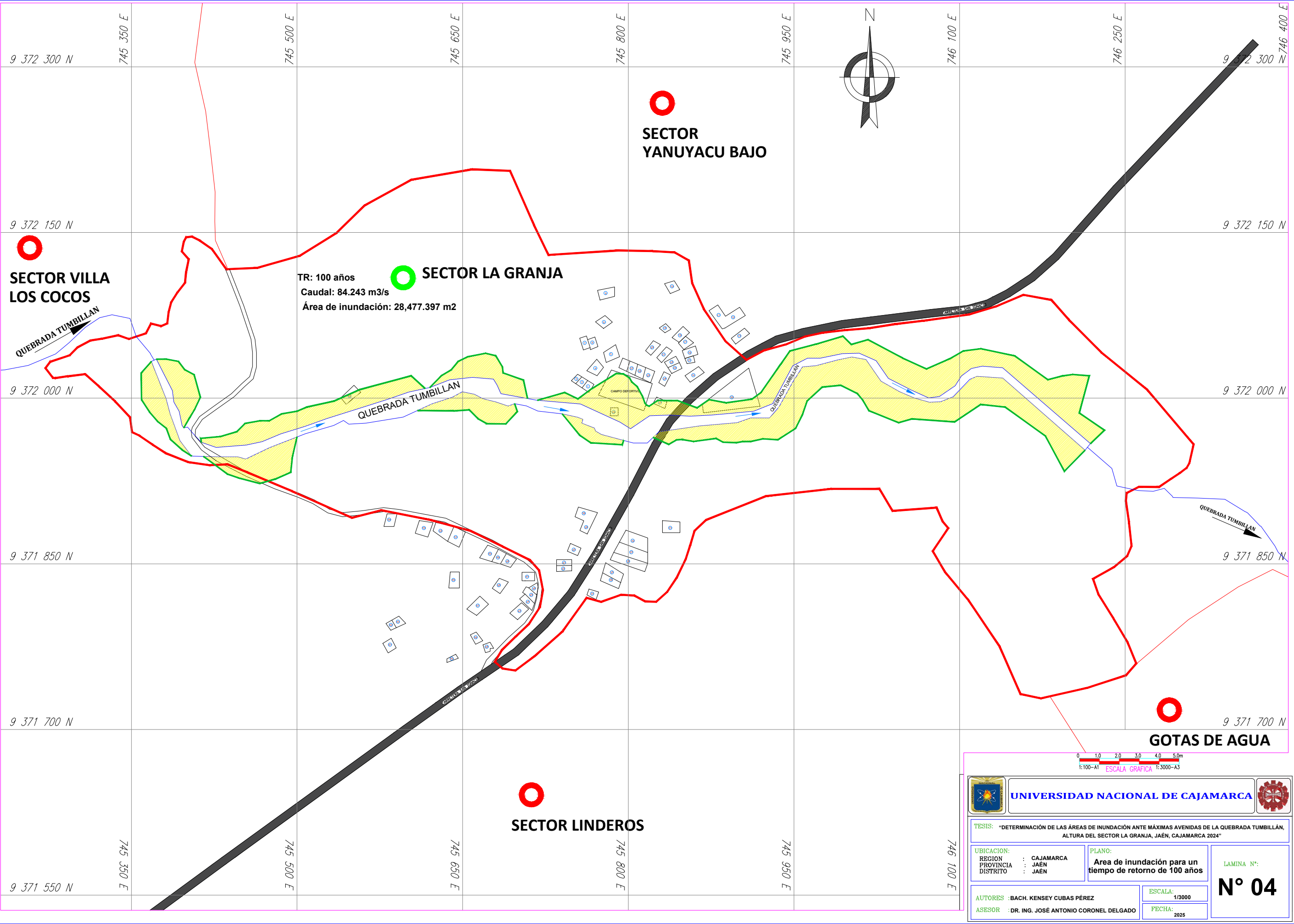


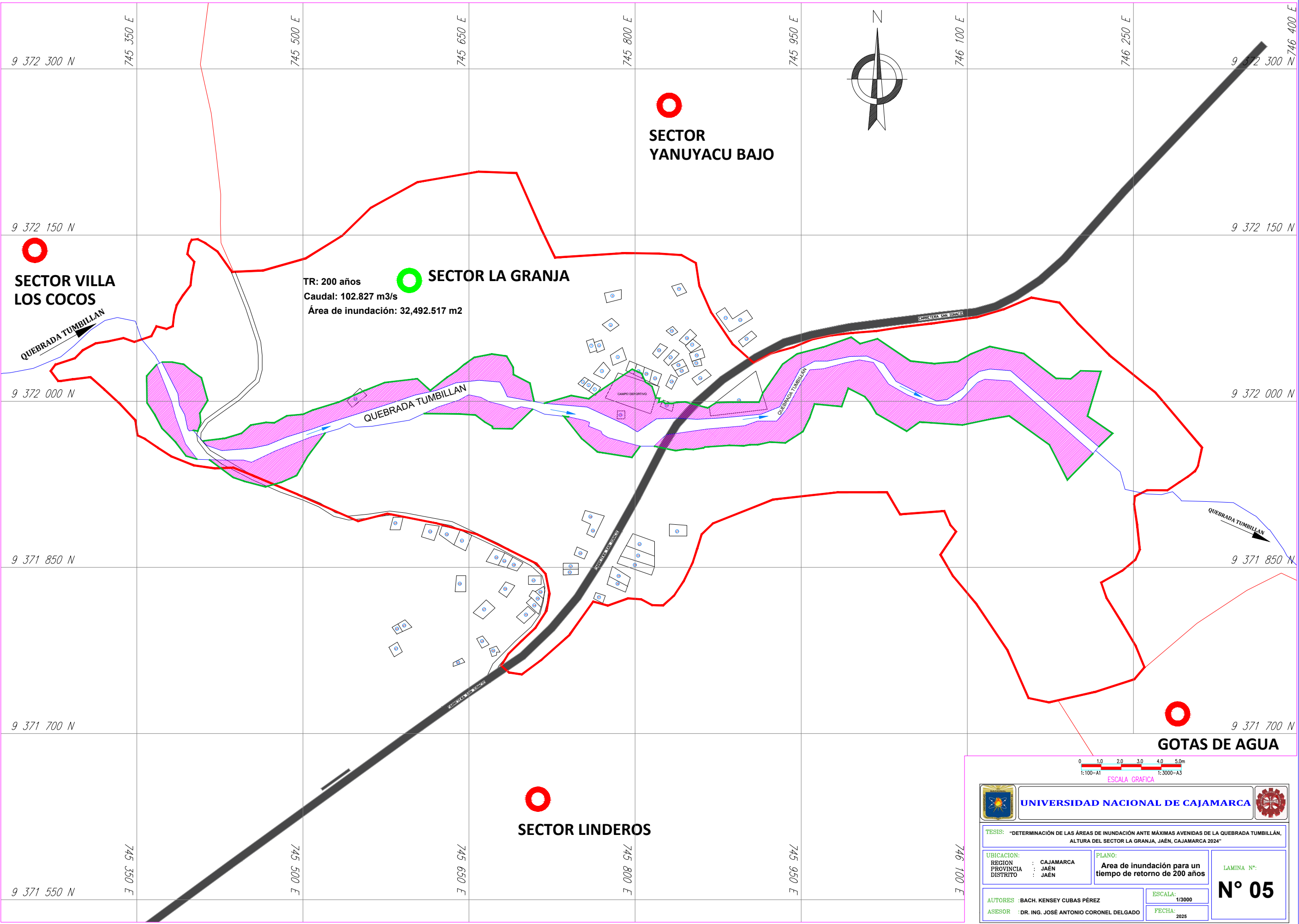
0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0m
1:100-A1 1:3000-A3
ESCALA GRAFICA

 **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA** 

TESIS: "DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE INUNDACIÓN ANTE MÁXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA TUMBILLÁN, ALTURA DEL SECTOR LA GRANJA, JAÉN, CAJAMARCA 2024"

UBICACION: REGION : CAJAMARCA PROVINCIA : JAÉN DISTRITO : JAÉN	PLANO: Area de inundación para un tiempo de retorno de 50 años	LAMINA N°: N° 03
AUTORES : BACH. KENSEY CUBAS PÉREZ	ESCALA: 1/3000	
ASESOR : DR. ING. JOSÉ ANTONIO CORONEL DELGADO	FECHA: 2025	





 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA 	
TESIS: "DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE INUNDACIÓN ANTE MÁXIMAS AVENIDAS DE LA QUEBRADA TUMBILLÁN, ALTURA DEL SECTOR LA GRANJA, JAÉN, CAJAMARCA 2024"	
UBICACION: REGION : CAJAMARCA PROVINCIA : JAÉN DISTRITO : JAÉN	PLANO: Area de inundación para un tiempo de retorno de 200 años
AUTORES : BACH. KENSEY CUBAS PÉREZ ASESOR : DR. ING. JOSÉ ANTONIO CORONEL DELGADO	ESCALA: 1/3000 FECHA: 2025
LAMINA N°: N° 05	

Anexo 7. Data topográfica

PUNTO	COORDENADAS UTM-WGS 84- ZONA 17M			DESCRIPCIÓN
	NORTE	ESTE	COTA	
1	9371973	745824	647.2779	E1
2	9371977.7	745831.604	646.2695	BM1
3	9371973.51	745830.18	646.3265	EJE
4	9371969.9	745828.045	646.5326	EJE
5	9371966.6	745824.576	646.6189	EJE
6	9371963.49	745821.173	646.7438	EJE
7	9371960.69	745816.244	647.0589	EJE
8	9371959.48	745810.16	647.2981	EJE
9	9371959.52	745804.565	647.5327	EJE
10	9371981.99	745834.99	645.9141	PUENTE
11	9371978.09	745834.106	646.4896	PUENTE
12	9371976.93	745833.734	646.826	PUENTE
13	9371972.31	745832.058	646.8349	PUENTE
14	9371982.1	745831.621	646.3004	RIV
15	9371982.16	745830.092	646.9947	RIV
16	9371982.71	745827.47	648.2039	RIV
17	9371980.67	745824.016	648.8238	RIV
18	9371979.42	745825.13	647.5382	RIV
19	9371977.66	745827.974	646.6318	RIV
20	9371976.49	745830.222	646.4992	RIV
21	9371972.03	745828.476	646.5978	RIV
22	9371972.56	745826.046	647.0125	RIV
23	9371974.77	745822.861	647.7074	RIV
24	9371977.79	745820.725	648.6284	RIV
25	9371980.11	745818.355	649.6358	RIV
26	9371973	745817.562	649.3549	RIV
27	9371971.57	745819.429	647.6623	RIV
28	9371968.73	745821.712	647.0328	RIV
29	9371967.19	745824.385	646.7928	RIV
30	9371964.1	745819.682	646.9867	RIV
31	9371966.75	745817.581	647.1939	RIV
32	9371969.72	745815.075	648.5436	RIV
33	9371967.63	745812.526	648.1717	RIV
34	9371964.77	745813.738	647.3514	RIV
35	9371962.57	745815.125	647.173	RIV
36	9371960.36	745810.558	647.3787	RIV
37	9371964.17	745809.746	647.6211	RIV
38	9371963.52	745823.063	646.8441	RIV
39	9371959.86	745823.861	647.6451	RIV
40	9371955.72	745824.477	649.3492	RIV
41	9371955.12	745819.981	650.9312	RIV
42	9371957.35	745819.553	649.4063	RIV
43	9371959.99	745819.006	647.3868	RIV
44	9371959.07	745814.582	647.3497	RIV

45	9371956.26	745813.892	649.2664	RIV
46	9371953.77	745812.827	651.0493	RIV
47	9371952.83	745807.586	651.6195	RIV
48	9371955.14	745807.938	649.947	RIV
49	9371958.01	745808.625	647.5297	RIV
50	9371957.7	745803.091	647.9342	RIV
51	9371955.31	745802.582	649.9574	RIV
52	9371953.02	745801.941	651.5918	RIV
53	9371954.03	745797.645	652.1866	RIV
54	9371956.02	745798.503	650.7483	RIV
55	9371958.85	745800.416	647.7633	RIV
56	9371960.8	745803.451	647.7466	E2
57	9371961	745806.274	647.7344	RE2
58	9371960.8	745803.451	647.7487	EJE
59	9371961.85	745799.472	647.6979	EJE
60	9371962.74	745794.597	647.7619	EJE
61	9371964.25	745788.655	647.8693	EJE
62	9371965.82	745783.511	648.0286	EJE
63	9371967.21	745777.192	648.1846	EJE
64	9371967.99	745771.091	648.3217	EJE
65	9371968.29	745765.253	648.47	EJE
66	9371968.41	745757.906	648.589	EJE
67	9371967.81	745749.593	648.7504	EJE
68	9371967.32	745743.495	648.9342	EJE
69	9371969.23	745741	649.1113	RIV
70	9371971.34	745741.458	649.8614	RIV
71	9371971.34	745741.459	649.8616	RIV
72	9371973.94	745741.954	651.554	RIV
73	9371974.21	745747.081	651.0689	RIV
74	9371971.92	745747.163	649.6394	RIV
75	9371969.1	745747.343	648.9215	RIV
76	9371969.49	745752.883	648.7649	RIV
77	9371971.9	745753.402	649.4537	RIV
78	9371973.86	745753.471	650.5528	RIV
79	9371973.5	745757.768	650.2242	RIV
80	9371971.81	745757.693	649.1895	RIV
81	9371970.5	745757.714	648.6634	RIV
82	9371970.67	745764.337	648.584	RIV
83	9371970.23	745771.009	648.4631	RIV
84	9371971.94	745772.089	649.8171	RIV
85	9371973.38	745778.169	650.8791	RIV
86	9371973.37	745778.174	650.8854	RIV
87	9371970.4	745777.477	649.0894	RIV
88	9371969.04	745777.02	648.278	RIV
89	9371967.78	745782.553	648.1622	RIV
90	9371971.47	745784.954	650.5295	RIV

91	9371975.61	745785.796	650.5631	CASA
92	9371975.9	745793.572	650.4639	CASA
93	9371969.26	745793.3	650.0855	RIV
94	9371965.39	745791.816	647.9455	RIV
95	9371964.47	745800.271	647.7783	RIV
96	9371966.69	745800.724	649.2413	RIV
97	9371960.44	745793.592	647.8934	RIV
98	9371958.87	745793.141	648.0024	RIV
99	9371962.14	745789.131	647.9639	RIV
100	9371959.44	745788.849	648.1038	RIV
101	9371957.18	745793.496	650.03	RIV
102	9371954.35	745793.147	651.7552	RIV
103	9371954.94	745788.112	651.7472	RIV
104	9371957.29	745788.367	650.1143	RIV
105	9371954.7	745781.967	652.2944	RIV
106	9371958.67	745781.764	649.7898	RIV
107	9371960.3	745782.132	648.4163	RIV
108	9371963.1	745782.978	648.1413	RIV
109	9371964.86	745777.54	648.2638	RIV
110	9371961.54	745777.357	648.4334	RIV
111	9371958.79	745777.03	650.2725	RIV
112	9371954.86	745777.241	652.2544	RIV
113	9371958.63	745773.511	650.8464	RIV
114	9371960.81	745773.303	649.5801	RIV
115	9371962.65	745774.002	648.5298	RIV
116	9371965.29	745774.422	648.3161	RIV
117	9371966.18	745768.82	648.4846	RIV
118	9371963.06	745768.545	648.8928	RIV
119	9371959.63	745768.543	650.7703	RIV
120	9371959.92	745763.555	651.0722	RIV
121	9371959.92	745763.556	651.0731	RIV
122	9371962.56	745763.954	649.9874	RIV
123	9371964.51	745764.356	648.7818	RIV
124	9371966.68	745764.208	648.5456	RIV
125	9371966.95	745758.557	648.6623	RIV
126	9371964.57	745758.776	648.924	RIV
127	9371965.78	745759.547	648.8422	E3
128	9371966.18	745763.662	648.6285	RE3
129	9371965.78	745759.547	648.8453	EJE
130	9371967.22	745745.687	648.8063	EJE
131	9371967.08	745738.541	648.9913	EJE
132	9371966.63	745732.219	649.2332	EJE
133	9371967.34	745725.736	649.3465	EJE
134	9371967.59	745718.657	649.557	EJE
135	9371965.33	745711.284	649.7925	EJE
136	9371964.8	745702.979	649.9931	EJE

137	9371964.82	745694.878	650.0396	EJE
138	9371964.85	745686.421	650.2029	EJE
139	9371966.48	745678.307	650.4213	EJE
140	9371968.15	745671.143	650.6945	EJE
141	9371968.75	745662.738	650.7539	EJE
142	9371967.98	745655.083	650.9151	EJE
143	9371967.63	745648.427	651.0284	EJE
144	9371968.82	745648.905	651.2935	RIV
145	9371970.84	745649.304	651.786	RIV
146	9371969.1	745656.007	651.0636	RIV
147	9371970.76	745656.469	651.2683	RIV
148	9371969.58	745663.112	650.9002	RIV
149	9371970.56	745663.078	651.0351	RIV
150	9371969.14	745669.398	650.807	RIV
151	9371970.27	745669.595	650.7402	RIV
152	9371967.7	745676.218	650.6249	RIV
153	9371969.75	745676.398	650.566	RIV
154	9371966.64	745682.215	650.4871	RIV
155	9371969.22	745683.185	650.5345	RIV
156	9371965.27	745689.689	650.3493	RIV
157	9371968.61	745690.123	650.1829	RIV
158	9371965.89	745696.438	650.1881	RIV
159	9371968.47	745697.47	650.0088	RIV
160	9371965.83	745703.512	650.0541	RIV
161	9371968.32	745704.26	649.9179	RIV
162	9371966.59	745710.455	649.8729	RIV
163	9371968.49	745710.705	649.8341	RIV
164	9371968.85	745721.674	649.5456	RIV
165	9371970.35	745722.84	651.0556	RIV
166	9371968.99	745728.292	649.3755	RIV
167	9371969.4	745734.828	649.271	RIV
168	9371970.93	745735.212	650.1813	RIV
169	9371969.13	745740.594	649.0783	RIV
170	9371971.13	745740.772	649.7244	RIV
171	9371964.69	745755.984	649.1043	RIV
172	9371964.69	745751.261	649.167	RIV
173	9371964.05	745751.086	650.2108	RIV
174	9371966.52	745746.554	648.933	RIV
175	9371964.61	745746.571	649.2897	RIV
176	9371963.81	745746.287	650.4552	RIV
177	9371965.27	745740.252	649.1821	RIV
178	9371963.97	745740.207	650.2264	RIV
179	9371965.08	745733.464	649.3208	RIV
180	9371963.56	745733.637	650.0391	RIV
181	9371965.5	745726.802	649.4197	RIV
182	9371963.42	745727.14	649.9431	RIV

183	9371966.68	745718.841	649.6272	RIV
184	9371963.5	745718.91	649.7435	RIV
185	9371961.88	745719.141	650.9124	RIV
186	9371964.46	745711.907	649.8633	RIV
187	9371962.54	745711.883	650.6193	RIV
188	9371968.24	745702.741	649.9745	E4
189	9371968.3	745706.335	649.9461	RE4
190	9371968.24	745702.741	649.9783	RIV
191	9371962.71	745693.906	650.249	RIV
192	9371960.62	745694.346	651.1986	RIV
193	9371962.89	745689.159	650.8402	RIV
194	9371960.9	745688.8	651.9938	RIV
195	9371960.96	745684.307	652.6045	RIV
196	9371963.34	745684.185	651.4297	RIV
197	9371961.64	745678.144	653.1058	RIV
198	9371964.26	745678.44	652.2718	RIV
199	9371964.54	745672.382	652.1693	RIV
200	9371961.85	745672.814	653.0894	RIV
201	9371961.44	745668.432	653.1351	RIV
202	9371963.65	745668.684	652.6652	RIV
203	9371962.15	745663.113	653.0826	RIV
204	9371965.74	745663.384	650.9263	RIV
205	9371966.13	745657.072	651.1187	RIV
206	9371964.43	745657.527	651.5092	RIV
207	9371965.93	745649.044	651.4029	RIV
208	9371963.94	745649.657	651.5857	RIV
209	9371964.16	745648.357	651.5312	E5
210	9371965.71	745652.681	651.3092	RE5
211	9371964.16	745648.357	651.5401	EJE
212	9371961.28	745642.096	651.557	EJE
213	9371957.4	745634.206	651.8111	EJE
214	9371956.35	745625.862	652.0006	EJE
215	9371951.57	745617.4	652.3771	EJE
216	9371945.49	745611.57	652.6138	EJE
217	9371940.32	745603.608	652.908	EJE
218	9371936.34	745595.903	653.1811	EJE
219	9371933.14	745589.733	653.3687	EJE
220	9371930.95	745583.365	653.8092	EJE
221	9371928.42	745573.97	653.9802	EJE
222	9371926.16	745566.952	654.4406	EJE
223	9371922.75	745560.825	654.607	EJE
224	9371918.27	745554.612	654.6623	EJE
225	9371914.65	745547.926	654.7908	EJE
226	9371914.04	745548.659	655.0566	RIV
227	9371913.34	745549.944	655.7808	RIV
228	9371917.24	745554.355	654.838	RIV

229	9371915.21	745555.663	656.5191	RIV
230	9371921.25	745560.978	654.6858	RIV
231	9371919.03	745562.665	655.8422	RIV
232	9371924.19	745567.198	654.5884	RIV
233	9371921.45	745569.319	655.2923	RIV
234	9371927.33	745573.955	654.269	RIV
235	9371924.17	745576.211	654.6041	RIV
236	9371929.22	745581.283	654.0384	RIV
237	9371926.72	745583.16	654.8481	RIV
238	9371931.76	745588.494	653.6294	RIV
239	9371929.73	745590.442	654.2709	RIV
240	9371935.39	745595.749	653.323	RIV
241	9371933.72	745597.058	654.2084	RIV
242	9371937.76	745601.89	653.31	RIV
243	9371936.15	745602.645	654.0025	RIV
244	9371940.98	745606.927	653.0041	RIV
245	9371938.48	745608.665	653.3031	RIV
246	9371944.28	745612.521	652.9388	RIV
247	9371941.28	745615.167	653.4025	RIV
248	9371948.75	745616.652	652.7472	RIV
249	9371946.52	745620.09	652.5521	RIV
250	9371944.59	745622.204	652.9241	RIV
251	9371948.14	745627.462	652.4826	RIV
252	9371950.77	745626.344	652.1802	RIV
253	9371955.5	745623.963	652.3479	RIV
254	9371955.75	745631.219	652.1067	RIV
255	9371952.53	745633.777	652.5154	RIV
256	9371954.57	745638.629	652.6905	RIV
257	9371957.7	745637.721	651.903	RIV
258	9371960.24	745641.888	651.7353	RIV
259	9371957.52	745644.441	652.5692	RIV
260	9371969.88	745677.783	650.6125	RIV
261	9371973.76	745677.338	650.9226	RIV
262	9371976	745677.246	652.3792	RIV
263	9371979	745676.995	653.201	RIV
264	9371980.24	745670.702	653.1756	RIV
265	9371977.42	745670.571	653.127	RIV
266	9371975.27	745670.504	652.0114	RIV
267	9371974.49	745665.705	652.1022	RIV
268	9371976.61	745665.059	653.2646	RIV
269	9371979.85	745664.098	653.3978	RIV
270	9371978.98	745658.774	653.6674	RIV
271	9371976.08	745658.953	653.5624	RIV
272	9371973.65	745659.092	652.4723	RIV
273	9371972.32	745653.691	652.1065	RIV
274	9371974.55	745652.889	653.7497	RIV

275	9371977.49	745651.611	653.9224	RIV
276	9371975.73	745646.564	653.9272	RIV
277	9371972.76	745647.333	653.8262	RIV
278	9371970.56	745647.642	652.8984	RIV
279	9371968.52	745642.326	653.2505	RIV
280	9371971.46	745639.865	653.9049	RIV
281	9371968.47	745634.523	653.9471	RIV
282	9371965.88	745636.602	653.4656	RIV
283	9371963.47	745631.735	653.5774	RIV
284	9371966.6	745630.413	654.0852	RIV
285	9371964.6	745625.544	654.0532	RIV
286	9371961.29	745627.013	653.7456	RIV
287	9371959.21	745622.772	654.2214	RIV
288	9371963.23	745620.819	654.4142	RIV
289	9371960.65	745616.021	654.5213	RIV
290	9371956.99	745618.535	654.4712	RIV
291	9371953.12	745613.881	654.3893	RIV
292	9371955.86	745612.326	654.906	RIV
293	9371954.05	745606.629	655.2359	RIV
294	9371950.27	745608.672	654.7418	RIV
295	9371947.12	745602.896	655.6647	RIV
296	9371950.9	745601.46	655.5717	RIV
297	9371948.14	745595.423	656.0217	RIV
298	9371944.35	745597.545	655.7854	RIV
299	9371942.62	745592.964	656.0799	RIV
300	9371946.74	745591.965	656.3147	RIV
301	9371943.46	745587.805	656.2547	RIV
302	9371939.58	745589.116	655.2242	RIV
303	9371937.98	745583.872	656.1622	RIV
304	9371937.59	745584.371	655.9348	RIV
305	9371934.26	745585.863	653.7835	RIV
306	9371932.35	745579.908	654.0454	RIV
307	9371933.74	745579.519	654.9386	RIV
308	9371930.14	745574.677	654.1501	RIV
309	9371931.71	745574.33	654.9533	RIV
310	9371929.45	745569.915	654.3501	RIV
311	9371913.77	745555.338	657.1844	RIV
312	9371912.22	745556.8	657.8585	RIV
313	9371914.04	745561.73	657.2775	RIV
314	9371917.15	745561.325	656.9524	RIV
315	9371918.68	745566.118	656.7444	RIV
316	9371915.94	745569.001	657.0221	RIV
317	9371916.98	745574.35	656.8999	RIV
318	9371920.88	745572.658	656.5933	RIV
319	9371922.62	745578.115	656.3501	RIV
320	9371920.52	745579.688	656.5427	RIV

321	9371924.95	745583.85	656.1501	RIV
322	9371922.41	745585.679	656.2919	RIV
323	9371924.18	745590.647	656.1047	RIV
324	9371927.82	745589.437	655.845	RIV
325	9371930.27	745593.995	655.8656	RIV
326	9371926.65	745596.856	656.0402	RIV
327	9371929.02	745601.836	655.7732	RIV
328	9371932.75	745600.629	655.6802	RIV
329	9371934.96	745604.66	655.0773	RIV
330	9371932.66	745606.848	655.2555	RIV
331	9371935	745610.255	654.9373	RIV
332	9371937.61	745609.322	654.6781	RIV
333	9371939.81	745613.697	654.1676	RIV
334	9371938.49	745614.989	654.2961	RIV
335	9371942	745618.89	653.9471	RIV
336	9371944.24	745617.184	652.5226	RIV
337	9371945.05	745622.592	652.8528	RIV
338	9371947.29	745621.648	652.2755	RIV
339	9371948.14	745627.879	652.8809	RIV
340	9371950.27	745626.957	652.2973	RIV
341	9371952.27	745633.446	652.6808	RIV
342	9371954.65	745632.821	652.0316	RIV
343	9371905.99	745533.608	656.1761	E6
344	9371908.65	745537.17	655.8633	RE6
345	9371905.99	745533.608	656.1817	RIV
346	9371922.79	745558.047	654.6959	RIV
347	9371924.22	745557.067	655.3565	RIV
348	9371919.9	745553.348	654.8562	RIV
349	9371921.3	745552.722	655.7881	RIV
350	9371917.15	745548.704	654.9455	RIV
351	9371918.51	745547.368	655.975	RIV
352	9371914.42	745542.781	655.3575	RIV
353	9371915.47	745542.039	656.0134	RIV
354	9371911.83	745537.749	655.7031	RIV
355	9371912.63	745537.017	656.6048	RIV
356	9371908.56	745532.884	655.8862	RIV
357	9371909.96	745532.213	657.2424	RIV
358	9371906.7	745526.268	657.4667	RIV
359	9371904.74	745527.554	656.1131	RIV
360	9371900.89	745522.859	656.2144	RIV
361	9371903.47	745521.407	656.6106	RIV
362	9371897.44	745516.451	656.3834	RIV
363	9371898.7	745516.24	656.6664	RIV
364	9371894.35	745508.948	656.7838	RIV
365	9371895.52	745508.298	657.9552	RIV
366	9371890.89	745505.248	656.9261	RIV

367	9371887.75	745502.102	656.9814	RIV
368	9371888.48	745500.489	657.5349	RIV
369	9371882.76	745495.73	657.4011	RIV
370	9371884.23	745494.994	657.4833	RIV
371	9371879.38	745488.513	657.6935	RIV
372	9371880.04	745487.789	658.1182	RIV
373	9371874.47	745483.695	657.9868	RIV
374	9371875.91	745482.987	658.0546	RIV
375	9371871.51	745478.827	658.0572	RIV
376	9371873.03	745478.57	658.5089	RIV
377	9371870.42	745479.811	657.9947	EJE
378	9371873.14	745484.198	657.8618	EJE
379	9371877.46	745488.163	657.6628	EJE
380	9371880.63	745492.221	657.4704	EJE
381	9371883.38	745497.764	657.1632	EJE
382	9371886.45	745501.884	656.8988	EJE
383	9371889.58	745506.865	656.778	EJE
384	9371894.21	745512.575	656.5021	EJE
385	9371896.51	745517.387	656.2594	EJE
386	9371898.72	745522.027	656.0683	EJE
387	9371901.9	745526.718	655.953	EJE
388	9371910.33	745543.781	655.6536	RIV
389	9371911.24	745543.055	655.2841	RIV
390	9371907.46	745538.321	655.7971	RIV
391	9371906.41	745538.901	656.3656	RIV
392	9371903.38	745531.199	656.0452	RIV
393	9371901.71	745532.011	656.758	RIV
394	9371905.08	745539.677	658.1737	RIV
395	9371902.21	745535.799	657.7582	RIV
396	9371899.68	745531.303	658.2736	RIV
397	9371897.83	745527.1	658.3618	RIV
398	9371899.58	745525.624	656.1749	RIV
399	9371896.8	745521.296	656.38	RIV
400	9371895.45	745522.834	657.7675	RIV
401	9371894.12	745516.283	656.5002	RIV
402	9371892.42	745517.261	657.6142	RIV
403	9371891.7	745510.916	656.8053	RIV
404	9371889.96	745512.674	657.1892	RIV
405	9371887.79	745506.115	657.0987	RIV
406	9371886.29	745507.172	657.2514	RIV
407	9371884.03	745500.956	657.2833	RIV
408	9371882.88	745502.074	657.417	RIV
409	9371880.41	745495.009	657.4954	RIV
410	9371878.51	745496.574	657.592	RIV
411	9371876.89	745489.797	657.7715	RIV
412	9371875.08	745491.846	657.8391	RIV

413	9371871.98	745485.636	657.8958	RIV
414	9371871.12	745486.718	658.1238	RIV
415	9371868.15	745474.033	658.501	E7
416	9371869.65	745480.072	658.2449	RE7
417	9371869.65	745480.072	658.3548	EJE
418	9371867.88	745469.137	658.1487	EJE
419	9371866.16	745464.248	658.3543	EJE
420	9371863.62	745458.058	658.507	EJE
421	9371861.46	745453.482	658.8844	RIV
422	9371858.31	745448.197	659.1439	RIV
423	9371856.62	745449.302	659.428	RIV
424	9371860.01	745454.02	659.0045	RIV
425	9371857.6	745456.052	659.2331	RIV
426	9371855.42	745458.664	659.6513	RIV
427	9371862.95	745461.69	658.7776	RIV
428	9371860.65	745463.922	658.977	RIV
429	9371857.68	745466.393	659.0108	RIV
430	9371859.84	745471.524	658.7041	RIV
431	9371863.87	745469.549	658.6601	RIV
432	9371866	745469.02	658.3931	RIV
433	9371867.02	745474.257	658.1277	RIV
434	9371865.11	745475.808	658.3635	RIV
435	9371863.8	745477.102	659.1241	RIV
436	9371872.14	745478.297	658.1513	RIV
437	9371874.62	745477.379	658.887	RIV
438	9371870.53	745473.078	658.1105	RIV
439	9371872.4	745472.99	659.2144	RIV
440	9371868.96	745468.842	658.256	RIV
441	9371871.33	745468.158	658.8744	RIV
442	9371854.32	745453.975	660.3854	E8
443	9371857.38	745458.475	659.4592	RE8
444	9371854.32	745453.975	660.5245	CARR
445	9371838.7	745472.804	663.7594	CARR
446	9371841.44	745473.206	663.6444	CARR
447	9371844.11	745472.814	663.6408	CARR
448	9371845.74	745468.751	663.0987	CARR
449	9371844.78	745467.164	662.9278	CARR
450	9371843.58	745465.959	662.9331	CARR
451	9371843.75	745462.067	663.2166	CARR
452	9371840.58	745463.319	663.2827	CARR
453	9371845.89	745461.882	662.1266	CARR
454	9371847.8	745461.819	661.801	CARR
455	9371850.69	745460.822	661.4764	CARR
456	9371852.19	745457.311	660.8792	CARR
457	9371850.39	745456.384	660.8701	CARR
458	9371848.74	745455.179	661.0606	CARR

459	9371849.45	745450.927	660.5019	CARR
460	9371851.85	745451.48	660.2914	CARR
461	9371854.27	745451.227	660.2261	CARR
462	9371854.8	745447.411	659.9821	CARR
463	9371852.28	745445.697	660.0812	CARR
464	9371850.67	745444.418	660.114	CARR
465	9371854.42	745441.893	660.1338	CARR
466	9371852.91	745440.729	660.1012	CARR
467	9371851.22	745440.225	660.156	CARR
468	9371851.44	745435.989	660.2201	CARR
469	9371853.2	745435.795	660.2103	CARR
470	9371855.09	745435.457	660.2525	CARR
471	9371855.87	745430.784	660.3047	CARR
472	9371853.65	745430.327	660.3508	CARR
473	9371852.15	745430.04	660.4588	CARR
474	9371854.24	745425.582	660.4385	CARR
475	9371856.25	745425.451	660.446	CARR
476	9371857.58	745425.459	660.2977	CARR
477	9371859.26	745424.133	660.2892	CARR
478	9371857.93	745422.407	660.4801	CARR
479	9371857.86	745420.113	660.6393	CARR
480	9371863.18	745420.427	660.7046	CARR
481	9371862.62	745422.904	660.6164	CARR
482	9371862.38	745425.026	660.5957	CARR
483	9371864.39	745425.855	660.5777	CARR
484	9371866.15	745422.46	660.7227	CARR
485	9371865.65	745424.131	660.6088	CARR
486	9371869.09	745424.426	660.7638	CARR
487	9371867.72	745425.995	660.7362	CARR
488	9371866.58	745427.892	660.7813	CARR
489	9371861.5	745448.995	658.6523	EJE
490	9371862.99	745453.243	658.5605	EJE
491	9371859.56	745442.947	658.8672	EJE
492	9371858.41	745436.893	659.4185	EJE
493	9371858.8	745431.199	659.7058	EJE
494	9371858.89	745425.526	660.2918	EJE
495	9371861.42	745418.64	660.5227	EJE
496	9371866.84	745412.418	660.7027	EJE
497	9371872.56	745409.834	660.9793	EJE
498	9371878.69	745406.544	661.056	EJE
499	9371879.02	745407.68	661.2005	RIV
500	9371879.22	745408.72	661.1379	RIV
501	9371871.78	745411.646	661.0236	RIV
502	9371873.92	745413.509	661.0129	RIV
503	9371875.68	745414.849	660.8404	RIV
504	9371873.3	745418.765	660.7529	RIV

505	9371869.75	745417.238	660.8818	RIV
506	9371865.85	745415.025	660.8402	RIV
507	9371862.18	745419.635	660.6418	RIV
508	9371864.96	745422.295	660.7342	RIV
509	9371868.04	745424.632	660.7085	RIV
510	9371866.42	745430.234	660.8597	RIV
511	9371863.26	745429.173	660.4482	RIV
512	9371860.99	745428.233	660.0932	RIV
513	9371861.23	745434.687	659.6303	RIV
514	9371863.81	745436.138	659.9872	RIV
515	9371865.64	745437.365	659.9637	RIV
516	9371864.29	745441.736	659.6367	RIV
517	9371861.3	745441.591	659.343	RIV
518	9371855.84	745446.235	659.8061	RIV
519	9371859.18	745445.927	659.0971	RIV
520	9371857.9	745441.318	659.3445	RIV
521	9371856.34	745441.126	660.0769	RIV
522	9371855.53	745436.307	660.1161	RIV
523	9371857.22	745435.197	659.6615	RIV
524	9371855.84	745427.411	660.3443	RIV
525	9371853.19	745426.759	660.4367	RIV
526	9371850.76	745426.085	660.9759	RIV
527	9371855.69	745419.867	660.7023	RIV
528	9371857.58	745420.886	660.6024	RIV
529	9371860.5	745415.805	660.759	RIV
530	9371859.64	745414.472	661.1548	RIV
531	9371865.28	745412.422	660.8628	RIV
532	9371863.64	745411.147	661.3007	RIV
533	9371869.53	745408.632	661.0054	RIV
534	9371868.84	745407.508	661.7146	RIV
535	9371870.52	745413.374	661.0463	E9
536	9371866.25	745415.426	660.9388	RE9
537	9371848.87	745453.817	661.203	BM2
538	9371870.52	745413.374	661.1626	EJE
539	9371882.73	745405.088	661.018	EJE
540	9371889.34	745400.676	661.2467	EJE
541	9371894.25	745394.444	661.2317	EJE
542	9371902.16	745392.054	661.5318	EJE
543	9371908.82	745389.444	661.84	EJE
544	9371914.11	745382.811	662.1398	EJE
545	9371917.49	745379.281	662.1591	EJE
546	9371922.23	745375.863	662.5141	EJE
547	9371927.02	745371.335	662.6354	EJE
548	9371928.09	745372.448	662.8887	RIV
549	9371929.46	745374.825	663.2764	RIV
550	9371925.05	745379.61	663.4976	RIV

551	9371922.09	745376.891	662.5738	RIV
552	9371918.02	745381.008	662.3823	RIV
553	9371919.63	745383.24	662.4311	RIV
554	9371915.92	745386.521	662.2428	RIV
555	9371914.41	745385.402	662.2081	RIV
556	9371912.82	745388.197	662.1254	RIV
557	9371905.22	745393.253	661.8236	RIV
558	9371905.57	745394.508	662.4214	RIV
559	9371900.96	745397.659	662.193	RIV
560	9371898.55	745394.383	661.5877	RIV
561	9371893.1	745395.682	661.444	RIV
562	9371894.22	745399.658	661.6519	RIV
563	9371890.33	745402.36	661.3124	RIV
564	9371887.63	745400.294	661.221	RIV
565	9371884.72	745405.439	661.2593	RIV
566	9371883.86	745404.227	661.0648	RIV
567	9371882.29	745400.564	661.5471	RIV
568	9371885.33	745398.191	661.7037	RIV
569	9371888.94	745395.027	661.9473	RIV
570	9371891.73	745393.165	662.3798	RIV
571	9371897.25	745391.645	661.5326	RIV
572	9371902.93	745390.87	661.6938	RIV
573	9371901.49	745388.961	662.2214	RIV
574	9371908.27	745389.153	661.9523	RIV
575	9371905.91	745386.566	662.4593	RIV
576	9371908.94	745382.439	662.7548	RIV
577	9371911.84	745385.113	662.2713	RIV
578	9371915.41	745380.506	662.5978	RIV
579	9371913.64	745379.538	662.896	RIV
580	9371919.52	745376.807	662.5226	RIV
581	9371918.6	745376.346	663.1684	RIV
582	9371924.54	745372.496	662.6597	RIV
583	9371870.19	745428.597	661.0282	CARR
584	9371869.7	745430.817	661.1297	CARR
585	9371871.43	745425.656	661.1802	CARR
586	9371873.97	745431.038	661.6163	CARR
587	9371872.99	745432.254	661.9577	CARR
588	9371874.77	745428.967	661.7161	CARR
589	9371878.57	745434.758	662.4244	CARR
590	9371877.34	745436.174	662.6367	CARR
591	9371879.81	745432.263	662.6039	CARR
592	9371981	745819	649.7277	BM1
593	9371993.4	745822.896	650.1857	CASA
594	9371998.15	745824.517	650.0986	CASA
595	9372012.37	745823.432	649.6733	CASA
596	9372012.68	745821.337	649.8183	CASA

597	9372012.8	745819.058	649.9044	CASA
598	9372013.18	745814.527	650.0027	CASA
599	9372014.65	745805.735	650.2511	CASA
600	9372015.38	745804.548	650.2749	CASA
601	9372016.73	745796.176	650.2742	CASA
602	9372017.58	745791.219	650.2769	CASA
603	9372018.78	745785.214	650.3239	CASA
604	9372019.09	745777.967	650.4506	CASA
605	9372018.65	745775.086	650.5569	CASA
606	9372011.96	745770.257	650.5345	CASA
607	9372003.4	745767.908	650.5408	CASA
608	9371996.47	745765.976	650.6667	CASA
609	9371991.87	745764.734	650.7575	CASA
610	9371987.99	745763.915	650.8068	CASA
611	9371983.78	745763.733	651.2386	PO
612	9371978.79	745787.026	650.5547	CASA
613	9371978.79	745794.898	650.3926	CASA
614	9371980.76	745792.991	650.3904	PO
615	9371979.44	745816.408	649.9175	PO
616	9371983.79	745814.731	649.8901	CAMPO
617	9371989.22	745814.396	649.766	CAMPO
618	9371994.08	745814.736	649.7399	CAMPO
619	9371998.87	745814.946	649.705	CAMPO
620	9372004.16	745815.503	649.7796	CAMPO
621	9372008.67	745816.045	649.7483	CAMPO
622	9372009.35	745811.114	649.7909	CAMPO
623	9372004.65	745810.059	649.792	CAMPO
624	9371999.77	745809.388	649.7518	CAMPO
625	9371994.89	745808.748	649.7712	CAMPO
626	9371990.3	745808.101	649.7929	CAMPO
627	9371985.39	745807.646	649.8792	CAMPO
628	9371984.48	745803.14	649.9219	CAMPO
629	9371988.89	745803.556	649.8434	CAMPO
630	9371993.3	745804.495	649.7981	CAMPO
631	9371997.54	745805.285	649.771	CAMPO
632	9372002	745805.875	649.7964	CAMPO
633	9372006.65	745806.485	649.8142	CAMPO
634	9372010.58	745807.22	649.7987	CAMPO
635	9372011.48	745802.741	649.8522	CAMPO
636	9372006.96	745802.027	649.8488	CAMPO
637	9372002.47	745801.628	649.8499	CAMPO
638	9371997.85	745801.259	649.837	CAMPO
639	9371993.57	745801.05	649.8617	CAMPO
640	9371989.46	745800.901	649.8703	CAMPO
641	9371984.71	745800.658	649.9821	CAMPO
642	9371985.04	745792.65	650.1175	CAMPO

643	9371989.5	745792.75	650.033	CAMPO
644	9371994.3	745793.14	649.9413	CAMPO
645	9371998.93	745794.021	649.9162	CAMPO
646	9372003.08	745794.533	649.916	CAMPO
647	9372007.94	745795.091	649.9329	CAMPO
648	9372009.6	745789.676	650.0826	CAMPO
649	9372004.94	745788.633	650.0112	CAMPO
650	9372000.2	745787.692	649.9964	CAMPO
651	9371995.49	745786.91	650.0441	CAMPO
652	9371990.64	745786.244	650.1039	CAMPO
653	9371985.72	745785.916	650.2761	CAMPO
654	9371985.14	745780.399	650.2659	CAMPO
655	9371990.32	745780.651	650.1893	CAMPO
656	9371995.21	745781.576	650.1325	CAMPO
657	9372000.28	745782.437	650.1082	CAMPO
658	9372005.11	745783.16	650.0999	CAMPO
659	9372010.16	745784.176	650.1525	CAMPO
660	9372011.78	745778.587	650.2935	CAMPO
661	9372007.11	745777.218	650.2253	CAMPO
662	9372002.59	745775.823	650.1849	CAMPO
663	9371997.63	745774.447	650.2039	CAMPO
664	9371992.65	745773.256	650.2842	CAMPO
665	9371987.73	745772.177	650.3503	CAMPO
666	9371973	745824	647.2755	E1
667	9371986.33	745836.879	649.871	PISTA
668	9371982.2	745836.173	649.9787	PISTA
669	9371977.86	745834.829	650.1171	PISTA
670	9371973.28	745833.477	650.2519	PISTA
671	9371968.22	745831.951	650.4144	PISTA
672	9371964.21	745831.013	650.5472	PISTA
673	9371960.8	745829.903	650.651	PISTA
674	9371981.55	745838.737	645.9777	EJE
675	9371977.63	745836.966	646.6338	PILAR
676	9371978.77	745842.657	646.4862	PILAR
677	9371979.75	745847.252	646.1668	PILAR
678	9371975.46	745846.35	646.4458	PILAR
679	9371974.57	745842.13	646.6061	PILAR
680	9371973.51	745837.337	646.7614	PILAR
681	9371972.5	745832.427	646.832	PILAR
682	9371979.65	745857.349	645.9588	E10
683	9371977.2	745853.981	646.4315	RE10
684	9371979.65	745857.349	645.9634	RE10
685	9371974.22	745844.48	649.7471	PISTA
686	9371978.94	745845.701	649.5517	PISTA
687	9371983.78	745847.278	649.371	PISTA
688	9371988.3	745848.855	649.2237	PISTA

689	9371992.12	745850.479	649.1252	PISTA
690	9371985.71	745850.33	646.048	PILAR
691	9371984.52	745845.659	646.1533	PILAR
692	9371981.79	745848.172	645.7052	EJE
693	9371982.83	745855.579	645.6261	EJE
694	9371983.69	745862.44	645.2596	EJE
695	9371985.79	745869.043	645.1716	EJE
696	9371990.06	745875.544	644.9888	EJE
697	9371993.94	745881.413	644.9286	EJE
698	9371997.32	745887.592	644.7274	EJE
699	9371999.69	745894.096	644.5596	EJE
700	9372000.86	745901.049	644.4731	EJE
701	9372001.9	745905.453	644.3593	EJE
702	9372000.31	745903.028	644.5319	RIV
703	9371999.5	745897.46	644.6537	RIV
704	9371997.92	745897.853	644.6654	RIV
705	9371997.92	745891.064	644.8037	RIV
706	9371995.53	745891.635	644.8845	RIV
707	9371995.41	745885.658	644.9065	RIV
708	9371992.73	745886.373	645.126	RIV
709	9371991.85	745880.606	644.9991	RIV
710	9371990.15	745880.955	645.166	RIV
711	9371989.39	745876.927	645.0573	RIV
712	9371988.55	745877.162	645.1335	RIV
713	9371989.09	745872.372	645.2753	RIV
714	9371991.7	745870.811	645.5299	RIV
715	9371986.51	745867.818	645.3464	RIV
716	9371989.61	745865.715	645.6633	RIV
717	9371988.75	745860.791	645.7881	RIV
718	9371984.17	745860.97	645.5366	RIV
719	9371983.53	745855.538	645.6874	RIV
720	9371986.8	745854.63	646.1234	RIV
721	9371980.37	745853.973	645.7433	RIV
722	9371977.38	745856.594	646.396	RIV
723	9371979.23	745861.294	645.9945	RIV
724	9371982.03	745860.249	645.5168	RIV
725	9371983.11	745866.468	645.4011	RIV
726	9371995.14	745886.782	644.9641	E11
727	9371997.11	745892.205	644.9853	RE11
728	9371995.14	745886.782	644.9703	EJE
729	9372001.26	745904.977	644.3052	EJE
730	9372001.78	745911.605	644.2374	EJE
731	9372004.08	745917.666	644.1504	EJE
732	9372007.29	745920.718	643.8422	EJE
733	9372006.16	745921.454	644.1792	RIV
734	9372003.68	745921.954	644.1612	RIV

735	9372001.86	745922.292	644.1055	MURO
736	9372000.63	745917.682	644.2977	MURO
737	9372003.35	745926.458	644.0165	MURO
738	9372003.1	745926.58	644.2364	MURO
739	9372007.44	745928.934	643.6228	MURO
740	9372010.75	745930.427	643.5176	MURO
741	9372000.19	745914.4	644.3257	RIV
742	9371999.53	745909.041	644.47	RIV
743	9372000.05	745904.858	644.4663	RIV
744	9371998.27	745904.504	644.6322	RIV
745	9371999.81	745885.803	645.1218	RIV
746	9372002.03	745886.075	646.5825	RIV
747	9372004.16	745891.132	647.0909	RIV
748	9372001.75	745891.267	645.6825	RIV
749	9372002.23	745895.109	645.531	RIV
750	9372004.75	745895.106	647.217	RIV
751	9371986.3	745882.129	647.176	RIV
752	9371987.8	745886.612	647.0176	RIV
753	9371989.87	745891.511	646.43	RIV
754	9371991.44	745896.487	645.7164	RIV
755	9371993.07	745899.936	645.4207	RIV
756	9372008.46	745927.629	643.9042	E12
757	9372006.54	745923.142	644.1697	RE12
758	9372008.46	745927.629	643.9049	EJE
759	9372012.92	745928.422	643.4617	EJE
760	9372020.71	745930.902	642.3371	EJE
761	9372026.11	745932.969	642.1597	EJE
762	9372034.69	745935.726	642.0476	EJE
763	9372041.97	745937.563	641.817	EJE
764	9372049.29	745939.103	641.635	EJE
765	9372054.99	745941.989	641.3608	EJE
766	9372053.92	745942.861	641.5967	RIV
767	9372049.64	745941.317	641.887	RIV
768	9372044.48	745939.344	641.981	RIV
769	9372040.1	745938.35	642.0099	RIV
770	9372034.22	745937.345	642.0829	RIV
771	9372029.51	745936.107	642.2606	RIV
772	9372024.76	745935.409	642.5636	RIV
773	9372020.09	745932.985	642.6668	RIV
774	9372020.63	745928.739	643.2438	RIV
775	9372025.54	745930.838	642.6114	RIV
776	9372030.09	745932.881	642.1377	RIV
777	9372034.88	745934.088	642.1565	RIV
778	9372038.67	745935.013	642.0193	RIV
779	9372043.78	745936.289	641.8812	RIV
780	9372047.96	745937.184	641.7655	RIV

781	9372051.28	745940.47	641.7839	E13
782	9372054.58	745942.429	641.5556	RE13
783	9372051.28	745940.47	641.7899	EJE
784	9372058.29	745946.712	641.0565	EJE
785	9372058.7	745952.346	640.9992	EJE
786	9372067.06	745969.814	640.3278	EJE
787	9372070.56	745974.747	640.2288	EJE
788	9372072.51	745980.334	640.1568	EJE
789	9372073.36	745984.224	640.1088	EJE
790	9372074.19	745984.573	640.0924	EJE
791	9372073.12	745984.635	640.169	RIV
792	9372071.16	745980.174	640.2768	RIV
793	9372068.93	745975.645	640.3712	RIV
794	9372066.72	745971.462	640.3951	RIV
795	9372060.39	745953.205	641.0905	RIV
796	9372062.1	745953.049	641.4415	RIV
797	9372062.77	745959.256	640.8988	RIV
798	9372064.53	745958.903	641.2125	RIV
799	9372065.18	745965.016	640.709	RIV
800	9372066.92	745964.273	641.2054	RIV
801	9372068.21	745970.05	640.3996	RIV
802	9372069.33	745969.117	640.9868	RIV
803	9372071.66	745974.014	640.572	RIV
804	9372072.96	745977.608	640.347	RIV
805	9372074.13	745986.584	640.169	E14
806	9372076.57	745991.064	640.0676	E14
807	9372074.13	745986.584	640.1731	EJE
808	9372075	745994.45	639.794	EJE
809	9372074.52	745999.7	639.642	EJE
810	9372073.49	746004.859	639.4887	EJE
811	9372074.46	746005.035	639.7017	RIV
812	9372076.03	746005.456	639.8754	RIV
813	9372077.46	745997.217	640.0381	RIV
814	9372077.15	745993.07	640.0294	RIV
815	9372074.05	745992.394	639.953	RIV
816	9372074.07	745996.658	639.8495	RIV
817	9372073.72	746000.741	639.7056	RIV
818	9372073.67	746005.612	639.756	E15
819	9372073.21	746009.045	639.822	RE15
820	9372073.67	746005.612	639.7605	EJE
821	9372069.77	746009.824	639.2559	EJE
822	9372065.26	746013.543	638.9531	EJE
823	9372060.25	746018.129	638.4896	EJE
824	9372060.02	746016.349	639.1081	RIV
825	9372063.05	746013.39	639.2864	RIV
826	9372067	746009.916	639.4326	RIV

827	9372068.85	746007.132	639.7355	RIV
828	9372071.47	746003.486	639.7899	RIV
829	9372070.81	746012.105	639.7446	RIV
830	9372068.33	746015.775	639.6086	RIV
831	9372061.83	746018.231	638.9211	RIV
832	9372062.47	746017.875	639.0949	E16
833	9372060.73	746019.941	638.9049	RE16
834	9372062.47	746017.875	639.096	EJE
835	9372059.22	746020.936	638.5652	EJE
836	9372057.98	746025.486	638.2123	EJE
837	9372055.37	746035.502	638.1343	EJE
838	9372053.11	746041.918	637.9763	EJE
839	9372052.72	746041.188	638.051	RIV
840	9372054.2	746037.725	638.1397	RIV
841	9372055.17	746033.332	638.3017	RIV
842	9372059.49	746025.679	638.7138	RIV
843	9372058.58	746029.329	638.507	RIV
844	9372057.35	746032.619	638.4212	RIV
845	9372056.25	746036.409	638.233	RIV
846	9372054.31	746041.48	638.0992	RIV
847	9372053.72	746041.487	638.1428	E17
848	9372052.49	746046.929	638.0409	RE17
849	9372052.49	746046.929	638.0434	EJE
850	9372051.17	746051.116	637.8431	EJE
851	9372050.54	746055.562	637.7482	EJE
852	9372050.25	746060.897	637.6476	EJE
853	9372050.58	746067.867	637.5044	EJE
854	9372050	746067.633	637.5073	RIV
855	9372049.77	746063.451	637.6392	RIV
856	9372049.35	746058.466	637.6706	RIV
857	9372050.11	746053.707	637.7534	RIV
858	9372050.62	746050.857	637.8301	RIV
859	9372052.75	746050.877	638.0797	RIV
860	9372052.22	746055.016	638.0049	RIV
861	9372051.64	746059.06	637.8793	RIV
862	9372051.38	746062.847	637.7061	RIV
863	9372050.92	746068.095	637.6188	E18
864	9372051.19	746072.015	637.6155	RE18
865	9372051.19	746072.015	637.6185	EJE
866	9372054.91	746075.185	637.2251	EJE
867	9372058.26	746079.825	637.0133	EJE
868	9372062.82	746083.548	636.7846	EJE
869	9372067.93	746086.761	636.4101	EJE
870	9372066.86	746088.09	636.6759	RIV
871	9372062.57	746085.92	636.9976	RIV
872	9372058.8	746083.54	637.1174	RIV

873	9372055.27	746079.004	637.3251	RIV
874	9372053.17	746075.365	637.3719	RIV
875	9372056.07	746074.288	637.387	RIV
876	9372059.14	746078.229	637.1143	RIV
877	9372060.83	746080.341	636.9222	RIV
878	9372065.86	746086.789	636.6908	E19
879	9372062.8	746084.756	636.9756	RE19
880	9372065.86	746086.789	636.6952	EJE
881	9372070.25	746088.851	635.9014	EJE
882	9372077.34	746090.415	635.4952	EJE
883	9372080.85	746095.295	635.2989	EJE
884	9372084.33	746097.457	635.2199	EJE
885	9372085.84	746095.911	635.5968	RIV
886	9372081.42	746093.753	635.4879	RIV
887	9372082.91	746092.039	635.6932	RIV
888	9372078.37	746089.197	635.8228	RIV
889	9372075.6	746086.885	635.9682	RIV
890	9372071.23	746085.183	636.2601	RIV
891	9372071.68	746090.577	636.0504	RIV
892	9372075.79	746093.253	635.9599	RIV
893	9372077.2	746091.065	635.661	RIV

Anexo 8. Parámetros geomorfológicos

PRINCIPALES PARAMETROS DE LA CUENCA APORTANTE TUMBILLÁN

Se ha utilizado el Software ArcGis 10.8 para obtener las áreas parciales entre curvas de nivel. Para finalmente obtener las principales características de la Cuenca La Tumbillán, que a continuación de detalla:

1.- AREA DE LA CUENCA

1.1.- DATOS OBTENIDOS DE LA CUENCA DEL RIO:

A través del programa ArcGis 10.8, obtenemos lo siguiente:

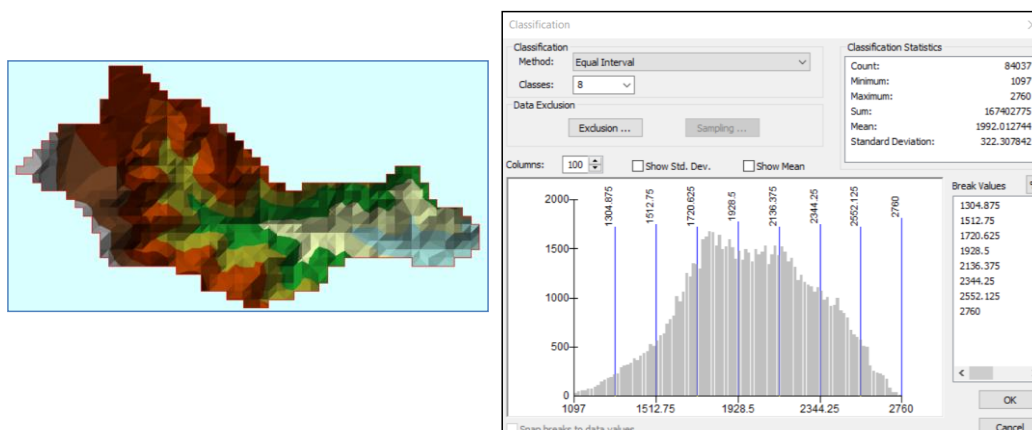
Área total de la cuenca **41.031789 Km2**

Perímetro de la cuenca **32.4010490 Km**

1.2.- CUADRO DE AREAS PARCIALES Y ACUMULADOS SEGÚN LA ALTITUD

Con el Software ArcGis 10.8 obtenemos el Areado entre curvas de nivel o cotas, obtenemos las Areas Parciales:

Grafico N° 01: Areas parciales y acumuladas para elaboracion de Curva Hipsometrica



Fuente: ArcGis 10.8

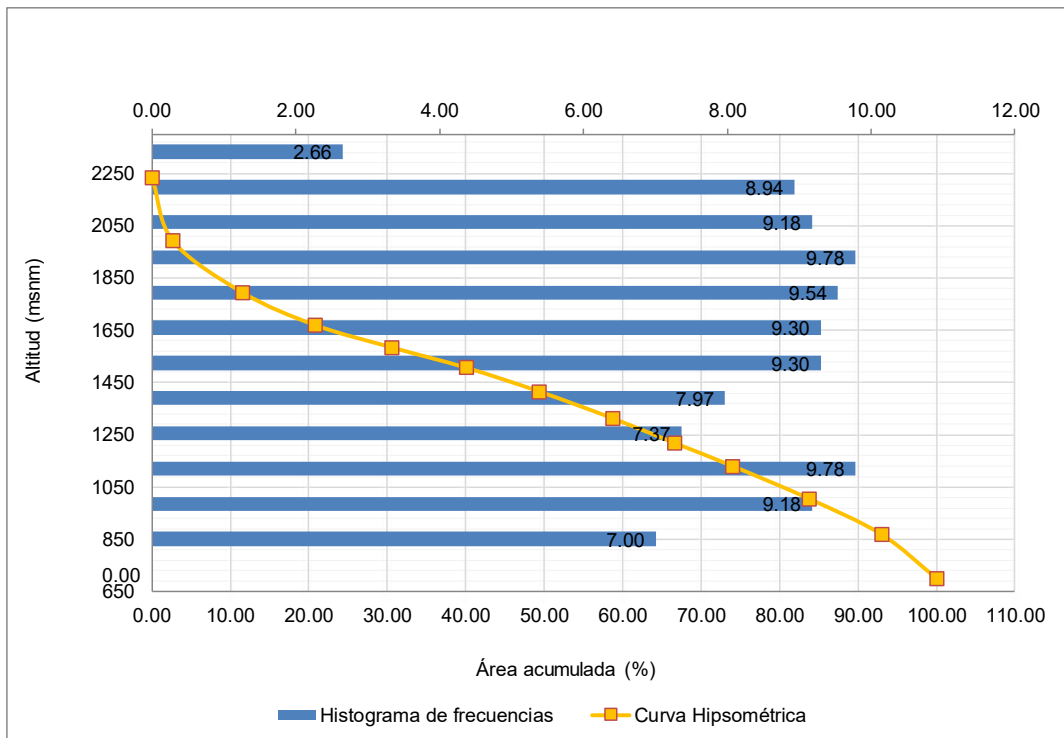
Cuadro N° 01: Areas parciales y acumuladas para elaboracion de Curva Hipsometrica

ALTITUD	AREAS PARCIALES		AREAS ACUMULADAS			
			POR DEBAJO		POR ENCIMA	
m.s.n.m.	Km2	(%)	(KM2)	(%)	KM2	(%)
Punto más bajo						
700	0.00	0.00	0.00	0.00	41.33	100.00
868	2.89	7.00	2.89	7.00	38.43	93.00
1004	3.79	9.18	6.69	16.18	34.64	83.82
1130	4.04	9.78	10.73	25.97	30.60	74.03
1218	3.04	7.37	13.78	33.33	27.55	66.67
1313	3.29	7.97	17.07	41.30	24.26	58.70
1415	3.84	9.30	20.91	50.60	20.41	49.40
1506	3.84	9.30	24.76	59.90	16.57	40.10
1584	3.94	9.54	28.70	69.44	12.63	30.56
1670	4.04	9.78	32.74	79.23	8.58	20.77
1793	3.79	9.18	36.53	88.41	4.79	11.59
1991	3.69	8.94	40.23	97.34	1.10	2.66
2234	1.10	2.66	41.33	100.00	0.00	0.00
Punto más alto						
TOTAL	41.33	100.00				

2.- FACTOR DE RELIEVE

2.1.- Cálculo de la curva Hipsométrica

Grafico N° 02: Curva Hipsometrica y frecuencia de altitudes de la Cuenca La Tumbillán



2.2.- Cálculo de la Altitud Mediana

Altitud Mediana = **1,418.00** msnm (Intersección de las curvas hipsométricas)

2.3.- Cálculo de la Altitud Media Ponderada

Altitud media Ponderada:
$$H = \frac{\sum a_i c_i}{A} \quad c_i = \frac{(c_i + c_{i-1})}{2}$$

Donde :

a_i = Área parcial de terreno entre curvas de nivel
 c_i = Altitud media de cada área parcial entre dos curvas de nivel.
 A = Área de la cuenca

Cuadro N° 02: Áreas parciales entre curvas de nivel

a_i	c_i (altitud media)	$a_i \cdot c_i$
2.89	784.2	2270.22
3.79	936.5	3552.18
4.04	1067.2	4314.44
3.04	1173.9	3573.91
3.29	1265.6	4168.87
3.84	1364.3	5243.29
3.84	1460.8	5614.05
3.94	1545.4	6093.35
4.04	1627.3	6578.81
3.79	1731.7	6568.69
3.69	1892.4	6989.30
1.10	2112.5	2319.64
Σ 41.33	Σ	57286.75

$H = \mathbf{1,386.21}$ msnm

3.- PARAMETROS DE FORMA:

3.1.- Cálculo del Índice de Gravelius (K):

El Índice de Gravelius (K): $K = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$

Donde :

P = Perímetro de la cuenca en Km

32.40 Km

A = Area de la cuenca en Km2

41.03 Km2

Entonces:

K = 1.4269 (Alargada)

Si el valor de K se encuentra entre los rangos de 1.00 - 1.25, la forma de la cuenca es REDONDA, en caso contrario es Alargada

3.2.- Cálculo del Rectángulo Equivalente:

Rectángulo Equivalente:

Lado Mayor = $L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right)$

Lado Menor $l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right)$

Donde:

K = Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius

1.4269

A = Area de la cuenca en Km2

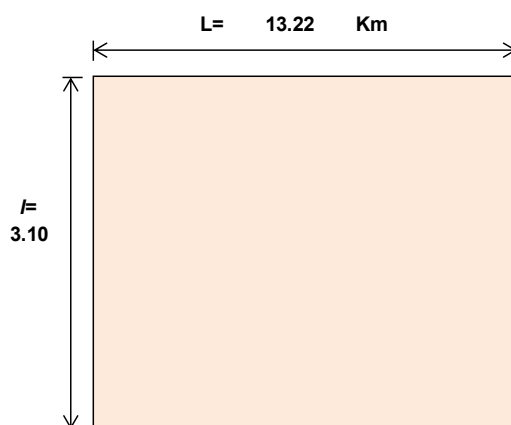
41.03

$\frac{K \cdot \sqrt{A}}{1.12} = 8.161 \quad (1.12/K)^2 = 0.616 \quad \left(\sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right) = 0.620$

$L = 13.218$
 $l = 3.104$

Cuadro N° 03: Rectangulo Equivalente

Cota (msnm)	Area Parcial ai (Km2)	Ancho, ci (Km)
700.00	0.00	0.00
868.47	2.89	0.93
1004.44	3.79	1.22
1129.96	4.04	1.30
1217.78	3.04	0.98
1313.33	3.29	1.06
1415.34	3.84	1.24
1506.27	3.84	1.24
1584.49	3.94	1.27
1670.12	4.04	1.30
1793.27	3.79	1.22
1991.49	3.69	1.19
2233.59	1.10	0.35
Suma ci= L=		13.31



3.3.- Cálculo del Factor Forma:

Factor Forma: $F_f = \frac{l}{L} = \frac{A}{L^2}$

Donde:

l = Lado menor del rectángulo equivalente

3.10 Km

L = Lado mayor del rectángulo equivalente

13.22 Km

A = Area de la cuenca

41.03 Km2

Ff = 0.2349
0.2349

4.- PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO

	Progresiva	Long. (m)	Long Acum (m)	Cota	Desnivel	S	1/(S)^0.5
0	0+000	0.00	0.00	700.00			
1	1+000	1000.00	1000.00	750.00	50.00	0.0667	3.8730
2	2+000	1000.00	2000.00	780.00	30.00	0.0385	5.0990
3	3+000	1000.00	3000.00	835.00	55.00	0.0659	3.8964
4	4+000	1000.00	4000.00	900.00	65.00	0.0722	3.7210
5	5+000	1000.00	5000.00	975.00	75.00	0.0769	3.6056
6	6+000	1000.00	6000.00	1050.00	75.00	0.0714	3.7417
7	7+000	1000.00	7000.00	1100.00	50.00	0.0455	4.6904
8	8+000	1000.00	8000.00	1170.00	70.00	0.0598	4.0883
9	8+500	500.00	8500.00	1225.00	55.00	0.0449	4.7194
							37.4348

$$S = \left[\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2$$

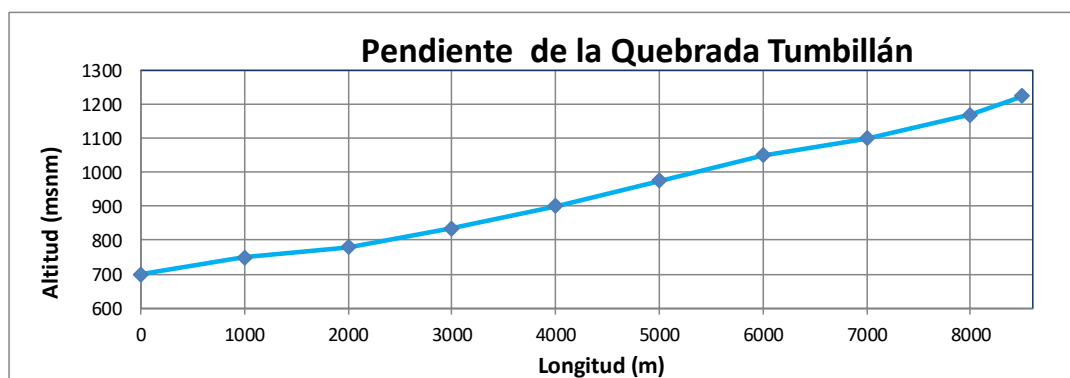
$$S = 0.0578$$

$$S = 5.78 \%$$

(Según Taylor y Schwarz)

Pendiente del río (%) = 5.78 %

Grafico N° 04: Pendiente del quebrada Principal



5.- PARAMETROS RELACIONADOS CON LA RED HIDROGRÁFICA

5.1.- Cálculo de la Densidad de Drenaje:

Densidad de Drenaje:

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

31.312567 9.46416

Donde:

L = Longitud del cauce principal
 L_i = Longitud de cauces aportantes
 A = Longitud total de ríos
 A = Area de la Cuenca

9.46	Km
21.85	Km
31.31	
41.03	Km2

$$D_d = 0.76$$

5.2.- Cálculo de la Frecuencia de los Ríos:

Frecuencia de los Ríos:

$Fr = \text{Nº cauces}/A$

$$Fr = \frac{\text{Nº Cauces}}{A} = 0.780$$

5.3.- Cálculo de la Extensión media del Esguerrimiento Superficial (Es):

Extensión media del Esguerrimiento Superficial

$Es = A/4L_i$

$$Es = 0.328$$

6.- OTROS PARAMETROS :

6.1 - Cálculo del Índice de Pendiente (Ip)

$$I_p = \sum_{i=1}^n \sqrt{\beta_i (a_i - a_{i-1})} \frac{1}{\sqrt{L}}$$

Índice de Pendiente (Ip):

$$\beta_i = \frac{A_i}{A_t}$$

Cuadro N° 04: Cuadro para el cálculo de Índice de pendiente

$1/(L)^{0.5}$ 0.275056

Ai 1	Bi = Ai/At 2	ai - ai-1 3	Bi* (ai -Ai-1) 4	Raíz (4) 5	5 * 1/(L)^0.5 6
0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
2.89	0.07	168.47	11.80	3.44	0.94
3.79	0.09	135.97	12.48	3.53	0.97
4.04	0.10	125.52	12.28	3.50	0.96
3.04	0.07	87.83	6.47	2.54	0.70
3.29	0.08	95.54	7.62	2.76	0.76
3.84	0.09	102.01	9.49	3.08	0.85
3.84	0.09	90.94	8.46	2.91	0.80
3.94	0.10	78.22	7.46	2.73	0.75
4.04	0.10	85.63	8.38	2.89	0.80
3.79	0.09	123.15	11.30	3.36	0.92
3.69	0.09	198.21	17.71	4.21	1.16
1.10	0.03	242.10	6.43	2.54	0.70
41.33				Ip =	10.31376

6.2.- Cálculo de la Pendiente de la Cuenca

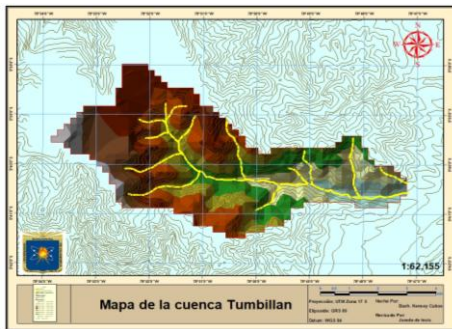
$$S = \frac{H}{L}$$

$$H = \frac{1,533.59}{L = 13,217.73}$$

$$S = \frac{0.1160}{11.603} \%$$

PARAMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA TUMBILLÁN - LA GRANJA

I.- ORDEN DE LA RED HIDRICA



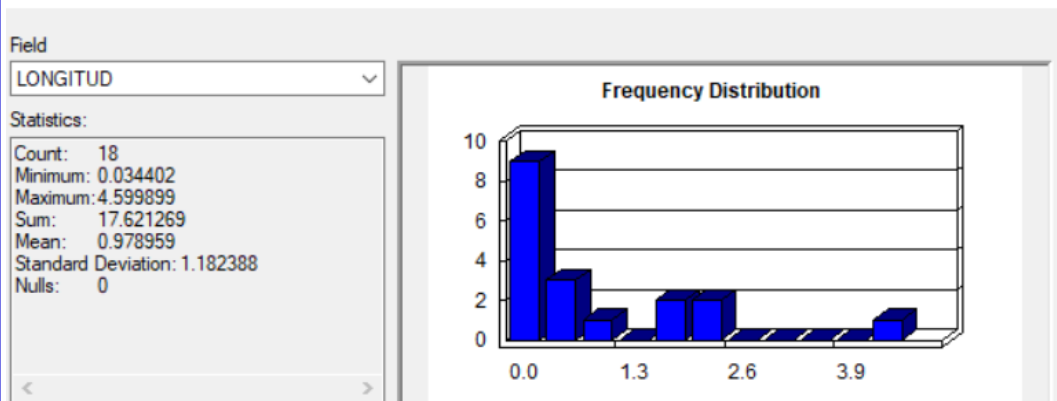
Método empleado en Arcgis v.10.8

STRAHLER

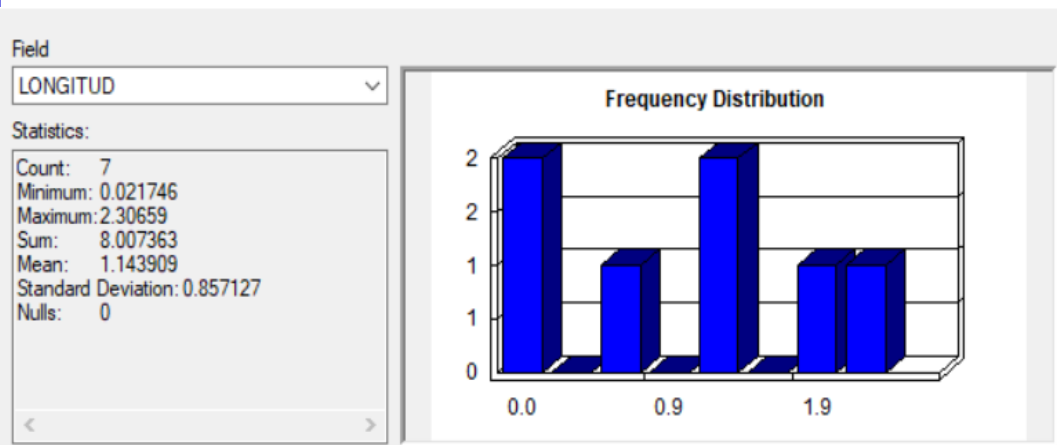
SHEREVE

Estos autores hablan del "orden de ríos de Strahler", que usan para definir el tamaño de un río en función de la jerarquía de afluentes.

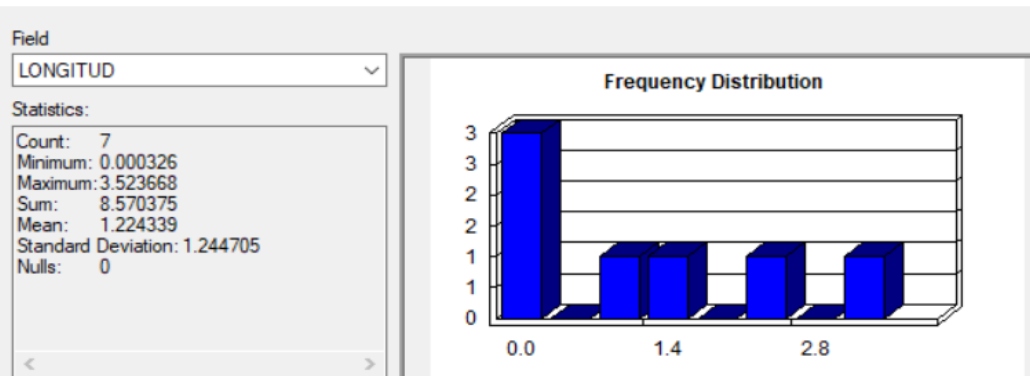
A.- ORDEN 1 DE RED HIDRICA EN ARGIS



B.- ORDEN 2 DE RED HIDRICA EN ARGIS



C.- ORDEN 3 DE RED HIDRICA EN ARGIS



Orden

de la Red	Ont_GRID_C	Sum_LONGIT
Hídrica		
1	18	17.620
2	7	8.007
3	7	8.570
		34.197

Orden	longitud
de la Red	en
Hídrica	Km
1	0.01762
2	0.008007
3	0.00857
Total=	0.034197

RESUMEN: PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LA MICROCUENCA TUMBILLÁN						
Cuadro N° 05: Resumen de los Calculos Geomorfologicos de la cuenca Tumbillán						
PARAMETROS				UND	NOMENCLATURA	CUENCA
Superficie total de la cuenca				Km²	At	41.032
Perímetro				Km.	P	32.401
UBICACIÓN	Zona de Proyeccion UTM			s/U	Zona	17
	X			m	Coord. Y	712510.00
	Y			m	Coord. X	9375945.00
RELACIONES DE FORMA	FACTOR DE CUENCA	Coeficiente de Compacidad (Gravelius)		s/U	$Kc = 0.28 P / (At)^{1/2}$	1.427
		FACTOR DE FORMA	Longitud de la Cuenca	Km.	LB	13.218
			Ancho Medio de la Cuenca	Km.	$AM = At / LB$	3.104
			Factor de Forma	s/U	$Kf = AM / LB$	0.235
	RECTANGULO EQUIVALENTE	Lado Mayor	Km.	$Kc*(\pi*A)^{1/2}/2*(1+(1-4/\pi*Kc^2))$	13.218	
		Lado Menor	Km.	$Kc*(\pi*A)^{1/2}/2*(1-(1-4/\pi*Kc^2))$	3.104	
	Densidad de drenaje			Km./Km².	$Dd = Lt / At$	0.763
Desnivel total de la cuenca				Km.	Ht	1.533591064
Altura media de la cuenca				m.s.n.m.	Hm	1386
Pendiente cuenca (Met. Rectangulo Equivalente)				%	Ht / Lma	11.60%

Anexo 9. Data de precipitaciones máximas en 24 horas

PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS													
ESTACIÓN "A"													
ESTACION: CHONTALI						LAT.: 5° 38' "S"			DPTO.: CAJAMARCA				
CÓDIGO: 000250 / DZ-02						LONG.: 79° 5' "W"			PROV.: JAÉN				
PARAM.:PRECIP. MAX. EN 24 HORAS (mm)						ALT.: 1626.5 msnm			DIST.: CHONTALÍ				
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	P. ANUAL
2004	46.6	7.8	33.1	S/D	17.8	12.3	S/D	5.6	15.5	50.3	20.3	24.8	234.1
2005	34.4	47.3	41.9	66.3	25.8	15	4.3	5.8	29.1	23.8	32.6	33.3	359.6
2006	25.8	24.6	44.2	42	15.7	34.1	S/D	3.2	S/D	28	45.6	21.9	285.1
2007	17.2	10.7	34.8	28.7	20.7	22.7	13.3	10.8	4.6	37.9	51.6	20.8	273.8
2008	20.8	66.2	25.1	31.4	11.4	12.2	11.9	6.9	15	36.9	69.5	11.5	318.8
2009	49.5	20.2	48.2	42	27.4	17.3	15.2	10.2	12.4	22.3	20.2	25.8	310.7
2010	12.7	59.7	56.8	54.5	17.6	15.5	5.5	9.5	11.7	40	18.9	35.6	338.0
2011	44.9	54	41	52	17.4	104	14.8	4	44.4	19.2	27.4	35.5	458.6
2012	72.8	45.6	37.6	82.5	25.7	12.6	12.5	9.2	4	43.2	46.2	19.4	411.3
2013	17.9	33.6	34.1	8	33.7	12.6	38.8	22.8	11.7	31.1	19.5	21.4	285.2
2014	16.4	19.9	51.8	15.1	25.2	23.3	11.7	12.5	6.8	25	19.6	27.4	254.7
2015	45.5	29.5	63.2	12.4	56.6	5.5	18	11.2	28.7	8.2	11.7	14.8	305.3
2016	21.1	10.5	20.1	41.5	16.1	8	8.4	24.5	7.6	9.7	18.6	36.5	222.6
2017	27.4	35.9	72.1	46.1	21.6	20.4	8.4	18.8	15.3	48	12.5	24.8	351.3
2018	27.6	11.4	58.5	17.8	31.1	5.2	8	2.8	38	22	83.6	14.7	320.7
2019	23.9	52.8	57.7	S/D	13.6	18.5	46.3	10.6	5.5	19.8	60.3	42.6	351.6
2020	31.3	14.5	S/D	21	37.3	34.8	17.2	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	156.1
2021	23.4	18.2	59.4	35.5	23.9	16.2	11.6	6.4	12.5	34.2	27.6	48.4	317.3
2022	38.4	15.8	103.1	34.1	22.1	52.3	19.4	8.7	10	69.7	49.6	54.4	477.6
2023	42.2	33.6	38.5	27	14.8	11.5	9.3	15	2.3	30.7	14.6	24.8	264.3
SUMA	639.8	611.8	921.2	657.9	475.5	454.0	274.6	198.5	275.1	600.0	649.9	538.4	6296.7
PROM.	32.0	30.6	48.5	36.6	23.8	22.7	15.3	10.4	15.3	31.6	34.2	28.3	314.8

PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS													
ESTACIÓN "B"													
ESTACION: LA CASCARILLA						LAT.: 5° 40' "S"			DEP.: CAJAMARCA				
CÓDIGO: 000349 / DZ-02						LONG.:78° 53' "W"			PROV.: JAÉN				
PARAM.:PRECIP. MAX. EN 24 HORAS (mm)						ALT.: 1991 msnm			DIST.: JAÉN				
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	P. ANUAL
2004	72.7	25.3	27.7	29.1	49.7	24.5	12.4	12.2	28.6	30.3	45.3	45.6	403.4
2005	19.5	32.5	47.6	61.6	25.8	16.6	10.7	18.3	30.8	54	73.9	35.4	426.7
2006	45	47.7	39	33.3	S/D	S/D	3.3	8.3	S/D	41.1	S/D	50.4	268.1
2007	17.7	21.9	31.9	48.5	49.3	15.8	28.1	26	26.5	80.5	53.7	45.9	445.8
2008	36.9	67.9	41.8	20.2	42.6	34	28.4	17.3	8.2	52.5	38.3	5.2	393.3
2009	56.1	26.7	73.6	43.6	46.8	19.4	23.8	33	23.3	87.9	27.2	42.9	504.3
2010	23.8	50.2	17.7	66.7	17.7	14	3.8	11.4	14.2	38.3	15.6	36	309.4
2011	78.6	34.6	31.7	83	27.7	16.8	15.6	10.4	41.5	32	56	53.6	481.5
2012	70.3	49	67.3	61	17.7	25.1	27.4	12.6	8.2	27.7	40.5	47.7	454.5
2013	18.3	44.5	31.1	14.6	52.2	30	23.3	29	18.1	80.5	11	38.6	391.2
2014	25	40.1	58.7	23.1	90.2	24.6	8.8	12.3	14.1	29.3	33.3	28.1	387.6
2015	63.6	38	58.8	42	31.2	12.7	61.7	25.7	15.2	17.5	31	20.7	418.1
2016	S/D	23.5	S/D	62	25	14	S/D	23.7	33.4	12.8	55.2	37.6	287.2
2017	66.1	30.2	48.7	40	21	43.8	8.2	13.9	16.8	56	38.2	33.6	416.5
2018	41.2	58.8	25.7	23.2	56.8	15.9	10.9	17.4	7.1	83.7	65	17.4	423.1
2019	32.2	99.2	52.6	66.5	29.5	11.7	32.7	6.9	13	14.5	46.6	61.9	467.3
2020	47.9	49.7	S/D	28	35.7	36.3	12.4	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	210.0
2021	71.2	26.2	43.7	33.4	26.5	19.6	16.4	9	31.3	48.9	101	33.5	460.7
2022	54	45.5	79.8	28	50.5	29.2	18.2	8.6	24.6	24	51.8	37.2	451.4
2023	31.5	78.7	49.1	42.6	17.4	22.2	12.6	12.9	8.4	20.5	32.5	58.4	386.8
SUMA	871.6	890.2	826.5	850.4	713.3	426.2	358.7	308.9	363.3	832.0	816.1	729.7	7986.9
PROM.	45.9	44.5	45.9	42.5	37.5	22.4	18.9	16.3	20.2	43.8	45.3	38.4	399.3

PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS													
ESTACION "C"													
ESTACION: JAÉN						LAT.: 5° 40' "S"				DEP.: CAJAMARCA			
CÓDIGO: 153106 / DZ-02						LONG.: 78° 46' "W"				PROV.: JAÉN			
PARAM.:PRECIP. MAX. EN 24 HORAS (mm)						ALT.: 618 msnm				DIST.: JAÉN			
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	P. ANUAL
2004	10.7	20	10.9	50.1	10.4	2.4	7.9	0	31.4	20.4	28.3	46.8	239.3
2005	4	50.2	40.2	20.9	9.4	3.2	0.1	10.3	11.6	12	10.2	22.7	194.8
2006	51.1	40.5	35.7	30.2	5.6	6.8	20.5	1.9	2.1	20.3	S/D	10.3	225.0
2007	47.2	S/D	44.9	21.8	16.5	1.1	3.1	7.8	S/D	45.6	60.7	26.4	275.1
2008	35.3	30.6	27.7	20.9	15.4	9.5	3.3	11.6	4	40.2	52.5	19.2	270.2
2009	53.1	17.7	28.9	25.3	3.5	2.8	3.1	8.1	2.5	39.7	11.7	20.4	216.8
2010	7.1	38	45.1	12.5	8.2	3.6	0.3	2.2	7.1	42.6	9.2	27.6	203.5
2011	20.6	23.4	25.4	30.4	15.8	0.6	3.3	0.8	9.2	31.8	22	23.1	206.4
2012	11.9	21	30.4	39.8	12.6	1.7	0.8	0.5	1	28.3	27.6	24.7	200.3
2013	15	12.7	28.2	6.1	47.5	1.3	1.5	13.9	2.4	20.4	28	14	191.0
2014	17	9.2	56.5	11.5	23.5	2.9	3.5	3.5	4.8	19.9	58.2	3.8	214.3
2015	21.9	S/D	29.3	14.1	15	0.4	3.4	0.5	0.4	5.4	26	6.8	123.2
2016	16.9	21.3	20.3	35.6	24	1.6	0.7	1.6	49.4	17.8	1.4	17.2	207.8
2017	9.3	5.8	39.7	S/D	33.1	1.5	0	25.3	13	14	12.5	16.2	170.4
2018	33.8	17.6	6.9	15.9	17.6	5.6	2.9	0.3	0.3	25.5	29.5	4	159.9
2019	14.5	26.6	41.3	34.4	18.3	0.9	20	1	7.9	47.5	36	25.3	273.7
2020	23.2	7.3	41.4	54.8	5.1	14.4	13.6	2.9	9	S/D	S/D	S/D	171.7
2021	73.3	25.9	26.5	53.3	69.1	32	9.8	11.5	0.2	1.2	46	26.7	375.5
2022	37.7	76.1	28.2	60.8	58.1	35.2	32.9	13	56.5	77.2	13.5	56.1	545.3
2023	67.4	51.8	16	30.2	54	28.3	21.9	31.3	16.9	60.4	43	13.2	434.4
SUMA	571.0	495.7	623.5	568.6	462.7	155.8	152.6	148.0	229.7	570.2	516.3	404.5	4898.6
PROM.	28.6	27.5	31.2	29.9	23.1	7.8	7.6	7.4	12.1	30.0	28.7	21.3	244.9

Anexo 10. Estudio hidrológico

ESTACIÓN "A"													
ESTACION: CHONTALI						LAT.: 5° 38' "S"			DPTO.: CAJAMARCA				
CÓDIGO: 000250 / DZ-02						LONG.: 79° 5' "W"			PROV.: JAÉN				
PARAM.: PRECIP. MAX. EN 24 HORAS (mm)						ALT.: 1626.5 msnm			DIST.: CHONTALÍ				
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	P. ANUAL
2004	46.6	7.8	33.1	S/D	17.8	12.3	S/D	5.6	15.5	50.3	20.3	24.8	234.1
2005	34.4	47.3	41.9	66.3	25.8	15	4.3	5.8	29.1	23.8	32.6	33.3	359.6
2006	25.8	24.6	44.2	42	15.7	34.1	S/D	3.2	S/D	28	45.6	21.9	285.1
2007	17.2	10.7	34.8	28.7	20.7	22.7	13.3	10.8	4.6	37.9	51.6	20.8	273.8
2008	20.8	66.2	25.1	31.4	11.4	12.2	11.9	6.9	15	36.9	69.5	11.5	318.8
2009	49.5	20.2	48.2	42	27.4	17.3	15.2	10.2	12.4	22.3	20.2	25.8	310.7
2010	12.7	59.7	56.8	54.5	17.6	15.5	5.5	9.5	11.7	40	18.9	35.6	338.0
2011	44.9	54	41	52	17.4	104	14.8	4	44.4	19.2	27.4	35.5	458.6
2012	72.8	45.6	37.6	82.5	25.7	12.6	12.5	9.2	4	43.2	46.2	19.4	411.3
2013	17.9	33.6	34.1	8	33.7	12.6	38.8	22.8	11.7	31.1	19.5	21.4	285.2
2014	16.4	19.9	51.8	15.1	25.2	23.3	11.7	12.5	6.8	25	19.6	27.4	254.7
2015	45.5	29.5	63.2	12.4	56.6	5.5	18	11.2	28.7	8.2	11.7	14.8	305.3
2016	21.1	10.5	20.1	41.5	16.1	8	8.4	24.5	7.6	9.7	18.6	36.5	222.6
2017	27.4	35.9	72.1	46.1	21.6	20.4	8.4	18.8	15.3	48	12.5	24.8	351.3
2018	27.6	11.4	58.5	17.8	31.1	5.2	8	2.8	38	22	83.6	14.7	320.7
2019	23.9	52.8	57.7	S/D	13.6	18.5	46.3	10.6	5.5	19.8	60.3	42.6	351.6
2020	31.3	14.5	S/D	21	37.3	34.8	17.2	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	156.1
2021	23.4	18.2	59.4	35.5	23.9	16.2	11.6	6.4	12.5	34.2	27.6	48.4	317.3
2022	38.4	15.8	103.1	34.1	22.1	52.3	19.4	8.7	10	69.7	49.6	54.4	477.6
2023	42.2	33.6	38.5	27	14.8	11.5	9.3	15	2.3	30.7	14.6	24.8	264.3
SUMA	639.8	611.8	921.2	657.9	475.5	454.0	274.6	198.5	275.1	600.0	649.9	538.4	6296.7
PROM.	32.0	30.6	48.5	36.6	23.8	22.7	15.3	10.4	15.3	31.6	34.2	28.3	314.8

ESTACIÓN "B"													
ESTACION: LA CASCARILLA						LAT.: 5° 40' "S"			DEP.: CAJAMARCA				
CÓDIGO: 000349 / DZ-02						LONG.: 78° 53' "W"			PROV.: JAÉN				
PARAM.: PRECIP. MAX. EN 24 HORAS (mm)						ALT.: 1991 msnm			DIST.: JAÉN				
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	P. ANUAL
2004	72.7	25.3	27.7	29.1	49.7	24.5	12.4	12.2	28.6	30.3	45.3	45.6	403.4
2005	19.5	32.5	47.6	61.6	25.8	16.6	10.7	18.3	30.8	54	73.9	35.4	426.7
2006	45	47.7	39	33.3	S/D	S/D	3.3	8.3	S/D	41.1	S/D	50.4	268.1
2007	17.7	21.9	31.9	48.5	49.3	15.8	28.1	26	26.5	80.5	53.7	45.9	445.8
2008	36.9	67.9	41.8	20.2	42.6	34	28.4	17.3	8.2	52.5	38.3	5.2	393.3
2009	56.1	26.7	73.6	43.6	46.8	19.4	23.8	33	23.3	87.9	27.2	42.9	504.3
2010	23.8	50.2	17.7	66.7	17.7	14	3.8	11.4	14.2	38.3	15.6	36	309.4
2011	78.6	34.6	31.7	83	27.7	16.8	15.6	10.4	41.5	32	56	53.6	481.5
2012	70.3	49	67.3	61	17.7	25.1	27.4	12.6	8.2	27.7	40.5	47.7	454.5
2013	18.3	44.5	31.1	14.6	52.2	30	23.3	29	18.1	80.5	11	38.6	391.2
2014	25	40.1	58.7	23.1	90.2	24.6	8.8	12.3	14.1	29.3	33.3	28.1	387.6
2015	63.6	38	58.8	42	31.2	12.7	61.7	25.7	15.2	17.5	31	20.7	418.1
2016	S/D	23.5	S/D	62	25	14	S/D	23.7	33.4	12.8	55.2	37.6	287.2
2017	66.1	30.2	48.7	40	21	43.8	8.2	13.9	16.8	56	38.2	33.6	416.5
2018	41.2	58.8	25.7	23.2	56.8	15.9	10.9	17.4	7.1	83.7	65	17.4	423.1
2019	32.2	99.2	52.6	66.5	29.5	11.7	32.7	6.9	13	14.5	46.6	61.9	467.3
2020	47.9	49.7	S/D	28	35.7	36.3	12.4	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	210.0
2021	71.2	26.2	43.7	33.4	26.5	19.6	16.4	9	31.3	48.9	101	33.5	460.7
2022	54	45.5	79.8	28	50.5	29.2	18.2	8.6	24.6	24	51.8	37.2	451.4
2023	31.5	78.7	49.1	42.6	17.4	22.2	12.6	12.9	8.4	20.5	32.5	58.4	386.8
SUMA	871.6	890.2	826.5	850.4	713.3	426.2	358.7	308.9	363.3	832.0	816.1	729.7	7986.9
PROM.	45.9	44.5	45.9	42.5	37.5	22.4	18.9	16.3	20.2	43.8	45.3	38.4	399.3

ESTACION "C"													
ESTACION: JAÉN						LAT.: 5° 40' "S"				DEP.: CAJAMARCA			
CÓDIGO: 153106 / DZ-02						LONG.: 78° 46' "W"				PROV.: JAÉN			
PARAM.: PRECIP. MAX. EN 24 HORAS (mm)						ALT.: 618 msnm				DIST.: JAÉN			
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	P. ANUAL
2004	10.7	20	10.9	50.1	10.4	2.4	7.9	0	31.4	20.4	28.3	46.8	239.3
2005	4	50.2	40.2	20.9	9.4	3.2	0.1	10.3	11.6	12	10.2	22.7	194.8
2006	51.1	40.5	35.7	30.2	5.6	6.8	20.5	1.9	2.1	20.3	S/D	10.3	225.0
2007	47.2	S/D	44.9	21.8	16.5	1.1	3.1	7.8	S/D	45.6	60.7	26.4	275.1
2008	35.3	30.6	27.7	20.9	15.4	9.5	3.3	11.6	4	40.2	52.5	19.2	270.2
2009	53.1	17.7	28.9	25.3	3.5	2.8	3.1	8.1	2.5	39.7	11.7	20.4	216.8
2010	7.1	38	45.1	12.5	8.2	3.6	0.3	2.2	7.1	42.6	9.2	27.6	203.5
2011	20.6	23.4	25.4	30.4	15.8	0.6	3.3	0.8	9.2	31.8	22	23.1	206.4
2012	11.9	21	30.4	39.8	12.6	1.7	0.8	0.5	1	28.3	27.6	24.7	200.3
2013	15	12.7	28.2	6.1	47.5	1.3	1.5	13.9	2.4	20.4	28	14	191.0
2014	17	9.2	56.5	11.5	23.5	2.9	3.5	3.5	4.8	19.9	58.2	3.8	214.3
2015	21.9	S/D	29.3	14.1	15	0.4	3.4	0.5	0.4	5.4	26	6.8	123.2
2016	16.9	21.3	20.3	35.6	24	1.6	0.7	1.6	49.4	17.8	1.4	17.2	207.8
2017	9.3	5.8	39.7	S/D	33.1	1.5	0	25.3	13	14	12.5	16.2	170.4
2018	33.8	17.6	6.9	15.9	17.6	5.6	2.9	0.3	0.3	25.5	29.5	4	159.9
2019	14.5	26.6	41.3	34.4	18.3	0.9	20	1	7.9	47.5	36	25.3	273.7
2020	23.2	7.3	41.4	54.8	5.1	14.4	13.6	2.9	9	S/D	S/D	S/D	171.7
2021	73.3	25.9	26.5	53.3	69.1	32	9.8	11.5	0.2	1.2	46	26.7	375.5
2022	37.7	76.1	28.2	60.8	58.1	35.2	32.9	13	56.5	77.2	13.5	56.1	545.3
2023	67.4	51.8	16	30.2	54	28.3	21.9	31.3	16.9	60.4	43	13.2	434.4
SUMA	571.0	495.7	623.5	568.6	462.7	155.8	152.6	148.0	229.7	570.2	516.3	404.5	4898.6
PROM.	28.6	27.5	31.2	29.9	23.1	7.8	7.6	7.4	12.1	30.0	28.7	21.3	244.9

CÁLCULO DE DATOS FALTANTES

MÉTODO DE PROPORCIÓN NORMAL CON ESTACIONES VECINAS

Para hallar el dato faltante recurrimos a la siguiente fórmula:

$$\frac{P_x}{P_x} = \frac{1}{N} \left(\frac{P_A}{P_A} + \frac{P_B}{P_B} + \frac{P_C}{P_C} + \dots \frac{P_N}{P_N} \right)$$

Dónde:

- P_A = Dato de precipitación del mes de la estación A.
 P_B = Dato de precipitación del mes de la estación B.
 P_x = Dato faltante de precipitación del mes de la estación x
= Promedio anual del mes de la estación A.
= Promedio anual del mes de la estación B.
= Promedio anual del mes de la estación x
 N = Número de estaciones con datos completos.

Despejando en la formula se tiene lo siguiente:

$$P_x = \frac{\bar{P}_x}{N} \left(\frac{P_A}{\bar{P}_A} + \frac{P_B}{\bar{P}_B} \right)$$

1.- ESTACION LA CASCARILLA

1.1 Año 2006 meses mencionados

EST. LA CASCARILLA MES DE MAYO

	A	B	C
PRECIPITACIONES	15.70	X	5.6
PROMEDIO	23.78	37.54	23.14
CÁLCULO DE P(x)	16.94		

EST. LA CASCARILLA MES DE JUNIO

	A	B	C
PRECIPITACIONES	34.10	X	6.8
PROMEDIO	22.70	22.43	7.79
CÁLCULO DE P(x)	26.64		

1.2 Año 2016 meses mencionados

EST. LA CASCARILLA MES DE ENERO

	A	B	C
PRECIPITACIONES	21.10	X	16.9
PROMEDIO	31.99	45.87	28.55
CÁLCULO DE P(x)	28.71		

EST. LA CASCARILLA MES DE JULIO

	A	B	C
PRECIPITACIONES	8.40	X	0.7
PROMEDIO	15.26	18.88	7.63
CÁLCULO DE P(x)	6.06		

2.- ESTACION CHONTALI

2.1 Año 2004 meses mencionados

EST. CHONTALI MES DE ABRIL

	A	B	C
PRECIPITACIONES	X	29.10	50.10
PROMEDIO	36.55	42.52	29.93
CÁLCULO DE P(x)	43.10		

2.2 Año 2006 meses mencionados

EST. CHONTALI MES DE JULIO

	A	B	C
PRECIPITACIONES	X	3.30	20.50
PROMEDIO	15.26	18.88	7.63
CÁLCULO DE P(x)	21.83		

2.3 Año 2019 meses mencionados

EST. CHONTALI MES DE ABRIL

	A	B	C
PRECIPITACIONES	X	28.00	60.80
PROMEDIO	36.55	42.52	29.93
CÁLCULO DE P(x)	49.16		

3.- ESTACIÓN JAÉN

3.1 Año 2007 meses mencionados

EST. JAÉN MES DE FEBRERO

	A	B	C
PRECIPITACIONES	10.7	21.90	X
PROMEDIO	30.59	44.51	27.54
CÁLCULO DE P(x)	11.59		

EST. LA CASCARILLA MES DE MARZO

	A	B	C
PRECIPITACIONES	20.10	X	20.3
PROMEDIO	48.48	45.92	31.18
CÁLCULO DE P(x)	24.47		

EST. CHONTALI MES DE JULIO

	A	B	C
PRECIPITACIONES	X	12.40	7.90
PROMEDIO	15.26	15.26	7.63
CÁLCULO DE P(x)	14.10		

EST. HACIENDA PUCARÁ MES DE SETIEMBRE

	A	B	C
PRECIPITACIONES	4.6	26.50	X
PROMEDIO	15.28	20.18	12.09
CÁLCULO DE P(x)	9.76		

ESTACION "A"													
ESTACION: CHONTALÍ						LAT.: 5° 38' "S"			DPTO.: CAJAMARCA				
CÓDIGO: 000250 / DZ-02						LONG.: 79° 5' "W"			PROV.: JAÉN				
PARAM.:PRECIP. MAX. EN 24 HORAS (mm)						ALT.: 1626.5 msnm			DIST.: CHONTALÍ				
													
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	P. ANUAL
2004	46.6	7.8	33.1	43.10	17.8	12.3	14.10	5.6	15.5	50.3	20.3	24.8	291.3
2005	34.4	47.3	41.9	66.3	25.8	15	4.3	5.8	29.1	23.8	32.6	33.3	359.6
2006	25.8	24.6	44.2	42	15.7	34.1	21.83	3.2	S/D	28	45.6	21.9	306.9
2007	17.2	10.7	34.8	28.7	20.7	22.7	13.3	10.8	4.6	37.9	51.6	20.8	273.8
2008	20.8	66.2	25.1	31.4	11.4	12.2	11.9	6.9	15	36.9	69.5	11.5	318.8
2009	49.5	20.2	48.2	42	27.4	17.3	15.2	10.2	12.4	22.3	20.2	25.8	310.7
2010	12.7	59.7	56.8	54.5	17.6	15.5	5.5	9.5	11.7	40	18.9	35.6	338.0
2011	44.9	54	41	52	17.4	104	14.8	4	44.4	19.2	27.4	35.5	458.6
2012	72.8	45.6	37.6	82.5	25.7	12.6	12.5	9.2	4	43.2	46.2	19.4	411.3
2013	17.9	33.6	34.1	8	33.7	12.6	38.8	22.8	11.7	31.1	19.5	21.4	285.2
2014	16.4	19.9	51.8	15.1	25.2	23.3	11.7	12.5	6.8	25	19.6	27.4	254.7
2015	45.5	29.5	63.2	12.4	56.6	5.5	18	11.2	28.7	8.2	11.7	14.8	305.3
2016	21.1	10.5	20.1	41.5	16.1	8	8.4	24.5	7.6	9.7	18.6	36.5	222.6
2017	27.4	35.9	72.1	46.1	21.6	20.4	8.4	18.8	15.3	48	12.5	24.8	351.3
2018	27.6	11.4	58.5	17.8	31.1	5.2	8	2.8	38	22	83.6	14.7	320.7
2019	23.9	52.8	57.7	49.16	13.6	18.5	46.3	10.6	5.5	19.8	60.3	42.6	400.8
2020	31.3	14.5	S/D	21	37.3	34.8	17.2	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	156.1
2021	23.4	18.2	59.4	35.5	23.9	16.2	11.6	6.4	12.5	34.2	27.6	48.4	317.3
2022	38.4	15.8	103.1	34.1	22.1	52.3	19.4	8.7	10	69.7	49.6	54.4	477.6
2023	42.2	33.6	38.5	27	14.8	11.5	9.3	15	2.3	30.7	14.6	24.8	264.3
SUMA	639.8	611.8	921.2	750.2	475.5	454.0	310.5	198.5	275.1	600.0	649.9	538.4	6424.9
PROM.	32.0	30.6	48.5	37.5	23.8	22.7	15.5	10.4	15.3	31.6	34.2	28.3	321.2

ESTACIÓN "B"

ESTACION: LA CASCARILLA

CÓDIGO: 000349 / DZ-02

PARAM.:PRECIP. MAX.EN 24 HORAS (mm)

LAT.: 5° 40' "S"

LONG.:78° 53' "W"

ALT.: 1991 msnm

DEP.: CAJAMARCA

PROV.: JAÉN

DIST.: JAÉN



AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	P. ANUAL
2004	72.7	25.3	27.7	29.1	49.7	24.5	12.4	12.2	28.6	30.3	45.3	45.6	403.4
2005	19.5	32.5	47.6	61.6	25.8	16.6	10.7	18.3	30.8	54	73.9	35.4	426.7
2006	45	47.7	39	33.3	16.94	26.64	3.3	8.3	S/D	41.1	S/D	50.4	311.7
2007	17.7	21.9	31.9	48.5	49.3	15.8	28.1	26	26.5	80.5	53.7	45.9	445.8
2008	36.9	67.9	41.8	20.2	42.6	34	28.4	17.3	8.2	52.5	38.3	5.2	393.3
2009	56.1	26.7	73.6	43.6	46.8	19.4	23.8	33	23.3	87.9	27.2	42.9	504.3
2010	23.8	50.2	17.7	66.7	17.7	14	3.8	11.4	14.2	38.3	15.6	36	309.4
2011	78.6	34.6	31.7	83	27.7	16.8	15.6	10.4	41.5	32	56	53.6	481.5
2012	70.3	49	67.3	61	17.7	25.1	27.4	12.6	8.2	27.7	40.5	47.7	454.5
2013	18.3	44.5	31.1	14.6	52.2	30	23.3	29	18.1	80.5	11	38.6	391.2
2014	25	40.1	58.7	23.1	90.2	24.6	8.8	12.3	14.1	29.3	33.3	28.1	387.6
2015	63.6	38	58.8	42	31.2	12.7	61.7	25.7	15.2	17.5	31	20.7	418.1
2016	28.71	23.5	24.47	62	25	14	6.06	23.7	33.4	12.8	55.2	37.6	346.4
2017	66.1	30.2	48.7	40	21	43.8	8.2	13.9	16.8	56	38.2	33.6	416.5
2018	41.2	58.8	25.7	23.2	56.8	15.9	10.9	17.4	7.1	83.7	65	17.4	423.1
2019	32.2	99.2	52.6	66.5	29.5	11.7	32.7	6.9	13	14.5	46.6	61.9	467.3
2020	47.9	49.7	S/D	28	35.7	36.3	12.4	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	210.0
2021	71.2	26.2	43.7	33.4	26.5	19.6	16.4	9	31.3	48.9	101	33.5	460.7
2022	54	45.5	79.8	28	50.5	29.2	18.2	8.6	24.6	24	51.8	37.2	451.4
2023	31.5	78.7	49.1	42.6	17.4	22.2	12.6	12.9	8.4	20.5	32.5	58.4	386.8
SUMA	900.3	890.2	851.0	850.4	730.2	452.8	364.8	308.9	363.3	832.0	816.1	729.7	8089.7
PROM.	45.0	44.5	44.8	42.5	36.5	22.6	18.2	16.3	20.2	43.8	45.3	38.4	404.5

ESTACION "C"

ESTACION: JAÉN

CÓDIGO: 153106 / DZ-02

PARAM.:PRECIP. MAX. EN 24 HORAS (mm)

LAT.: 5° 40' "S"

LONG.: 78° 46' "W"

ALT.: 618 msnm

DEP.: CAJAMARCA

PROV.: JAÉN

DIST.: JAÉN



AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	P. ANUAL
2004	10.7	20	10.9	50.1	10.4	2.4	7.9	0	31.4	20.4	28.3	46.8	239.3
2005	4	50.2	40.2	20.9	9.4	3.2	0.1	10.3	11.6	12	10.2	22.7	194.8
2006	51.1	40.5	35.7	30.2	5.6	6.8	20.5	1.9	2.1	20.3	S/D	10.3	225.0
2007	47.2	11.59	44.9	21.8	16.5	1.1	3.1	7.8	9.76	45.6	60.7	26.4	296.4
2008	35.3	30.6	27.7	20.9	15.4	9.5	3.3	11.6	4	40.2	52.5	19.2	270.2
2009	53.1	17.7	28.9	25.3	3.5	2.8	3.1	8.1	2.5	39.7	11.7	20.4	216.8
2010	7.1	38	45.1	12.5	8.2	3.6	0.3	2.2	7.1	42.6	9.2	27.6	203.5
2011	20.6	23.4	25.4	30.4	15.8	0.6	3.3	0.8	9.2	31.8	22	23.1	206.4
2012	11.9	21	30.4	39.8	12.6	1.7	0.8	0.5	1	28.3	27.6	24.7	200.3
2013	15	12.7	28.2	6.1	47.5	1.3	1.5	13.9	2.4	20.4	28	14	191.0
2014	17	9.2	56.5	11.5	23.5	2.9	3.5	3.5	4.8	19.9	58.2	3.8	214.3
2015	21.9	25.03	29.3	14.1	15	0.4	3.4	0.5	0.4	5.4	26	6.8	148.2
2016	16.9	21.3	20.3	35.6	24	1.6	0.7	1.6	49.4	17.8	1.4	17.2	207.8
2017	9.3	5.8	39.7	32.95	33.1	1.5	0	25.3	13	14	12.5	16.2	203.3
2018	33.8	17.6	6.9	15.9	17.6	5.6	2.9	0.3	0.3	25.5	29.5	4	159.9
2019	14.5	26.6	41.3	34.4	18.3	0.9	20	1	7.9	47.5	36	25.3	273.7
2020	23.2	7.3	41.4	54.8	5.1	14.4	13.6	2.9	9	S/D	S/D	S/D	171.7
2021	73.3	25.9	26.5	53.3	69.1	32	9.8	11.5	0.2	1.2	46	26.7	375.5
2022	37.7	76.1	28.2	60.8	58.1	35.2	32.9	13	56.5	77.2	13.5	56.1	545.3
2023	67.4	51.8	16	30.2	54	28.3	21.9	31.3	16.9	60.4	43	13.2	434.4
SUMA	571.0	532.3	623.5	601.5	462.7	155.8	152.6	148.0	239.5	570.2	516.3	404.5	4977.9
PROM.	28.6	26.6	31.2	30.1	23.1	7.8	7.6	7.4	12.0	30.0	28.7	21.3	248.9

CÁLCULO DE ÚLTIMOS DATOS FALTANTES

MÉTODO DE PROPORCIÓN NORMAL CON LA MISMA ESTACIÓN

Para hallar el dato faltante con este método recurrimos a la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Precipitación durante el mes } i \text{ del año en estudio}}{\text{Promedio de precipitación durante el mes } i \text{ para todos los años de registro}} = \frac{\text{Suma de todas la precipitaciones mensuales del año en estudio}}{\text{Promedio anual de precipitación para todos los años de registro}}$$

1.- ESTACIÓN LA CASCARILLA

AÑO	MES	P_x
2006	setiembre	15.55
	noviembre	34.94

AÑO	MES	P_x
2020	marzo	23.25
	agosto	8.44
	setiembre	10.48
	octubre	22.73
	noviembre	23.54
	diciembre	19.94

2.- ESTACIÓN CHONTALI

AÑO	MES	P_x
2006	septiembre	14.60

AÑO	MES	P_x
2020	marzo	23.56
	agosto	5.08
	setiembre	7.43
	octubre	15.34
	noviembre	16.62
	diciembre	13.77

3.- ESTACIÓN JAÉN

AÑO	MES	P_x
2006	noviembre	25.93

AÑO	MES	P_x
2020	octubre	20.70
	noviembre	19.79
	diciembre	14.69

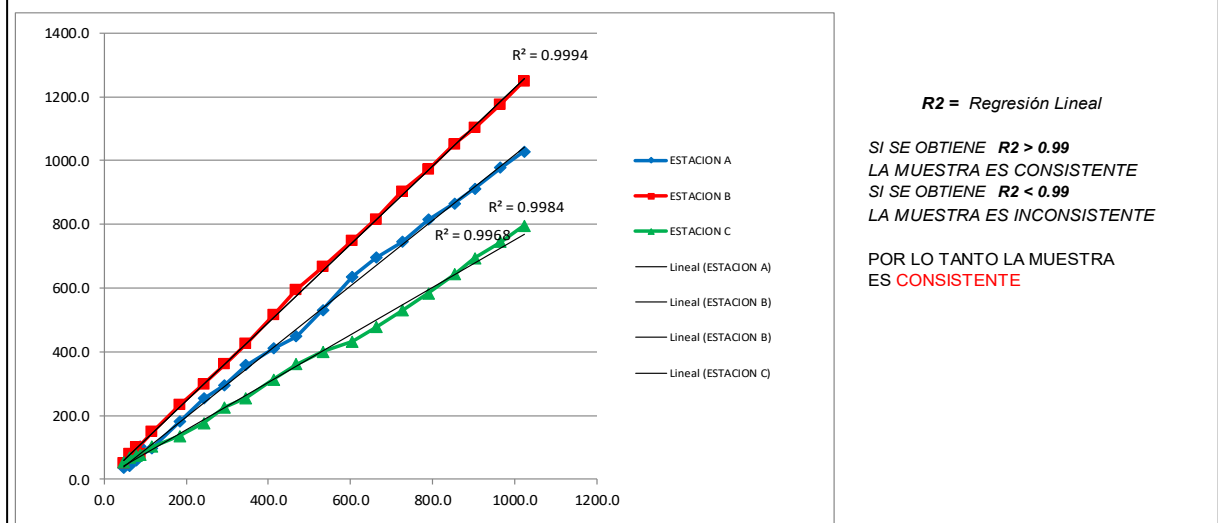
ESTACIÓN "A"																
ESTACION: CHONTALÍ						LAT.: 5° 38' "S"						DPTO.: CAJAMARCA				
CÓDIGO: 000250 / DZ-02						LONG.: 79° 5' "W"						PROV.: JAÉN				
PARAM.:PRECIP. MAX. EN 24 HORAS (mm)						ALT.: 1626.5 msnm						DIST.: CHONTALÍ				
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	P. ANUAL	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO
2004	46.6	7.8	33.1	43.10	17.8	12.3	14.10	5.6	15.5	50.3	20.3	24.8	291.3	50.3	5.6	22.6
2005	34.4	47.3	41.9	66.3	25.8	15	4.3	5.8	29.1	23.8	32.6	33.3	359.6	66.3	4.3	26.2
2006	25.8	24.6	44.2	42	15.7	34.1	21.83	3.2	14.60	28	45.6	21.9	321.5	45.6	3.2	25.2
2007	17.2	10.7	34.8	28.7	20.7	22.7	13.3	10.8	4.6	37.9	51.6	20.8	273.8	51.6	4.6	23.5
2008	20.8	66.2	25.1	31.4	11.4	12.2	11.9	6.9	15	36.9	69.5	11.5	318.8	69.5	6.9	23.0
2009	49.5	20.2	48.2	42	27.4	17.3	15.2	10.2	12.4	22.3	20.2	25.8	310.7	49.5	10.2	21.4
2010	12.7	59.7	56.8	54.5	17.6	15.5	5.5	9.5	11.7	40	18.9	35.6	338.0	59.7	5.5	23.2
2011	44.9	54	41	52	17.4	104	14.8	4	44.4	19.2	27.4	35.5	458.6	104.0	4.0	35.4
2012	72.8	45.6	37.6	82.5	25.7	12.6	12.5	9.2	4	43.2	46.2	19.4	411.3	82.5	4.0	28.4
2013	17.9	33.6	34.1	8	33.7	12.6	38.8	22.8	11.7	31.1	19.5	21.4	285.2	38.8	8.0	22.2
2014	16.4	19.9	51.8	15.1	25.2	23.3	11.7	12.5	6.8	25	19.6	27.4	254.7	51.8	6.8	18.5
2015	45.5	29.5	63.2	12.4	56.6	5.5	18	11.2	28.7	8.2	11.7	14.8	305.3	63.2	5.5	18.6
2016	21.1	10.5	20.1	41.5	16.1	8	8.4	24.5	7.6	9.7	18.6	36.5	222.6	41.5	7.6	19.0
2017	27.4	35.9	72.1	46.1	21.6	20.4	8.4	18.8	15.3	48	12.5	24.8	351.3	72.1	8.4	24.0
2018	27.6	11.4	58.5	17.8	31.1	5.2	8	2.8	38	22	83.6	14.7	320.7	83.6	2.8	24.8
2019	23.9	52.8	57.7	49.16	13.6	18.5	46.3	10.6	5.5	19.8	60.3	42.6	400.8	60.3	5.5	29.6
2020	31.3	14.5	23.56	21	37.3	34.8	17.2	5.08	7.43	15.34	16.62	13.77	237.9	37.3	5.1	18.7
2021	23.4	18.2	59.4	35.5	23.9	16.2	11.6	6.4	12.5	34.2	27.6	48.4	317.3	59.4	6.4	24.0
2022	38.4	15.8	103.1	34.1	22.1	52.3	19.4	8.7	10	69.7	49.6	54.4	477.6	103.1	8.7	35.6
2023	42.2	33.6	38.5	27	14.8	11.5	9.3	15	2.3	30.7	14.6	24.8	264.3	42.2	2.3	16.7
SUMA	639.8	611.8	944.8	750.2	475.5	454.0	310.5	203.6	297.1	615.3	666.5	552.2	6521.3			
PROM.	32.0	30.6	47.2	37.5	23.8	22.7	15.5	10.2	14.9	30.8	33.3	27.6	326.1			

ESTACIÓN "B"																
ESTACION: LA CASCARILLA						LAT.: 5° 40' "S"						DEP.: CAJAMARCA				
CÓDIGO: 000349 / DZ-02						LONG.:78° 53' "W"						PROV.: JAÉN				
PARAM.:PRECIP. MAX. EN 24 HORAS (mm)						ALT.: 1991 msnm						DIST.: JAÉN				
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	P. ANUAL	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO
2004	72.7	25.3	27.7	29.1	49.7	24.5	12.4	12.2	28.6	30.3	45.3	45.6	403.4	72.7	12.2	30.9
2005	19.5	32.5	47.6	61.6	25.8	16.6	10.7	18.3	30.8	54	73.9	35.4	426.7	73.9	10.7	36.3
2006	45	47.7	39	33.3	16.94	26.64	3.3	8.3	15.55	41.1	34.94	50.4	362.2	50.4	3.3	25.6
2007	17.7	21.9	31.9	48.5	49.3	15.8	28.1	26	26.5	80.5	53.7	45.9	445.8	80.5	15.8	41.6
2008	36.9	67.9	41.8	20.2	42.6	34	28.4	17.3	8.2	52.5	38.3	5.2	393.3	67.9	5.2	27.4
2009	56.1	26.7	73.6	43.6	46.8	19.4	23.8	33	23.3	87.9	27.2	42.9	504.3	87.9	19.4	38.7
2010	23.8	50.2	17.7	66.7	17.7	14	3.8	11.4	14.2	38.3	15.6	36	309.4	66.7	3.8	24.2
2011	78.6	34.6	31.7	83	27.7	16.8	15.6	10.4	41.5	32	56	53.6	481.5	83.0	10.4	37.4
2012	70.3	49	67.3	61	17.7	25.1	27.4	12.6	8.2	27.7	40.5	47.7	454.5	70.3	8.2	29.8
2013	18.3	44.5	31.1	14.6	52.2	30	23.3	29	18.1	80.5	11	38.6	391.2	80.5	11.0	33.0
2014	25	40.1	58.7	23.1	90.2	24.6	8.8	12.3	14.1	29.3	33.3	28.1	387.6	90.2	8.8	29.3
2015	63.6	38	58.8	42	31.2	12.7	61.7	25.7	15.2	17.5	31	20.7	418.1	63.6	12.7	28.6
2016	28.71	23.5	24.47	62	25	14	6.06	23.7	33.4	12.8	55.2	37.6	346.4	62.0	6.1	30.0
2017	66.1	30.2	48.7	40	21	43.8	8.2	13.9	16.8	56	38.2	33.6	416.5	66.1	8.2	30.2
2018	41.2	58.8	25.7	23.2	56.8	15.9	10.9	17.4	7.1	83.7	65	17.4	423.1	83.7	7.1	33.0
2019	32.2	99.2	52.6	66.5	29.5	11.7	32.7	6.9	13	14.5	46.6	61.9	467.3	99.2	6.9	31.5
2020	47.9	49.7	23.25	28	35.7	36.3	12.4	8.44	10.48	22.73	23.54	19.94	318.4	49.7	8.4	21.9
2021	71.2	26.2	43.7	33.4	26.5	19.6	16.4	9	31.3	48.9	101	33.5	460.7	101.0	9.0	35.5
2022	54	45.5	79.8	28	50.5	29.2	18.2	8.6	24.6	24	51.8	37.2	451.4	79.8	8.6	30.2
2023	31.5	78.7	49.1	42.6	17.4	22.2	12.6	12.9	8.4	20.5	32.5	58.4	386.8	78.7	8.4	25.3
SUMA	900.3	890.2	874.2	850.4	730.2	452.8	364.8	317.3	389.3	854.7	874.6	749.6	8248.6			
PROM.	45.0	44.5	43.7	42.5	36.5	22.6	18.2	15.9	19.5	42.7	43.7	37.5	412.4			

ESTACION "C"																
ESTACION: JAÉN																
CÓDIGO: 153106 / DZ-02																
PARAM.:PRECIP. MAX. EN 24 HORAS (mm)																
						LAT.: 5° 40' "S"					DEP.: CAJAMARCA					
						LONG.: 78° 46' "W"					PROV.: JAÉN					
						ALT.: 618 msnm					DIST.: JAÉN					
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	P. ANUAL	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO
2004	10.7	20	10.9	50.1	10.4	2.4	7.9	0	31.4	20.4	28.3	46.8	239.3	50.1	0.0	22.0
2005	4	50.2	40.2	20.9	9.4	3.2	0.1	10.3	11.6	12	10.2	22.7	194.8	50.2	0.1	11.2
2006	51.1	40.5	35.7	30.2	5.6	6.8	20.5	1.9	2.1	20.3	25.93	10.3	250.9	51.1	1.9	13.7
2007	47.2	11.59	44.9	21.8	16.5	1.1	3.1	7.8	9.76	45.6	60.7	26.4	296.4	60.7	1.1	21.4
2008	35.3	30.6	27.7	20.9	15.4	9.5	3.3	11.6	4	40.2	52.5	19.2	270.2	52.5	3.3	19.6
2009	53.1	17.7	28.9	25.3	3.5	2.8	3.1	8.1	2.5	39.7	11.7	20.4	216.8	53.1	2.5	13.0
2010	7.1	38	45.1	12.5	8.2	3.6	0.3	2.2	7.1	42.6	9.2	27.6	203.5	45.1	0.3	12.6
2011	20.6	23.4	25.4	30.4	15.8	0.6	3.3	0.8	9.2	31.8	22	23.1	206.4	31.8	0.6	15.2
2012	11.9	21	30.4	39.8	12.6	1.7	0.8	0.5	1	28.3	27.6	24.7	200.3	39.8	0.5	15.2
2013	15	12.7	28.2	6.1	47.5	1.3	1.5	13.9	2.4	20.4	28	14	191.0	47.5	1.3	15.0
2014	17	9.2	56.5	11.5	23.5	2.9	3.5	3.5	4.8	19.9	58.2	3.8	214.3	58.2	2.9	14.6
2015	21.9	25.03	29.3	14.1	15	0.4	3.4	0.5	0.4	5.4	26	6.8	148.2	29.3	0.4	8.0
2016	16.9	21.3	20.3	35.6	24	1.6	0.7	1.6	49.4	17.8	1.4	17.2	207.8	49.4	0.7	16.6
2017	9.3	5.8	39.7	32.95	33.1	1.5	0	25.3	13	14	12.5	16.2	203.3	39.7	0.0	16.5
2018	33.8	17.6	6.9	15.9	17.6	5.6	2.9	0.3	0.3	25.5	29.5	4	159.9	33.8	0.3	11.3
2019	14.5	26.6	41.3	34.4	18.3	0.9	20	1	7.9	47.5	36	25.3	273.7	47.5	0.9	21.3
2020	23.2	7.3	41.4	54.8	5.1	14.4	13.6	2.9	9	20.70	19.79	14.69	226.9	54.8	2.9	17.2
2021	73.3	25.9	26.5	53.3	69.1	32	9.8	11.5	0.2	1.2	46	26.7	375.5	73.3	0.2	27.8
2022	37.7	76.1	28.2	60.8	58.1	35.2	32.9	13	56.5	77.2	13.5	56.1	545.3	77.2	13.0	44.8
2023	67.4	51.8	16	30.2	54	28.3	21.9	31.3	16.9	60.4	43	13.2	434.4	67.4	13.2	33.2
SUMA	571.0	532.3	623.5	601.5	462.7	155.8	152.6	148.0	239.5	590.9	562.0	419.2	5059.0			
PROM.	28.6	26.6	31.2	30.1	23.1	7.8	7.6	7.4	12.0	29.5	28.1	21.0	253.0			

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA MÁXIMAS DE 24 HORAS								
AÑO	ANUAL			ACUMULADO				
	A	B	C	PP	A	B	C	PPA
2004	50.3	72.7	50.1	57.7	1027.6	1248.3	794.6	1023.5
2005	66.3	73.9	50.2	63.5	977.3	1175.6	744.5	965.8
2006	45.6	50.4	51.1	49.0	911.0	1101.7	694.3	902.3
2007	51.6	80.5	60.7	64.3	865.4	1051.3	643.2	853.3
2008	69.5	67.9	52.5	63.3	813.8	970.8	582.5	789.0
2009	49.5	87.9	53.1	63.5	744.3	902.9	530.0	725.7
2010	59.7	66.7	45.1	57.2	694.8	815.0	476.9	662.2
2011	104.0	83.0	31.8	72.9	635.1	748.3	431.8	605.1
2012	82.5	70.3	39.8	64.2	531.1	665.3	400.0	532.1
2013	38.8	80.5	47.5	55.6	448.6	595.0	360.2	467.9
2014	51.8	90.2	58.2	66.7	409.8	514.5	312.7	412.3
2015	63.2	63.6	29.3	52.0	358.0	424.3	254.5	345.6
2016	41.5	62.0	49.4	51.0	294.8	360.7	225.2	293.6
2017	72.1	66.1	39.7	59.3	253.3	298.7	175.8	242.6
2018	83.6	83.7	33.8	67.0	181.2	232.6	136.1	183.3
2019	60.3	99.2	47.5	69.0	97.6	148.9	102.3	116.3
2020	37.3	49.7	54.8	47.3	37.3	49.7	54.8	47.3
2021	59.4	101.0	73.3	77.9	59.4	101.0	73.3	77.9
2022	103.1	79.8	77.2	86.7	103.1	79.8	77.2	86.7
2023	42.2	78.7	67.4	62.8	42.2	78.7	67.4	62.8

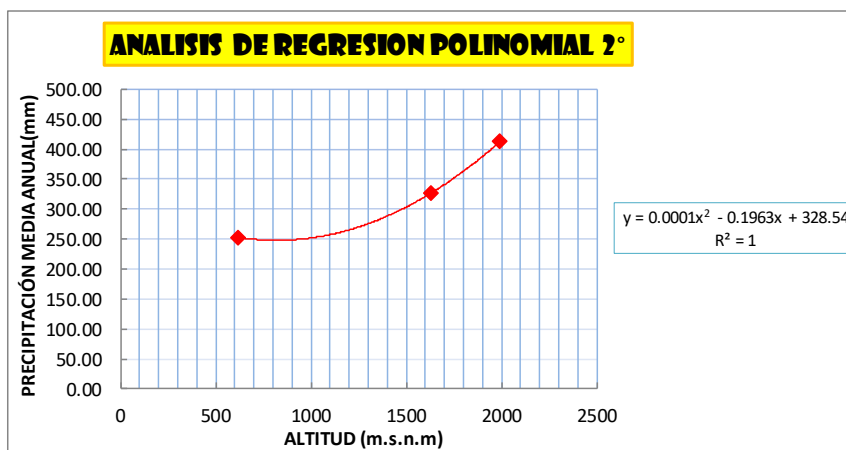
ANÁLISIS DE DOBLE MASA:



CORRELACIÓN PRECIPITACION/ALTITUD ESTACIONES DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA TUMBILLÁN

PRECIPITACIONES MEDIAS ANUALES DE LAS MAXIMAS EN 24 HORAS

ESTACIÓN	PRECIP. MEDIA ANUAL	ALTITUD (m.s.n.m)
CHONTALI	326.06	1626.5
LAS CASCARILLA	412.43	1991.0
JAÉN	252.95	618.0



$$y = 0.0001x^2 - 0.1963x + 328.54$$

ESTACIÓN	PRECIP. MEDIA ANUAL	ALTITUD (m.s.n.m)
CHONTALI	273.81	1626.5
TUMBILLÁN	248.58	1386.2

Utilizamos la ecuación polinómica para determinar las precipitaciones medias anuales de la estación Chontali y la cuenca Tumbillán.

CÁLCULO DEL FACTOR ALTITUD

$$f1 = \frac{Pa \text{ (Cuenca Tumbillán)}}{Pa \text{ (Cuenca Chontali)}} = 0.91$$

PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS DE LA CUENCA TUMBILLÁN

PRECIP.DE ESTACIÓN CUENCA TUMBILLÁN=(FACTOR DE ALTITUD) X (PRECIP.DE ESTACION CHONTALI)

SE SELECCIONÓ LA ESTACION "CHONTALI" POR SER DE ALTITUD MÁS CERCANA A LA CUENCA DE LA QUEBRADA TUMBILLÁN

FACTOR DE ALTITUD = 0.91

ESTACION: CUENCA TUMBILLÁN

CÓDIGO:

PARAM.: PRECIP. MAX. EN 24 HORAS (mm)

LAT.: 5° 38' "S"

LONG.: 79° 5' "W"

ALT.: 1386.21 msnm

DPTO.: CAJAMARCA

PROV.: JAÉN

DIST.: JAÉN

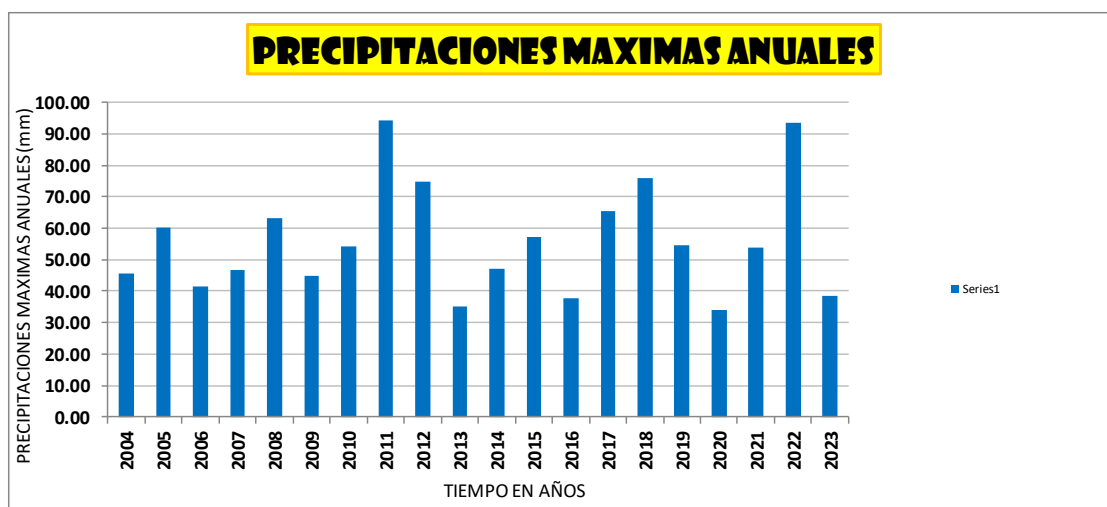
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. ANUAL	MAX	MIN	PROM.
2004	42.3	7.1	30.1	39.1	16.2	11.2	12.8	5.1	14.1	45.7	18.4	22.5	264.5	45.7	5.1	22.0
2005	31.2	42.9	38.0	60.2	23.4	13.6	3.9	5.3	26.4	21.6	29.6	30.2	326.5	60.2	3.9	27.2
2006	23.4	22.3	40.1	38.1	14.3	31.0	19.8	2.9	13.3	25.4	41.4	19.9	291.9	41.4	2.9	24.3
2007	15.6	9.7	31.6	26.1	18.8	20.6	12.1	9.8	4.2	34.4	46.8	18.9	248.6	46.8	4.2	20.7
2008	18.9	60.1	22.8	28.5	10.3	11.1	10.8	6.3	13.6	33.5	63.1	10.4	289.4	63.1	6.3	24.1
2009	44.9	18.3	43.8	38.1	24.9	15.7	13.8	9.3	11.3	20.2	18.3	23.4	282.1	44.9	9.3	23.5
2010	11.5	54.2	51.6	49.5	16.0	14.1	5.0	8.6	10.6	36.3	17.2	32.3	306.9	54.2	5.0	25.6
2011	40.8	49.0	37.2	47.2	15.8	94.4	13.4	3.6	40.3	17.4	24.9	32.2	416.4	94.4	3.6	34.7
2012	66.1	41.4	34.1	74.9	23.3	11.4	11.3	8.4	3.6	39.2	41.9	17.6	373.4	74.9	3.6	31.1
2013	16.3	30.5	31.0	7.3	30.6	11.4	35.2	20.7	10.6	28.2	17.7	19.4	258.9	35.2	7.3	21.6
2014	14.9	18.1	47.0	13.7	22.9	21.2	10.6	11.3	6.2	22.7	17.8	24.9	231.2	47.0	6.2	19.3
2015	41.3	26.8	57.4	11.3	51.4	5.0	16.3	10.2	26.1	7.4	10.6	13.4	277.2	57.4	5.0	23.1
2016	19.2	9.5	18.2	37.7	14.6	7.3	7.6	22.2	6.9	8.8	16.9	33.1	202.1	37.7	6.9	16.8
2017	24.9	32.6	65.5	41.9	19.6	18.5	7.6	17.1	13.9	43.6	11.3	22.5	318.9	65.5	7.6	26.6
2018	25.1	10.3	53.1	16.2	28.2	4.7	7.3	2.5	34.5	20.0	75.9	13.3	291.2	75.9	2.5	24.3
2019	21.7	47.9	52.4	44.6	12.3	16.8	42.0	9.6	5.0	18.0	54.7	38.7	363.8	54.7	5.0	30.3
2020	28.4	13.2	21.4	19.1	33.9	31.6	15.6	4.6	6.7	13.9	15.1	12.5	216.0	33.9	4.6	18.0
2021	21.2	16.5	53.9	32.2	21.7	14.7	10.5	5.8	11.3	31.0	25.1	43.9	288.1	53.9	5.8	24.0
2022	34.9	14.3	93.6	31.0	20.1	47.5	17.6	7.9	9.1	63.3	45.0	49.4	433.6	93.6	7.9	36.1
2023	38.3	30.5	35.0	24.5	13.4	10.4	8.4	13.6	2.1	27.9	13.3	22.5	240.0	38.3	2.1	20.0
PROM.	29.0	27.8	42.9	34.1	21.6	20.6	14.1	9.2	13.5	27.9	30.3	25.1	296.0			
MAX.	66.1	60.1	93.6	74.9	51.4	94.4	42.0	22.2	40.3	63.3	75.9	49.4	433.6			
MIN.	11.5	7.1	18.2	7.3	10.3	4.7	3.9	2.5	2.1	7.4	10.6	10.4	202.1			

RESUMEN DE PRECIPITACIONES MAXIMAS ANUALES
DE LAS MAXIMAS EN 24 HORAS DE LA CUENCA TUMBILLÁN

AÑOS	P med. (mm)
2004	45.67
2005	60.19
2006	41.40
2007	46.85
2008	63.10
2009	44.94
2010	54.20
2011	94.42
2012	74.90
2013	35.23
2014	47.03
2015	57.38
2016	37.68
2017	65.46
2018	75.90
2019	54.75
2020	33.86
2021	53.93
2022	93.60
2023	38.31

ANALISIS ESTADISTICA	
Media	55.9
Mediana	54.1
Desviación estándar	17.8
Mínimo	33.9
Máximo	94.4
Suma	1118.8
Cuenta	20

DATOS	P.ORDENADAS
1	94.42
2	93.60
3	75.90
4	74.90
5	65.46
6	63.10
7	60.19
8	57.38
9	54.75
10	54.20
11	53.93
12	47.03
13	46.85
14	45.67
15	44.94
16	41.40
17	38.31
18	37.68
19	35.23
20	33.86



DISTRIBUCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES MAX. EN 24 HORAS

ANÁLISIS CON DISTRIBUCIÓN LOG - NORMAL

DATOS	PP-ORDENADAS	F(x)	f(x)
1	94.419	0.984903	0.00214499
2	93.602	0.983061	0.00236751
3	75.899	0.869557	0.01194408
4	74.900	0.85725	0.01270378
5	65.458	0.704089	0.01946285
6	63.098	0.656612	0.02071716
7	60.192	0.594675	0.021836
8	57.378	0.532301	0.0223981
9	54.745	0.473192	0.02242105
10	54.200	0.460993	0.0223643
11	53.928	0.454907	0.0223281
12	47.028	0.307857	0.0198121
13	46.847	0.304269	0.01970962
14	45.666	0.281415	0.01900777
15	44.940	0.267776	0.01854755
16	41.399	0.206394	0.01606885
17	38.312	0.160386	0.01372699
18	37.677	0.151817	0.01323918
19	35.226	0.121656	0.01137722
20	33.864	0.10685	0.01037263

MEDIA 55.94

DESV. EST. 17.75

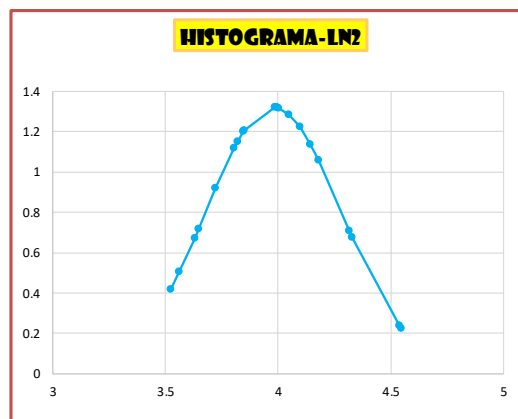
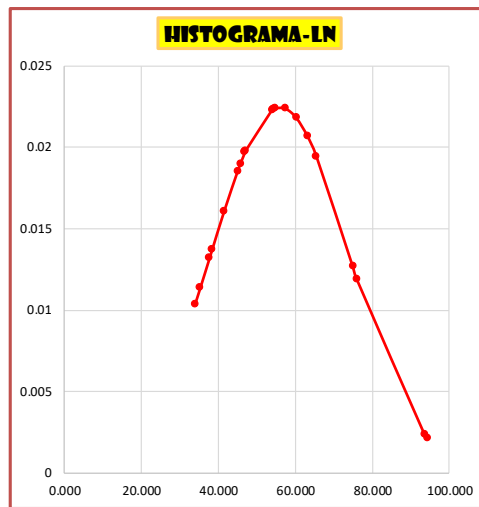
ANÁLISIS CON DISTRIBUCIÓN LOG - NORMAL DE 2 PARÁMETROS

DATOS	PP-ORDENADAS	$y = \ln(x)$	F(x)	f(x)
1	94.42	4.547747	0.97001852	0.225227
2	93.60	4.539055	0.96800728	0.23766
3	75.90	4.329399	0.87655569	0.675803
4	74.90	4.316154	0.86737628	0.710332
5	65.46	4.18141	0.74787767	1.057135
6	63.10	4.144683	0.70753302	1.13814
7	60.19	4.097546	0.65176258	1.22443
8	57.38	4.04966	0.59153495	1.286291
9	54.75	4.002688	0.5302634	1.31742
10	54.20	3.992688	0.51707492	1.320013
11	53.93	3.98765	0.51042291	1.320772
12	47.03	3.850746	0.33459074	1.205962
13	46.85	3.846878	0.32993838	1.19928
14	45.67	3.821361	0.29993427	1.151379
15	44.94	3.805329	0.28173808	1.118174
16	41.40	3.723264	0.19780994	0.921049
17	38.31	3.645776	0.13434289	0.716652
18	37.68	3.629049	0.1227213	0.673026
19	35.23	3.561776	0.08313537	0.506837
20	33.86	3.522349	0.06490378	0.419436

MEDIA 3.9798

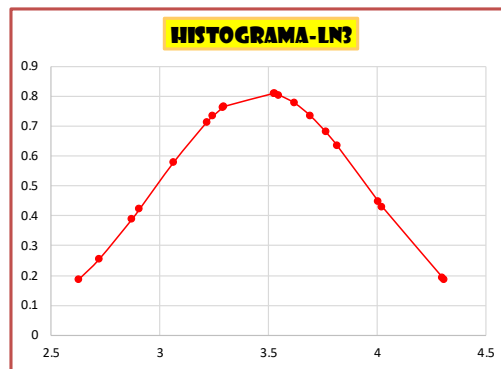
DESV. EST. 0.3019

C. ASIMETRÍA 0.3694



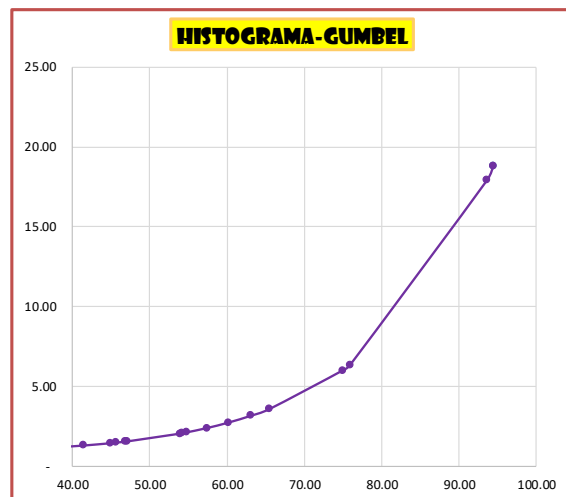
ANALISIS CON DISTRIBUCION LOG - NORMAL DE 3 PARAMETROS

DATOS	PP-ORDENADAS	$y = \ln(x-a)$	F(x)	f(x)
1	94.42	4.309717	0.95695135	0.186728
2	93.60	4.298677	0.95484961	0.194044
3	75.90	4.023541	0.87119877	0.429142
4	74.90	4.005514	0.86330092	0.447098
5	65.46	3.816791	0.76113537	0.63306
6	63.10	3.763467	0.72611016	0.67989
7	60.19	3.693677	0.67674028	0.733207
8	57.38	3.621081	0.62186583	0.776205
9	54.75	3.548039	0.56405419	0.803988
10	54.20	3.532237	0.55131866	0.807761
11	53.93	3.524241	0.54485357	0.809356
12	47.03	3.296878	0.36259494	0.765707
13	46.85	3.290138	0.35744618	0.761939
14	45.67	3.245179	0.32380556	0.733717
15	44.94	3.216473	0.30303489	0.713097
16	41.40	3.063357	0.20374907	0.577982
17	38.31	2.907584	0.12582651	0.422223
18	37.68	2.872263	0.11152531	0.387714
19	35.23	2.722985	0.0638502	0.255307
20	33.86	2.629287	0.04321542	0.187312
MEDIA		3.4691		
DESV. EST.		0.4898		
a		20.0000		
CASIMETRIA		0.03549		



ANALISIS CON DISTRIBUCION GUMBEL

DATOS	VAR. REDUCIDA		
	PP-ORDENADAS	$y = (x - u)/a$	Tr
1	94.42	2.91	18.82
2	93.60	2.86	17.92
3	75.90	1.76	6.35
4	74.90	1.70	6.00
5	65.46	1.12	3.59
6	63.10	0.97	3.18
7	60.19	0.79	2.75
8	57.38	0.62	2.41
9	54.75	0.46	2.13
10	54.20	0.42	2.08
11	53.93	0.41	2.06
12	47.03	-0.02	1.57
13	46.85	-0.03	1.56
14	45.67	-0.10	1.49
15	44.94	-0.15	1.46
16	41.40	-0.37	1.31
17	38.31	-0.56	1.21
18	37.68	-0.60	1.19
19	35.23	-0.75	1.14
20	33.86	-0.83	1.11
x medio		55.9390	
Desv. Est x (Sx)		17.7530	



n = número de datos	20.00
yn medio =	0.5320
Sn =	1.0961

VALORES GUMBEL

Parámetros, según n:

$a = Sx / Sn$	16.1965
$u = x - yn * a$	47.3224

Media reducida Yn										
n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5230	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5402	0.5410	0.5418	0.5424	0.5430
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600									
Desviación típica reducida Sn										
n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1086
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.2260	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1380
40	1.1413	1.1430	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065									

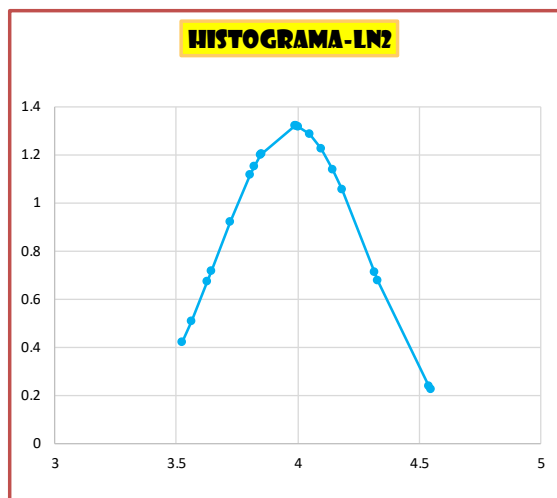
PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE KOLMOROV-SMIRNOV									
DATOS	P(x)	PROBABILIDADES DE EXCEDENCIA F(x)				DIFERENCIA DELTA D			
	Empírica	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Normal	LN2	LN3	Gumbel
1	0.048	0.01510	0.02998	0.04305	0.053	0.033	0.018	0.005	0.0055
2	0.095	0.01694	0.03199	0.04515	0.056	0.078	0.063	0.050	0.0394
3	0.143	0.13044	0.12344	0.12880	0.157	0.012	0.019	0.014	0.0146
4	0.190	0.14275	0.13262	0.13670	0.167	0.048	0.058	0.054	0.0239
5	0.238	0.29591	0.25212	0.23886	0.278	0.058	0.014	0.001	0.0404
6	0.286	0.34339	0.29247	0.27389	0.314	0.058	0.007	0.012	0.0288
7	0.333	0.40532	0.34824	0.32326	0.363	0.072	0.015	0.010	0.0302
8	0.381	0.46770	0.40847	0.37813	0.416	0.087	0.028	0.003	0.0348
9	0.429	0.52681	0.46974	0.43595	0.469	0.098	0.041	0.007	0.0401
10	0.476	0.53901	0.48293	0.44868	0.480	0.063	0.007	0.028	0.0038
11	0.524	0.54509	0.48958	0.45515	0.486	0.021	0.034	0.069	0.0380
12	0.571	0.69214	0.66541	0.63741	0.639	0.121	0.094	0.066	0.0674
13	0.619	0.69573	0.67006	0.64255	0.643	0.077	0.051	0.024	0.0239
14	0.667	0.71858	0.70007	0.67619	0.670	0.052	0.033	0.010	0.0030
15	0.714	0.73222	0.71826	0.69697	0.686	0.018	0.004	0.017	0.0283
16	0.762	0.79361	0.80219	0.79625	0.763	0.032	0.040	0.034	0.0015
17	0.810	0.83961	0.86566	0.87417	0.825	0.030	0.056	0.065	0.0157
18	0.857	0.84818	0.87728	0.88847	0.837	0.009	0.020	0.031	0.0201
19	0.905	0.87834	0.91686	0.93615	0.879	0.026	0.012	0.031	0.0260
20	0.952	0.89315	0.93510	0.95678	0.899	0.059	0.017	0.004	0.0531
						0.12071	0.09398	0.06866	0.06738
						Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada
0.3041									

SE AJUSTA A:

ANALISIS CON DISTRIBUCION DE GUMBEL

DATOS	PP ORDENADOS	$y = \ln(x)$	$F(x)$	$f(x)$
1	94.42	4.5477468	0.970018522	0.22522698
2	93.60	4.5390553	0.968007275	0.2376598
3	75.90	4.3293994	0.876555691	0.6758025
4	74.90	4.3161542	0.867376284	0.71033214
5	65.46	4.1814099	0.747877665	1.05713463
6	63.10	4.1446826	0.707533018	1.1381396
7	60.19	4.0975458	0.651762582	1.22442984
8	57.38	4.0496602	0.59153495	1.28629093
9	54.75	4.002688	0.530263397	1.31741966
10	54.20	3.9926879	0.517074924	1.32001269
11	53.93	3.9876501	0.510422905	1.32077209
12	47.03	3.850746	0.334590737	1.20596167
13	46.85	3.8468775	0.329938375	1.19927976
14	45.67	3.821361	0.299934266	1.15137944
15	44.94	3.8053285	0.281738084	1.11817436
16	41.40	3.7232636	0.197809938	0.92104932
17	38.31	3.6457761	0.134342886	0.71665245
18	37.68	3.6290493	0.122721305	0.67302562
19	35.23	3.5617761	0.08313537	0.50683654
20	33.86	3.5223492	0.064903781	0.41943599

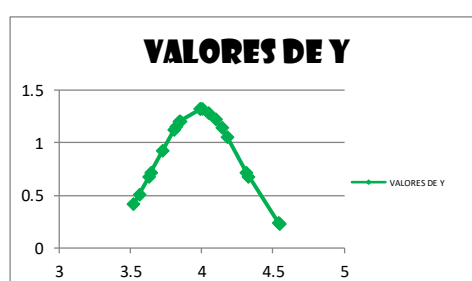
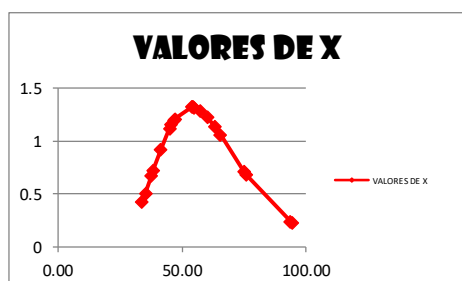
MEDIA	3.9798
DES.V. EST.	0.3019
C. ASIMETRIA	0.3694



Tr	P EXCEDIDO	P NO EXCEDIDO	VALOR Z	Y	X=LnI
20	0.05	0.95	1.644854	4.48	78.79
25	0.04	0.96	1.750686	4.51	87.92
50	0.02	0.98	2.053749	4.60	99.47
100	0.01	0.99	2.326348	4.68	108.01
200	0.005	0.995	2.575829	4.76	116.46



Precipitaciones Maximimas
obtenidas con LN2



CURVAS IDF PARA PRECIPITACIONES CON DURACIONES MENORES A 1 HORA

METODO DICK:

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

Donde:

Pd= precipitacion total (mm)

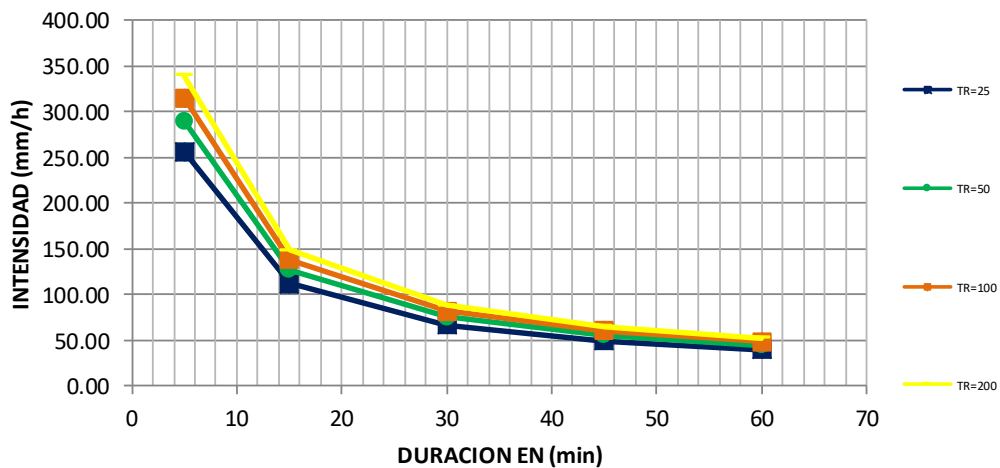
d= duracion en (m)

P24h= precip. Maxima en 24 horas(mm) LN2

TR	PRECP. MAX.	PRECIPITACION TOTAL (mm)				
		DURACION EN MINUTOS				
		5	15	30	45	60
25	87.92	21.34	28.09	33.40	36.97	39.72
50	99.47	24.15	31.78	37.79	41.82	44.94
100	108.01	26.22	34.51	41.03	45.41	48.80
200	116.46	28.27	37.20	44.24	48.96	52.62

TR	PRECP. MAX.	INTENSIDAD (mm/h)				
		DURACION EN MINUTOS				
		5	15	30	45	60
25	87.92	256.11	112.35	66.80	49.29	39.72
50	99.47	289.76	127.12	75.58	55.76	44.94
100	108.01	314.62	138.02	82.07	60.55	48.80
200	116.46	339.24	148.82	88.49	65.29	52.62

CURVAS I.D.F



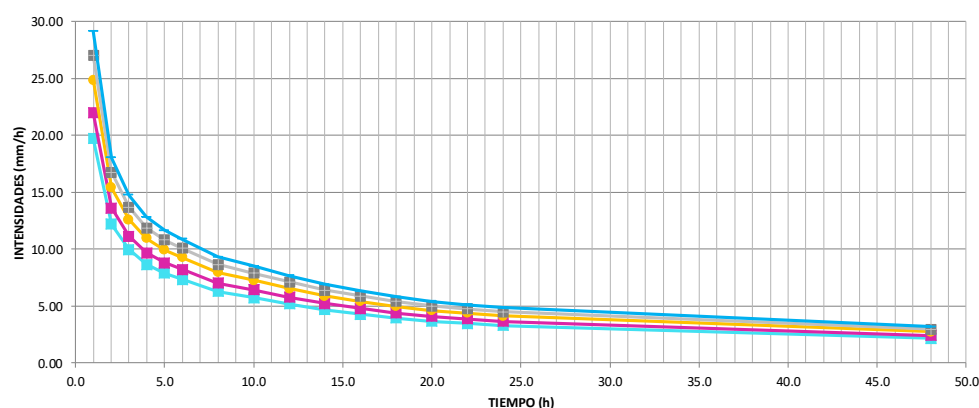
CURVAS IDF PARA PRECIPITACIONES CON DURACIONES ENTRE 1 HORA Y 48 HORAS

$P(mm) =$ Es la obtenida en la distribución LN2

$I(mm/hora) = P * coef / duracion$

Tr	P(mm)	Intensidades (mm/hora)															
		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	48.0
20	78.79	0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.56	0.64	0.73	0.79	0.83	0.87	0.90	0.93	0.97	1.00	1.32
25	87.92	19.70	12.21	9.98	8.67	7.88	7.35	6.30	5.75	5.19	4.67	4.28	3.94	3.66	3.47	3.28	2.17
50	99.47	21.98	13.63	11.14	9.67	8.79	8.21	7.03	6.42	5.79	5.21	4.78	4.40	4.09	3.88	3.66	2.42
100	108.01	24.87	15.42	12.60	10.94	9.95	9.28	7.96	7.26	6.55	5.90	5.41	4.97	4.63	4.39	4.14	2.74
200	116.46	27.00	16.74	13.68	11.88	10.80	10.08	8.64	7.88	7.11	6.40	5.87	5.40	5.02	4.76	4.50	2.97
		29.11	18.05	14.75	12.81	11.65	10.87	9.32	8.50	7.67	6.90	6.33	5.82	5.42	5.13	4.85	3.20

DIAGRAMAS I.D.F

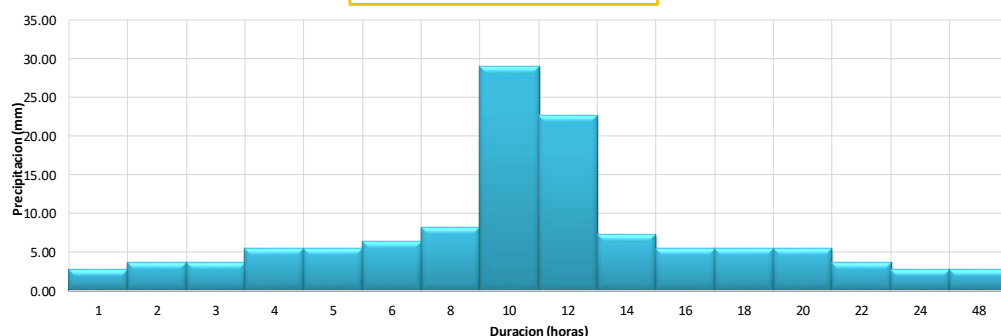


CALCULO DEL HIETOGRAMA A PARTIR DE LAS CURVAS I.D.F

METODO DEL BLOQUE ALTERNO PARA TR - 25 AÑOS

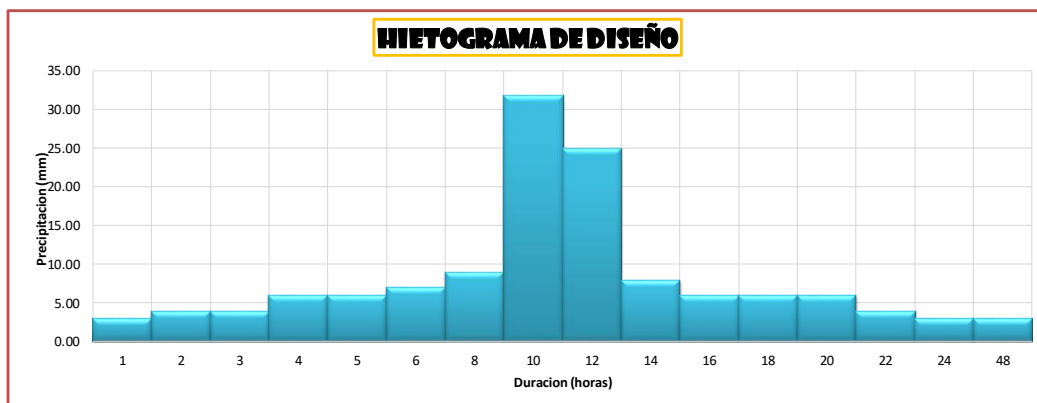
DURACION (h)	INTENSIDAD	P. ACUMULADA (mm)	PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD	TIEMPO (min)		PRECIPITACION
			INCREMENTADA	ORDENADA	de	a	
1	22.69	22.69	22.69	29.05	0	1	2.72
2	14.07	28.14	5.45	22.69	1	2	3.63
3	11.50	34.49	6.35	8.17	2	3	3.63
4	9.99	39.94	5.45	7.26	3	4	5.45
5	9.08	45.39	5.45	6.35	4	5	5.45
6	8.47	50.83	5.45	5.45	5	6	6.35
8	7.26	58.10	7.26	5.45	6	8	8.17
10	6.63	66.27	8.17	5.45	8	10	29.05
12	5.98	71.71	5.45	5.45	10	12	22.69
14	5.38	75.34	3.63	5.45	12	14	7.26
16	4.94	78.97	3.63	3.63	14	16	5.45
18	4.54	81.70	2.72	3.63	16	18	5.45
20	4.22	84.42	2.72	3.63	18	20	5.45
22	4.00	88.05	3.63	2.72	20	22	3.63
24	3.78	90.77	2.72	2.72	22	24	2.72
48	2.50	119.82	29.05	2.72	24	48	2.72

HIETOGRAMA DE DISEÑO

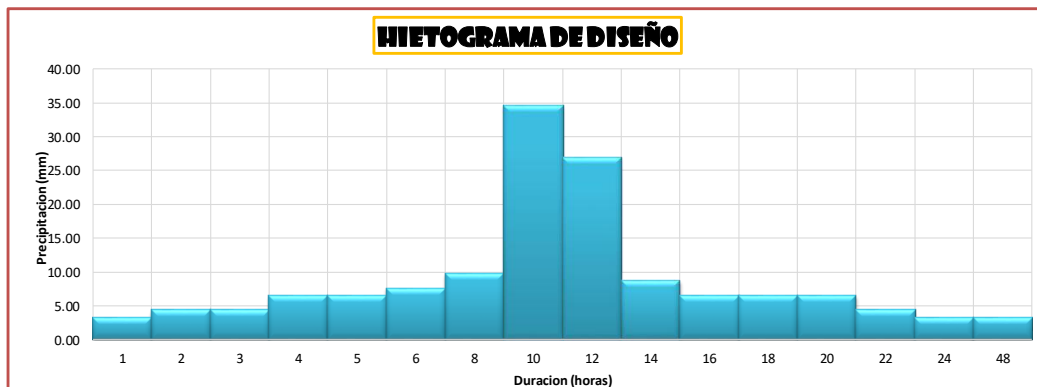


METODO DEL BLOQUE ALTERNO PARA TR - 50 AÑOS

DURACION (h)	INTENSIDAD	P. ACUMULADA (mm)	PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD	TIEMPO (min)		PRECIPITACION
			INCREMENTADA	ORDENADA	de	a	
1	24.87	24.87	24.87	31.83	0	1	2.98
2	15.42	30.84	5.97	24.87	1	2	3.98
3	12.60	37.80	6.96	8.95	2	3	3.98
4	10.94	43.77	5.97	7.96	3	4	5.97
5	9.95	49.74	5.97	6.96	4	5	5.97
6	9.28	55.70	5.97	5.97	5	6	6.96
8	7.96	63.66	7.96	5.97	6	8	8.95
10	7.26	72.62	8.95	5.97	8	10	31.83
12	6.55	78.58	5.97	5.97	10	12	24.87
14	5.90	82.56	3.98	5.97	12	14	7.96
16	5.41	86.54	3.98	3.98	14	16	5.97
18	4.97	89.53	2.98	3.98	16	18	5.97
20	4.63	92.51	2.98	3.98	18	20	5.97
22	4.39	96.49	3.98	2.98	20	22	3.98
24	4.14	99.47	2.98	2.98	22	24	2.98
48	2.74	131.30	31.83	2.98	24	48	2.98

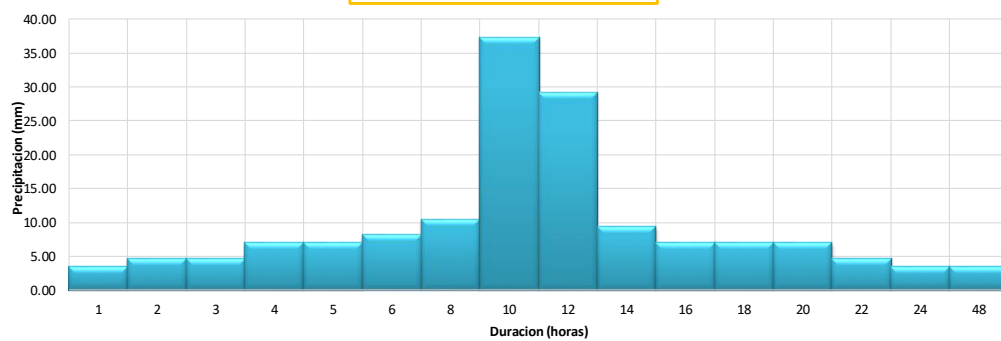

METODO DEL BLOQUE ALTERNO PARA TR - 100 AÑOS

DURACION (h)	INTENSIDAD	P. ACUMULADA (mm)	PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD	TIEMPO (min)		PRECIPITACION
			INCREMENTADA	ORDENADA	de	a	
1	27.00	27.00	27.00	34.56	0	1	3.24
2	16.74	33.48	6.48	27.00	1	2	4.32
3	13.68	41.04	7.56	9.72	2	3	4.32
4	11.88	47.52	6.48	8.64	3	4	6.48
5	10.80	54.00	6.48	7.56	4	5	6.48
6	10.08	60.48	6.48	6.48	5	6	7.56
8	8.64	69.12	8.64	6.48	6	8	9.72
10	7.88	78.85	9.72	6.48	8	10	34.56
12	7.11	85.33	6.48	6.48	10	12	27.00
14	6.40	89.65	4.32	6.48	12	14	8.64
16	5.87	93.97	4.32	4.32	14	16	6.48
18	5.40	97.21	3.24	4.32	16	18	6.48
20	5.02	100.45	3.24	4.32	18	20	6.48
22	4.76	104.77	4.32	3.24	20	22	4.32
24	4.50	108.01	3.24	3.24	22	24	3.24
48	2.97	142.57	34.56	3.24	24	48	3.24



METODO DEL BLOQUE ALTERNO PARA TR - 200 AÑOS

DURACION (h)	INTENSIDAD	P. ACUMULADA (mm)	PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD	TIEMPO (min)		PRECIPITACION
			INCREMENTADA	ORDENADA	de	a	
1	29.11	29.11	29.11	37.27	0	1	3.49
2	18.05	36.10	6.99	29.11	1	2	4.66
3	14.75	44.25	8.15	10.48	2	3	4.66
4	12.81	51.24	6.99	9.32	3	4	6.99
5	11.65	58.23	6.99	8.15	4	5	6.99
6	10.87	65.22	6.99	6.99	5	6	8.15
8	9.32	74.53	9.32	6.99	6	8	10.48
10	8.50	85.01	10.48	6.99	8	10	37.27
12	7.67	92.00	6.99	6.99	10	12	29.11
14	6.90	96.66	4.66	6.99	12	14	9.32
16	6.33	101.32	4.66	4.66	14	16	6.99
18	5.82	104.81	3.49	4.66	16	18	6.99
20	5.42	108.31	3.49	4.66	18	20	6.99
22	5.13	112.96	4.66	3.49	20	22	4.66
24	4.85	116.46	3.49	3.49	22	24	3.49
48	3.20	153.72	37.27	3.49	24	48	3.49

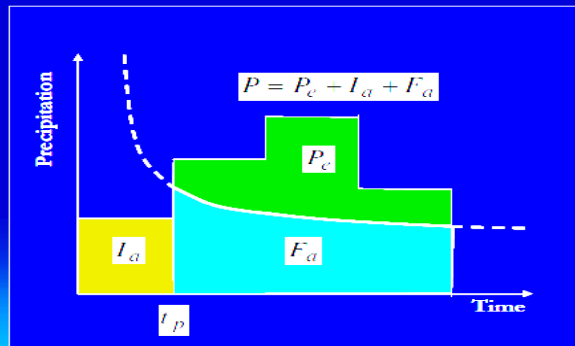
HIETOGRAMA DE DISEÑO


CALCULO DE LA PRECIPITACION TOTAL Y EFECTIVA

METODO SCS PARA ABSTRACCIONES

Variables en el método

I_a: Abstracción inicial
P_e: Exceso de precipitación
F_a: Abstracción continuada



EL PROCESO QUE VAMOS A SEGUIR PARA HALLAR LA
PRECIPITACION EFECTIVA ES EL SIGUIENTE:

I.- Primeramente veremos la clasificación de suelos; que porcentajes de cada uno de estos tenemos :

GRUPO HIDROLOGICO DE SUELO

Grupo A:	Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregad
Grupo B:	Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.
Grupo C:	Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenido de arcilla.
Grupo D:	Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Supongamos que tenemos los siguientes grupos hidrológicos :

Grupo A = 30%

Grupo B = 70%

II.- Veamos el uso de suelos:

CN para usos selectos de suelo agrícola, urbanos y suburbanos-REF MTC
(AMC(II) $I_a=0.25$)

Supongamos el siguiente uso de suelo:

→ bosque, con cubierta buena.....	40%
→ Pastizales o campo de animales en condiciones bueno.....	25%
→ vegas de rios y praderas en condiciones buenas.....	20%
→ tierra cultivada sin tratamiento de conservacion.....	15%

Ahora calcularemos el Número adimensional de curvas (CN)
Consideraremos **condiciones húmedas**; por lo que tendremos
que utilizar las siguientes ecuaciones

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

NOTA: S y CN dependen de las condiciones antecedentes de lluvia.

CN (I) **Condiciones Secas**

CN (II) **Condiciones Naturales**

CN (III) **Condiciones Húmedas**

Uso de suelo	Grupo hidrológico de suelo					
	0.3 * A			0.7 * B		
	%	CN	Prod.	%	CN	Prod.
Bosques	12	25	3	28	55	10
Pastizales	7.5	68	5.1	17.5	79	13.825
Vegas de rios y prad.	6	30	1.8	14	58	8.12
Tierra cultivada	4.5	62	2.79	10.5	71	7.455
	30	Σ =	12.69	70	Σ =	39.4

➡ El CN ponderado será entonces :

➡ CN (II)= 52.09

Ahora calculamos CN(III)

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

CN(III)= 71.43

Ahora calculamos S

$$S = \frac{1000}{CN(III)} - 10$$

S= 4.00 Pulg.

S= 101.57 mm.

PRECIPITACIÓN EFECTIVA PARA 25 AÑOS

Hallando I_a , con la siguiente formula:

$$I_a = 0.2S$$

$I_a = 20 \text{ mm}$

Hallamos F_a , con la siguiente formula:

$$F_a = \frac{S(P - I_a)}{P - I_a + S}$$

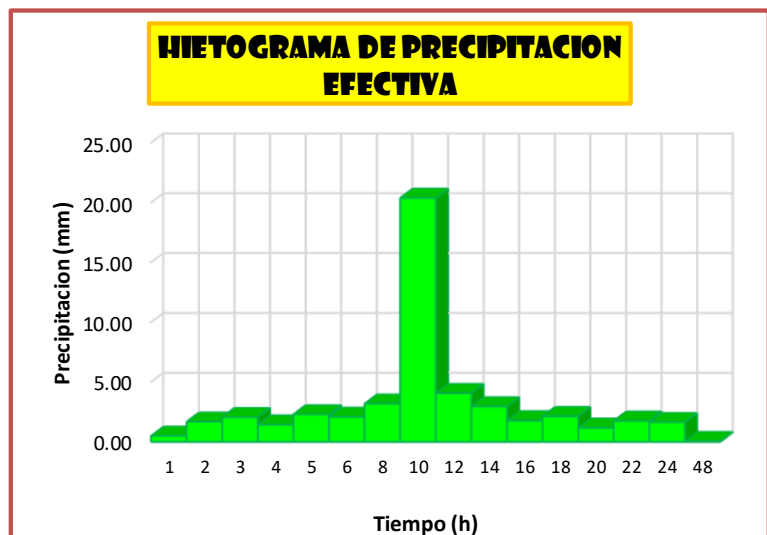
$S = 102 \text{ mm}$

Hallamos Precipitación efectiva, con la siguiente formula:

$$P_e = P - I_a - F_a$$

Tiempo (h)	Lluvia acumulada (mm)	Abstracciones acumuladas		Exceso de lluvia acumulado (mm)	Hietograma de exceso de lluvia (mm)	Hietograma de exceso de lluvia (Cm)	Hietog. de exceso de lluvia Ordenado (mm)
		I_a	F_a				
1	22.69	20	2.32	0.05	0.05	0.01	20.38
2	28.14	20	7.27	0.56	0.51	0.05	4.07
3	34.49	20	12.44	1.74	1.18	0.12	3.19
4	39.94	20	16.45	3.18	1.44	0.14	2.96
5	45.39	20	20.11	4.96	1.79	0.18	2.09
6	50.83	20	23.47	7.05	2.09	0.21	1.79
8	58.10	20	27.54	10.24	3.19	0.32	2.30
10	66.27	20	31.64	14.31	4.07	0.41	2.14
12	71.71	20	34.13	17.27	2.96	0.30	1.44
14	75.34	20	35.69	19.34	2.07	0.21	1.18
16	78.97	20	37.18	21.47	2.14	0.21	2.07
18	81.70	20	38.26	23.12	1.65	0.16	1.76
20	84.42	20	39.30	24.80	1.68	0.17	1.68
22	88.05	20	40.64	27.10	2.30	0.23	1.65
24	90.77	20	41.60	28.86	1.76	0.18	0.51
48	119.82	20	50.26	49.24	20.38	2.04	0.05

Tiempo (horas)		pe
de	a	
0.00	1.00	0.51
1.00	2.00	1.68
2.00	3.00	2.07
3.00	4.00	1.44
4.00	5.00	2.30
5.00	6.00	2.09
6.00	8.00	3.19
8.00	10.00	20.38
10.00	12.00	4.07
12.00	14.00	2.96
14.00	16.00	1.79
16.00	18.00	2.14
18.00	20.00	1.18
20.00	22.00	1.76
22.00	24.00	1.65
24.00	48.00	0.05



PRECIPITACIÓN EFECTIVA PARA 50 AÑOS

Hallando I_a , con la siguiente formula:

$$I_a = 0.2S$$

$I_a = 20 \text{ mm}$

Hallamos F_a , con la siguiente formula:

$$F_a = \frac{S(P - I_a)}{P - I_a + S}$$

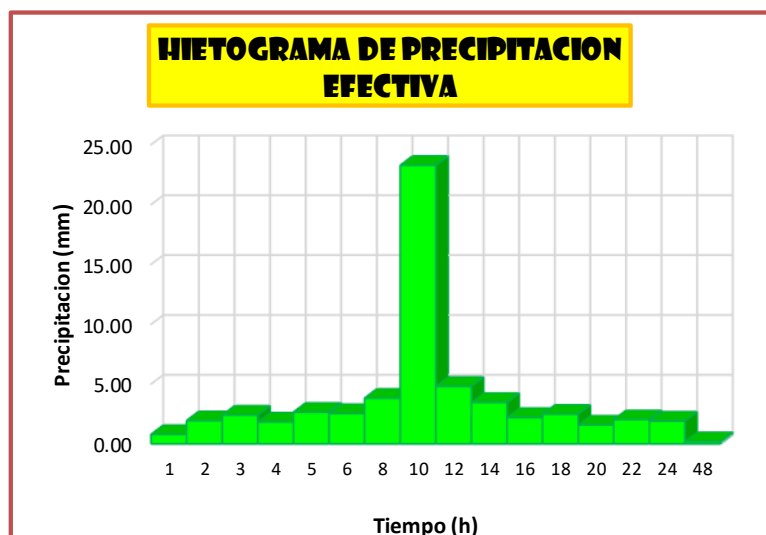
$S = 102 \text{ mm}$

Hallamos Precipitación efectiva, con la siguiente formula:

$$P_e = P - I_a - F_a$$

Tiempo (h)	Lluvia acumulada (mm)	Abstracciones acumuladas		Exceso de lluvia acumulado (mm)	Hietograma de exceso de lluvia (mm)	Hietograma de exceso de lluvia (Cm)	Hietog. de exceso de lluvia Ordenado(mm)
		I_a	F_a				
1	24.87	20	4.36	0.20	0.20	0.02	23.28
2	30.84	20	9.53	0.99	0.79	0.08	4.81
3	37.80	20	14.92	2.57	1.58	0.16	3.82
4	43.77	20	19.05	4.40	1.83	0.18	3.46
5	49.74	20	22.81	6.61	2.21	0.22	2.54
6	55.70	20	26.25	9.14	2.54	0.25	2.21
8	63.66	20	30.38	12.97	3.82	0.38	2.65
10	72.62	20	34.52	17.78	4.81	0.48	2.49
12	78.58	20	37.03	21.24	3.46	0.35	1.83
14	82.56	20	38.60	23.65	2.41	0.24	1.58
16	86.54	20	40.09	26.14	2.49	0.25	2.41
18	89.53	20	41.16	28.05	1.91	0.19	2.03
20	92.51	20	42.20	30.00	1.95	0.19	1.95
22	96.49	20	43.53	32.64	2.65	0.26	1.91
24	99.47	20	44.49	34.67	2.03	0.20	0.79
48	131.30	20	53.04	57.95	23.28	2.33	0.20

Tiempo (horas)		pe
de	a	
0.00	1.00	0.79
1.00	2.00	1.95
2.00	3.00	2.41
3.00	4.00	1.83
4.00	5.00	2.65
5.00	6.00	2.54
6.00	8.00	3.82
8.00	10.00	23.28
10.00	12.00	4.81
12.00	14.00	3.46
14.00	16.00	2.21
16.00	18.00	2.49
18.00	20.00	1.58
20.00	22.00	2.03
22.00	24.00	1.91
24.00	48.00	0.20



PRECIPITACIÓN EFECTIVA PARA 100 AÑOS

Hallando I_a , con la siguiente formula:

$$I_a = 0.2S$$

$$I_a = 20 \text{ mm}$$

Hallamos F_a , con la siguiente formula:

$$F_a = \frac{S(P - I_a)}{P - I_a + S}$$

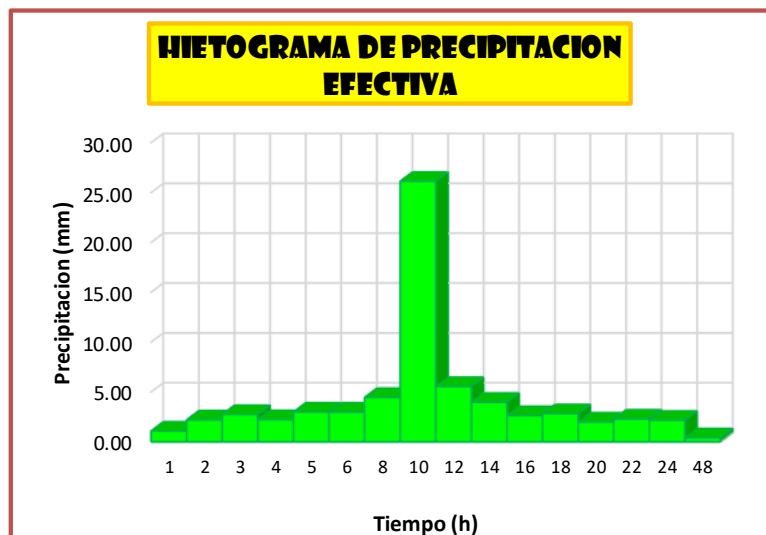
$$S = 102 \text{ mm}$$

Hallamos Precipitación efectiva, con la siguiente formula:

$$P_e = P - I_a - F_a$$

Tiempo (h)	Lluvia acumulada (mm)	Abstracciones acumuladas		Exceso de lluvia acumulado (mm)	Hietograma de exceso de lluvia (mm)	Hietograma de exceso de lluvia (Cm)	Hietog. de exceso de lluvia Ordenado (mm)
		I_a	F_a				
1	27.00	20	6.27	0.41	0.41	0.04	26.15
2	33.48	20	11.66	1.51	1.10	0.11	5.56
3	41.04	20	17.22	3.51	2.00	0.20	4.46
4	47.52	20	21.46	5.75	2.24	0.22	3.97
5	54.00	20	25.30	8.39	2.64	0.26	2.99
6	60.48	20	28.79	11.38	2.99	0.30	2.64
8	69.12	20	32.97	15.84	4.46	0.45	3.00
10	78.85	20	37.13	21.40	5.56	0.56	2.83
12	85.33	20	39.64	25.37	3.97	0.40	2.24
14	89.65	20	41.21	28.13	2.75	0.28	2.00
16	93.97	20	42.69	30.96	2.83	0.28	2.75
18	97.21	20	43.76	33.13	2.17	0.22	2.29
20	100.45	20	44.79	35.34	2.21	0.22	2.21
22	104.77	20	46.11	38.34	3.00	0.30	2.17
24	108.01	20	47.06	40.63	2.29	0.23	1.10
48	142.57	20	55.48	66.78	26.15	2.61	0.41

Tiempo (horas)		pe
de	a	
0.00	1.00	1.10
1.00	2.00	2.21
2.00	3.00	2.75
3.00	4.00	2.24
4.00	5.00	3.00
5.00	6.00	2.99
6.00	8.00	4.46
8.00	10.00	26.15
10.00	12.00	5.56
12.00	14.00	3.97
14.00	16.00	2.64
16.00	18.00	2.83
18.00	20.00	2.00
20.00	22.00	2.29
22.00	24.00	2.17
24.00	48.00	0.41



PRECIPITACIÓN EFECTIVA PARA 200 AÑOS

Hallando I_a , con la siguiente formula:

$$I_a = 0.2S$$

$I_a = 20 \text{ mm}$

Hallamos F_a , con la siguiente formula:

$$F_a = \frac{S(P - I_a)}{P - I_a + S}$$

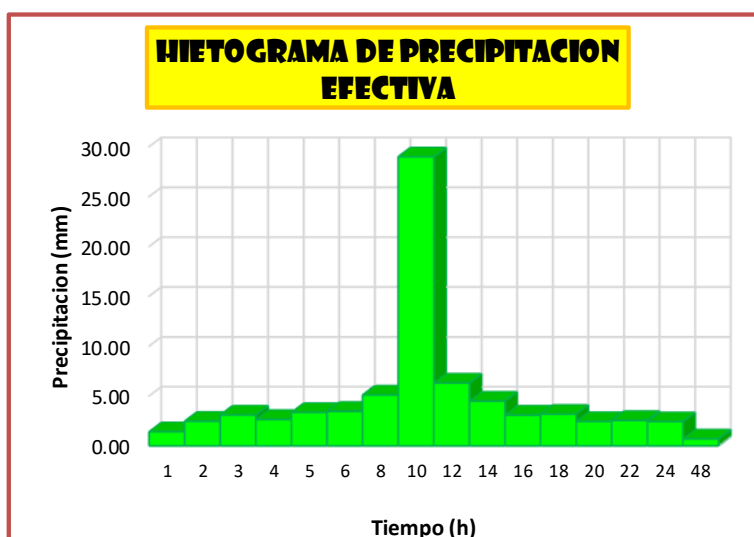
$S = 102 \text{ mm}$

Hallamos Precipitación efectiva, con la siguiente formula:

$$P_e = P - I_a - F_a$$

Tiempo (h)	Lluvia acumulada (mm)	Abstracciones acumuladas		Exceso de lluvia acumulado (mm)	Hietograma de exceso de lluvia (mm)	Hietograma de exceso de lluvia (Cm)	Hietog. de exceso de lluvia Ordenado (mm)
		I_a	F_a				
1	29.11	20	8.10	0.70	0.70	0.07	28.99
2	36.10	20	13.66	2.12	1.42	0.14	6.31
3	44.25	20	19.37	4.57	2.44	0.24	5.10
4	51.24	20	23.71	7.22	2.65	0.27	4.49
5	58.23	20	27.61	10.31	3.09	0.31	3.46
6	65.22	20	31.14	13.76	3.46	0.35	3.09
8	74.53	20	35.35	18.87	5.10	0.51	3.35
10	85.01	20	39.52	25.18	6.31	0.63	3.18
12	92.00	20	42.03	29.66	4.49	0.45	2.65
14	96.66	20	43.59	32.76	3.10	0.31	2.44
16	101.32	20	45.06	35.94	3.18	0.32	3.10
18	104.81	20	46.13	38.37	2.43	0.24	2.56
20	108.31	20	47.15	40.84	2.47	0.25	2.47
22	112.96	20	48.45	44.20	3.35	0.34	2.43
24	116.46	20	49.39	46.75	2.56	0.26	1.42
48	153.72	20	57.67	75.74	28.99	2.90	0.70

Tiempo (horas)		pe
de	a	
0.00	1.00	1.42
1.00	2.00	2.47
2.00	3.00	3.10
3.00	4.00	2.65
4.00	5.00	3.35
5.00	6.00	3.46
6.00	8.00	5.10
8.00	10.00	28.99
10.00	12.00	6.31
12.00	14.00	4.49
14.00	16.00	3.09
16.00	18.00	3.18
18.00	20.00	2.44
20.00	22.00	2.56
22.00	24.00	2.43
24.00	48.00	0.70



1° METODO: RACIONAL MODIFICADO

FORMULA:

$$Q = 0.278 CIAK$$

Donde:

Q= Descarga Máxima de Diseño (m³/s)

C= Coeficiente de Escorrentía para el intervalo en que se produce I.

I= Intensidad de Precipitación Máxima Horaria (mm/h)

A= Area de la Cuenca (Km²)

Las fórmulas que definen los factores de la fórmula general, son los siguientes:

A) Tiempo de Concentración (Tc)

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76} \dots\dots\dots Ec. 1$$

Donde:

L = Longitud del Cauce Mayor (Km)

S = Pendiente Promedio del cauce mayor (m/m)

$$T_c = 0.975 \ h$$

B) Coeficiente de Uniformidad (Tc)

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14} \dots\dots\dots Ec. 2$$

Donde:

Tc = Tiempo de Concentración (horas)

$$K = 1.06474$$

C) Coeficiente de Simultaniedad o Factor reductor (K_A)

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

Donde:

A = Area de la cuenca (Km²) 41.03 km²

$$K_A = 0.892459$$

D) Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (P)

$$P = k_A P_d$$

Donde:

K_A = Factor reductor

P_d = Precipitación máxima diaria (mm)

Precipitación máxima corregida

ESTACION CUENCA TUMBILLÁN		
Tr	Precip. LN2	P corregida
20	78.785	70.31
25	87.920	78.46
50	99.473	88.78
100	108.007	96.39
200	116.458	103.93

E) Intensidad de Precipitación (I)

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

Donde:

P = Precipitación máxima corregida (mm)

Tc= Tiempo de concentración (horas)

Intensidad de Precipitación

Tr	P corregida	Int.
20	70.31	32.720
25	78.46	36.514
50	88.78	41.312
100	96.39	44.857
200	103.93	48.366

F) Coeficiente de Escorrentía (C)

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

Donde:

Pd = Precipitación máxima diaria (mm)

Po = Umbral de Escorrentía = (5000/CN) - 49

CN = Número de curva

CN = 52.09

Po = 46.99

Coeficiente de Escorrentia

Tr	P corregida	C
20	70.312	0.0779
25	78.465	0.1030
50	88.776	0.1332
100	96.392	0.1546
200	103.934	0.1750

G) CAUDAL

$$Q = 0.278 CIAK$$

A = 41.032 km²

K = 1.06474

Caudales en diferentes tiempos de retorno.

Tr	C	Int.	Q(m ³ /s)
20	0.078	32.720	30.945
25	0.103	36.514	45.657
50	0.133	41.312	66.851
100	0.155	44.857	84.243
200	0.175	48.366	102.827

2° METODO: HIDROGRAMA UNITARIO

HIDROGRAMA UNITARIO SINTETICO TRIANGULAR SCS

FÓRMULAS:

El tiempo de recesión, t_r , puede aproximarse a:

$$t_r = 1.67 T$$

Como el área bajo el HU debe ser igual a una escurrentía de 1 cm, puede demostrarse que:

$$q_p = \frac{2.08 A}{T_p}$$

Donde:

A : es el área de drenaje en Km²

T_p : es el tiempo de ocurrencia del pico en horas

Donde:

$$t_p = 0.6 t_c$$

Donde:

t_p : Tiempo de retardo (entre el centroide del hietograma y el pico de caudal) (h)

t_c : Tiempo de concentración de la cuenca.

El tiempo de ocurrencia del pico, T_p , se puede expresar así:

$$T_p = \frac{D}{2} + t_p$$

Donde:

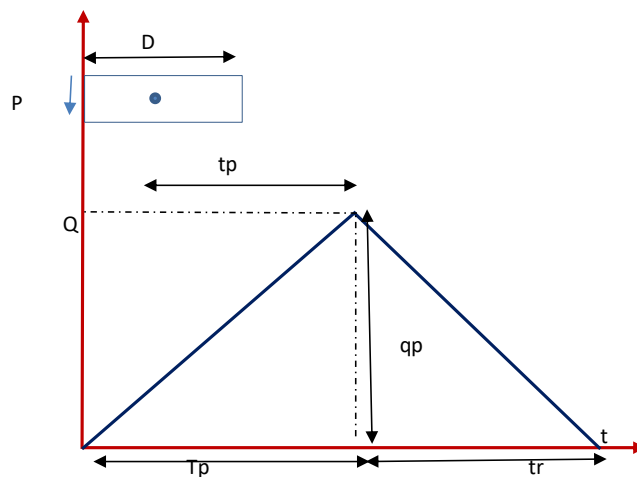
$D = 2\sqrt{t_c}$ para cuencas grandes

$D = t_c$ para cuencas pequeñas

Además:

D : duración de la lluvia (h)

HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR DEL SCS



CALCULO DE HIDROGRAMA SINTETICO TRIANGULAR DEL SCS

Datos de entrada:

Long cauce	9464.16	m	9.46416
Cota max	2234	m	2234
Cota min.....	700	m	700
Superficie.....	41.03	km ²	41.031789
Duración P neta.....	1.74	horas	

Cálculos:

Tiempo de concentración:

$$t_c = 0.01947 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

FÓRMULA DE KIRPICH

Tc = 45.21 minutos
Tc = 0.75 horas

Tiempo pico:

$$T_p = \frac{D}{2} + t_p$$

Tp= 1.32 horas

Tiempo base:

$$t_b = 2.67 t_p$$

Tb= 3.52 horas

Tiempo de retraso Tr= 0.45 horas

Caudal pico:

$$q_p = \frac{2.084}{T_p}$$

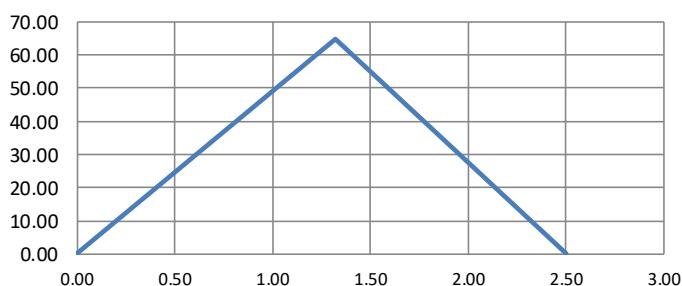
DATOS H.U.

Tiempo	Caudal (m ³ /s)
0	0
1.2	53.88
1.32	64.65
2	32.326
3.00	21.55
3.52	0.00

(Manual de hidrologia)

QP= 64.65 m³/s

HIDROGRAMA UNITARIO **TRIANGULAR SCS**



Datos para dibujar el triángulo

0.00	0.00
1.32	64.65
2.50	0.00

CALCULO DE HIDROGRAMA UNITARIO TR=25

Tiempo	Caudal (m ³ /s)	Precipitación en (cm)										Q. Resultante (m ³ /s)
		0.00	0.04	0.11	0.13	0.17	0.19	0.30	0.38	0.28	2.13	
0	0.00	0.00										0.00
1	53.88	0.14	0.00									0.14
1.32	64.65	0.17	2.25	0.00								2.42
2	32.33	0.09	2.70	5.67	0.00							8.45
3	21.55	0.06	1.35	6.80	7.10	0.00						15.31
3.52	0.00	0.00	0.90	3.40	8.52	8.90	0.00					21.72
4			0.00	2.27	4.26	10.68	10.48	0.00				27.68
5				0.00	2.84	5.34	12.57	16.11	0.00			36.86
6					0.00	3.56	6.29	19.33	20.64	0.00		49.82
7						0.00	4.19	9.67	24.77	15.04	0.00	53.67
8							0.00	6.44	12.39	18.05	114.76	151.64
9								0.00	8.26	9.03	137.71	154.99
10									0.00	6.02	68.86	74.87
11										0.00	45.90	45.90
12											0.00	0.00

CALCULO DE HIDROGRAMA UNITARIO TR=50

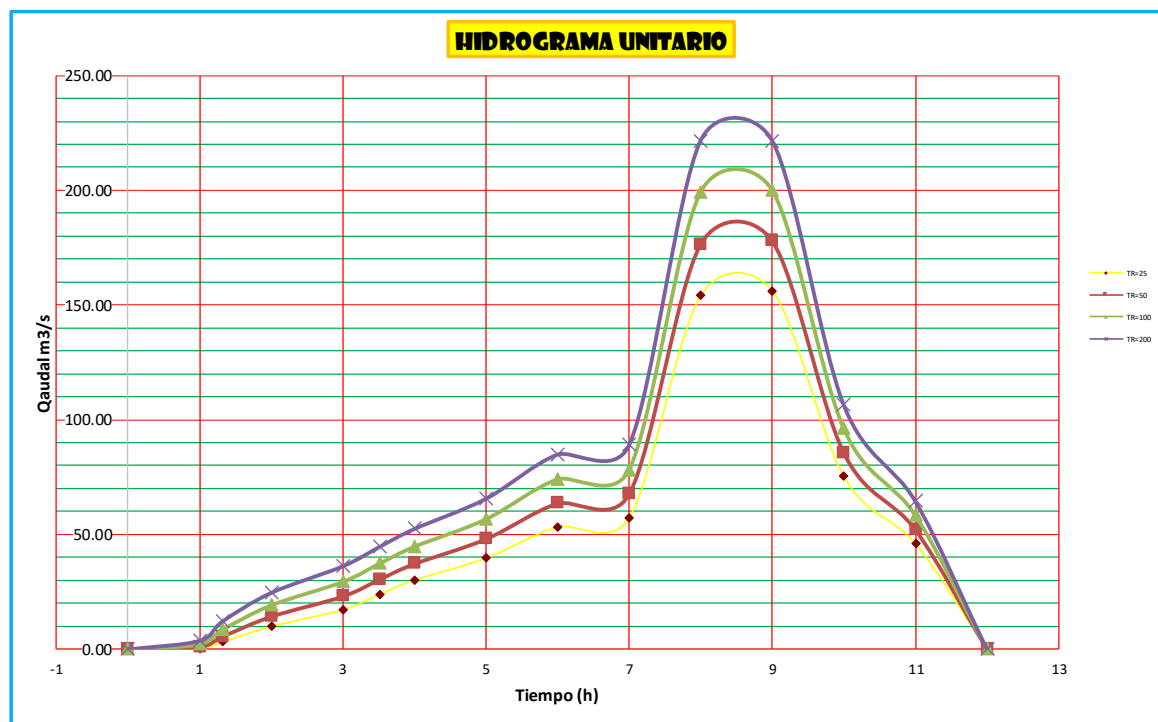
Tiempo	Caudal (m ³ /s)	Precipitación en (cm)										Q. Resultante (m ³ /s)
		0.02	0.08	0.16	0.18	0.22	0.25	0.38	0.48	0.35	2.42	
0	0.00	0.00										0.00
1	53.88	1.05	0.00									1.05
1.32	64.65	1.26	4.27	0.00								5.53
2	32.33	0.63	5.12	8.51	0.00							14.27
3	21.55	0.42	2.56	10.22	9.87	0.00						23.07
3.52	0.00	0.00	1.71	5.11	11.84	11.90	0.00					30.56
4			0.00	3.41	5.92	14.28	13.67	0.00				37.27
5				0.00	3.95	7.14	16.40	20.59	0.00			48.07
6					0.00	4.76	8.20	24.71	25.92	0.00		63.58
7						0.00	5.47	12.35	31.10	18.67	0.00	67.59
8							0.00	8.24	15.55	22.40	130.38	176.57
9								0.00	10.37	11.20	156.46	178.03
10									0.00	7.47	78.23	85.70
11										0.00	52.15	52.15
12											0.00	0.00

CALCULO DE HIDROGRAMA UNITARIO TR=100

Tiempo	Caudal (m ³ /s)	Precipitación en (cm)										Q. Resultante (m ³ /s)
		0.04	0.11	0.20	0.22	0.26	0.30	0.45	0.56	0.40	2.71	
0	0.00	0.00										0.00
1	53.88	2.23	0.00									2.23
1.32	64.65	2.67	5.92	0.00								8.59
2	32.33	1.34	7.10	10.79	0.00							19.22
3	21.55	0.89	3.55	12.94	12.04	0.00						29.43
3.52	0.00	0.00	2.37	6.47	14.45	14.24	0.00					37.53
4			0.00	4.31	7.23	17.08	16.13	0.00				44.75
5				0.00	4.82	8.54	19.35	24.02	0.00			56.73
6					0.00	5.69	9.68	28.83	29.93	0.00		74.13
7						0.00	6.45	14.41	35.92	21.41	0.00	78.19
8							0.00	9.61	17.96	25.69	146.01	199.26
9								0.00	11.97	12.85	175.21	200.03
10									0.00	8.56	87.60	96.17
11										0.00	58.40	58.40
12											0.00	0.00

CALCULO DE HIDROGRAMA UNITARIO TR=200

Tiempo	Caudal (m ³ /s)	Precipitación en (cm)										Q. Resultante (m ³ /s)
		0.07	0.14	0.24	0.27	0.31	0.35	0.51	0.63	0.45	2.99	
0	0.00	0.00										0.00
1	53.88	3.78	0.00									3.78
1.32	64.65	4.54	7.66	0.00								12.20
2	32.33	2.27	9.19	13.16	0.00							24.62
3	21.55	1.51	4.60	15.79	14.29	0.00						36.19
3.52	0.00	0.00	3.06	7.90	17.15	16.63	0.00					44.74
4			0.00	5.26	8.57	19.96	18.64	0.00				52.43
5				0.00	5.72	9.98	22.36	27.50	0.00			65.56
6					0.00	6.65	11.18	33.00	33.98	0.00		84.82
7						0.00	7.45	16.50	40.77	24.16	0.00	88.89
8							0.00	11.00	20.39	29.00	161.09	221.48
9								0.00	13.59	14.50	193.31	221.40
10									0.00	9.67	96.66	106.32
11										0.00	64.44	64.44
12											0.00	0.00



Anexo 11. Panel fotográfico

Figura 27
Identificación de BM-01



Figura 28
Identificación de BM-02



Figura 29

Medición de altura de instrumento para configuración de estación total



Figura 30

Levantamiento topográfico eje de la Quebrada Tumbillán.



Figura 33

Levantamiento topográfico borde de la Quebrada Tumbillán.



Figura 34

Presentación de documento para autorización al teniente del sector La Granja



Figura 35

Vista panorámica del sector La Granja parte alta



Figura 36

Vista panorámica del sector La Granja parte baja



Figura 37

Quebrada Tumbillán sin defensa ribereña y sector La Granja

