

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Identificación de zonas inundables por caudales
máximos y propuesta de defensa ribereña en un tramo
del río Chahuarma, Lircay, Huancavelica 2021**

Synthia Gina Espinoza Vilca
Monica Huaman Sacha

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Manuel Enrique García Naranjo Bustos
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 2 de diciembre de 2024

- Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:
- **Título:**
IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES POR CAUDALES MAXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RIO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCVELICA 2021
- **Autores:**
1. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA – EAP. Ingeniería Civil
2. MONICA HUAMAN SACHA – EAP. Ingeniería Civil

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 17 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**): 25 SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por permitirnos estar aquí en este momento, por darnos salud y fortaleza en cada circunstancia de nuestra vida. A nuestras familias que fueron los pilares para continuar con este proceso y no rendirnos jamás. A la Universidad Continental y a los ingenieros que a lo largo de la carrera nos han compartido su conocimiento y experiencia para poder ser grandes profesionales. En especial, a los ingenieros que nos brindaron su apoyo y tiempo en la elaboración del desarrollo de nuestra tesis con su guía y conocimientos brindados y así concluir satisfactoriamente.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de manera especial a mis padres, que son el motor y motivo para mi crecimiento personal y profesional, por su comprensión, paciencia y apoyo durante todo este proceso de realización de este trabajo.

Synthia Espinoza

A Dios, por estar conmigo y guiarme hasta el final de esta experiencia con paciencia y fortaleza. A mis padres, quienes siempre me han apoyado de manera incondicional en esta etapa. No podría ser quien soy ahora sin ellos.

Monica Huaman

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1. Planteamiento del problema	16
1.2. Formulación del problema.....	18
1.3. Objetivos	19
1.4. Justificación.....	19
1.5. Delimitación.....	20
1.6. Hipótesis.....	20
1.7. Variables y operacionalización.....	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 Antecedes de la investigación	22
2.1.1 Internacionales	22
2.1.2 Nacionales	24
2.2 Bases teóricas.....	27
2.2.1 Caudal máximo.....	27
2.2.1.1 Parámetros geomorfológicos de la cuenca.....	27
2.2.1.2 Precipitación máxima	29
2.2.1.3 Estimación de caudales.....	37
2.2.2 Zonas inundables	39
2.2.2.1 Área inundable	40
2.2.2.2 Tirante del flujo	41
2.2.2.3 Velocidad del flujo	43
2.2.3 Modelamiento hidráulico con HEC RAS para el control de inundaciones	44
2.2.4 Obras de protección para el control de inundaciones	44
2.2.4.1 Tipos de estructuras de protección.....	45
2.3 Definición de términos básicos	47
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	49
3.1 Método y alcances de la investigación	49

3.2 Población y muestra	50
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	51
3.4 Análisis de validez y confiabilidad	52
3.5 Procesamiento y análisis de datos	53
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
4.1 Descripción de la zona de estudio	54
4.1.1 Ubicación.....	54
4.1.2 Características de la zona de estudio.....	55
4.2 Estudios previos.....	56
4.2.1 Estudios de campo	56
4.2.2 Estudios de laboratorio	56
4.3 Análisis de información	58
4.3.1 Cuantificación del área inundable por caudales máximos para periodo de retorno 140 años.....	58
4.3.2 Estimación de los tirantes de flujo por caudales máximos para periodos de retornos de diseño.....	81
4.3.3 Estimación de las velocidades del flujo por caudales máximos para periodo de retorno de diseño	83
4.3.4 Identificación de las zonas inundables por caudales máximos y propuesta de defensa ribereña	85
4.4 Resultados.....	86
4.4.1 Resultados de la cuantificación de área inundable por caudales máximos para el periodo de retorno de diseño	86
4.4.2 Resultados de la estimación de los tirantes de flujo por caudales máximos para el periodo de retorno de diseño	86
4.4.3 Resultados de la estimación de las velocidades del flujo por caudales máximos para periodo de retorno de diseño	87
4.5 Discusiones	98
CAPÍTULO V	101
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
5.1. Conclusiones	101
5.2. Recomendaciones.....	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
ANEXOS	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variable	21
Tabla 2. Clasificación de la forma de la cuenca	29
Tabla 3. Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje	29
Tabla 4. Vida útil considerado.....	30
Tabla 5. Funciones del tamaño de la muestra	32
Tabla 6. Condiciones de humedad.....	36
Tabla 7. Condición Hidrológica	36
Tabla 8. Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana	36
Tabla 9. Estratificación de los niveles de peligro	40
Tabla 10. Estratificación de los niveles de peligro	40
Tabla 11. Factor de orilla	41
Tabla 12. Factor de fondo.....	41
Tabla 13. Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad del cauce según la ecuación establecida por Cowan	43
Tabla 14. Rango de validez "Z"	52
Tabla 15. Validez de contenido del instrumento de las variables: V1: Caudal máximo y V2: Zonas inundables.....	52
Tabla 16. Nivel de confiabilidad	53
Tabla 17. Resumen de la clasificación de suelo y contenido de humedad.	57
Tabla 18. Resumen de los resultados de límites de consistencia	58
Tabla 19. Resumen de los resultados de corte directo	58
Tabla 20. Parámetros geomorfológicos de la cuenca.....	59
Tabla 21. Consideraciones para la elección de la estación a trabajar.....	60
Tabla 22. Registro histórico de precipitaciones máximas mensuales	60
Tabla 23. Registro histórico de precipitaciones máximas mensuales corregidas	63
Tabla 24. prueba de bondad de ajuste de kolmogorov-smirnov para determinar la función de distribución de probabilidad	64
Tabla 25. Precipitaciones máximas a 24 horas para diferentes periodos de retorno	64
Tabla 26. Distribución de precipitaciones por el método de Dick & Peschke	65
Tabla 27. Cálculo de intensidades para diferentes duraciones y periodos de retorno	66
Tabla 28. Cálculo de riesgo de falla	67
Tabla 29. Resultado de los caudales máximos por el método racional modificado	68
Tabla 30. Resultados final de caudales.....	70
Tabla 31. Métodos para el cálculo de la amplitud del cauce.....	70

Tabla 32. Resumen de los resultados de la amplitud del cauce	72
Tabla 33. Coeficiente β por periodo de retorno	73
Tabla 34. Selección de x según el tipo de suelo	74
Tabla 35. Tabla de cuantificación de área inundable asociado a los niveles de peligrosidad para $Tr= 140$ años.....	86
Tabla 36. Resultados de tirantes de flujo para $Tr=140$ años	86
Tabla 37. Resultados de velocidades de flujo para $tr = 140$ años	87
Tabla 38. Zonas inundables para periodos de retorno de 140 años.....	87
Tabla 39. Cálculo del empuje activo y pasivo	89
Tabla 40. Cálculo de las fuerzas y momentos resistentes.	89
Tabla 41. Factores de seguridad calculados.....	89
Tabla 42. Cálculo del empuje activo y pasivo	90
Tabla 43. Cálculo del momento estabilizador y de volteo	91
Tabla 44. Factores de seguridad calculados.....	91
Tabla 45. Cálculo del empuje activo y pasivo	93
Tabla 46. Cálculo del momento estabilizador y de volteo	94
Tabla 47. Factores de seguridad calculados.....	94
Tabla 48. Estabilidad de la estructura de gavión para épocas de estiaje	96
Tabla 49. Estabilidad del muro de gravedad para épocas de estiaje.....	96
Tabla 50. Estabilidad del muro de concreto armado para épocas de estiaje.....	97
Tabla 51. Resultados del diseño de defensa ribereña.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zona expuesta a inundación, socavación y deslizamiento del río Chahuarma.....	18
Figura 2. Incremento del caudal del rio Chahuarma en épocas de lluvia	18
Figura 3. Distribución típica de velocidades en un cauce natural que más se ajusta a la realidad.....	44
Figura 4. Estructura de un proyecto. Diagrama de flechas de relación entre los distintos archivos del programa	44
Figura 5. Esquema de gaviones.	45
Figura 6. Esquema de muros de contención de gravedad y en voladizo.	46
Figura 7. Cargas que soportan un muro de gravedad.....	46
Figura 8: Ubicación de la cuenca y área de estudio	55
Figura 9:Tramo de la zona de estudio (Rio Chahuarma)	55
Figura 10. Estaciones meteorológicas en Lircay	59
Figura 11. Remoción de outliers.....	61
Figura 12. Análisis de consistencia con el aplicativo ANDREA	62
Figura 13. Gráfico de la curva intensidad, duración y frecuencia	66
Figura 14. Hietograma de precipitación de diseño	67
Figura 15: Hietograma de precipitación e hidrograma del caudal máximo para periodo de retorno de 140 años.....	69
Figura 16: Caudal máximo para periodo de retorno de 140 años.....	69
Figura 17. Ancho promedio del rio Chahuarma – Google Earth.	72
Figura 18. Metodología para el modelamiento hidráulico con Hec Ras	75
Figura 19. Creación de nuevo proyecto en HEC RAS 6.1.0	76
Figura 20. Figura del DEM del centro poblado de Chahuarma procesado e insertado en el software Hecras	76
Figura 21. Importación del mapa de uso de suelos RAS Mapper	77
Figura 22. Delimitación del Área de trabajo RAS Mapper	77
Figura 23. Espaciamiento en las direcciones X y Y para generar las celdas	78
Figura 24. Condición de entrada de flujo en HEC-RAS 2D	78
Figura 25. Perfil longitudinal del tramo Rio Chahuarma.....	79
Figura 26. Plan para la simulación de la inundación del modelo de flujo no permanente en HEC-RAS.....	79
Figura 27. Modelamiento Hec Ras para $T_r=140$ años	80
Figura 28. Mapa de tirantes en la zona de estudio $T_R=140$ años.....	81
Figura 29. Sección transversal ST01	82
Figura 30. Sección transversal ST02	82

Figura 31. Mapa de Velocidad en la zona de estudio TR=140 años.	83
Figura 32. Velocidad en la sección transversal ST0	84
Figura 33. Velocidad en la sección transversal ST02	84
Figura 34: Identificación de las zonas inundables en la zona de estudio para Tr =140 años.	85
Figura 35. Predimensionamiento de los componentes del muro de contención por gravedad.....	88
Figura 36. Predimensionamiento de los componentes del muro de contención por gravedad.....	90
Figura 37. Diagrama de fuerzas respecto al punto A	91
Figura 38. Efecto de la subpresion en el muro de gravedad.....	92
Figura 39. Predimensionamiento de los componentes del muro de contención de concreto armado	93
Figura 40. Diseño final de la estructura de acero del muro de concreto armado.....	94
Figura 41. Dimensiones de la estructura de gavión	95
Figura 42. Dimensiones del muro de gravedad	96
Figura 43. Dimensiones del muro de concreto armado.....	97
Figura 44: Faja Marginal.....	103
Figura 45: Crecida del rio Chahuarma en época de lluvia	184
Figura 46: Fotografía del levantamiento topográfico.....	184
Figura 47: Excavación de calicata N°01 para la extracción de muestras	185
Figura 48: Excavación de calicata N°02 para la extracción de muestras	185
Figura 49: Excavación de calicata N°03 para la extracción de muestras	186
Figura 50: Excavación de calicata N°03 para la extracción de muestras	186

RESUMEN

La presente investigación titula: “Identificación de zonas inundables por caudales máximos y propuesta de defensa ribereña en un tramo del río Chahuarma, Lircay, Huancavelica 2021” tiene el objetivo de determinar las zonas inundables por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en los tramos mencionados.

Como metodología, se aplicó el método científico, en una investigación del tipo aplicada, de nivel explicativo, cuyo diseño fue no experimental, y se tomó como muestra un tramo de 1km 644 m del río Chahuarma que se encuentra al margen derecho del centro poblado Chahuarma, el que ha sido elegido por conveniencia. Los resultados obtenidos indican que el caudal de diseño es de 376.30 m³/s para el periodo de retorno de 140 años y de acuerdo al modelamiento hidráulico, se obtuvo las áreas inundables que ocupan el 16,843 m², 2,187 m², 1,621 m², 1,387 m² y 30.944 m² asociado a los niveles de peligrosidad: bajo, medio, alto, muy alto y extremo respectivamente; un valor de tirante máximo igual a 4.45 m y un valor de velocidad máxima igual a 10.69 m/s.

Se identificaron cinco zonas que fueron afectadas ante las inundaciones ocasionadas por caudales máximos en la simulación de HEC-RAS: 28,091.00 m² del área del pueblo, 5,268.00 m² del área de bosques, 11,479.00 m² del área de cultivos, 905.00 m² del área de la piscigranja, 2,404.00 m² del área de la trocha carrozable.

Finalmente, se concluye que, de los tres tipos de defensa ribereña se propone la construcción del muro de concreto armado ya que tiene mejor comportamiento estructural e hidráulico debido a que el factor de seguridad tiene mayor holgura respecto a las otras estructuras cumpliendo con la estabilidad al volteo y deslizamiento, por lo que de esta manera permitirá proteger las zonas agrícolas, viviendas e instituciones educativas y centros de salud aledañas ubicadas en el margen del río Chahuarma.

La importancia de esta investigación radica en la identificación de zonas inundables y la contribución de propuestas y soluciones factibles que solucionará el problema de desbordamiento de ríos e inundaciones.

Palabras claves: Chahuarma, caudal de diseño, tiempo de concentración, modelos hidráulicos, defensa ribereña.

ABSTRACT

This research is titled: Identification of flood zones due to maximum flows and proposal for riparian defense in a section of the Chahuarma River, Lircay, Huancavelica 2021, set by objective: Determine the flood zones due to maximum flows to propose riparian defenses in a section of the Chahuarma River, Lircay, Huancavelica. As a methodology, the scientific method was applied, in an applied research, of an explanatory level, whose design was non-experimental, and a 1km 644 m stretch of the Chahuarma river that is located on the right bank of the Chahuarma town center was taken as a sample. which has been chosen for convenience.

The results obtained were; the design flow is 376.30 m³/s for the return period of 140 years and according to the hydraulic modeling, the floodable areas that occupy 16,843 m², 2,187 m², 1,621 m², 1,387 m² and 30,944 m² associated with the levels were obtained. of danger: Low, Medium, High, Very High and Extreme respectively; a maximum tension value equal to 4.45 m and a maximum speed value equal to 10.69 m/s.

5 areas were identified that were affected by the floods caused by maximum flows in the HEC-RAS simulation: 28,091.00 m² of the town area, 5,268.00 m² of the forest area, 11,479.00 m² of the crop area, 905.00 m² of the the fish farm, 2,404.00 m² of the motorized trail area.

Finally, it is concluded that; Of the 3 types of riverside defense, the construction of the reinforced concrete wall is proposed since it has better structural and hydraulic behavior because the safety factor has greater clearance compared to the other structures, complying with the stability to overturning and sliding, therefore which in this way will allow the protection of agricultural areas, homes and surrounding educational institutions and health centers located on the banks of the Chahuarma River.

The importance of this research lies in the identification of flood zones and the contribution of proposals and feasible solutions that will solve the problem of river overflow and flooding.

Keywords: Chahuarma, design flow, concentration time, hydraulic models, riverside defense.

INTRODUCCIÓN

El centro nacional de estimación, prevención y reducciones del riesgo de desastres Cenepred, menciona que las inundaciones en el Perú son un problema recurrente cada año, debido a la estacionalidad de las precipitaciones en la región andina, la cual tiene una época seca y una época de lluvia bien diferenciada; sumándose en algunos años la presencia del fenómeno del niño hacen que los caudales de los ríos que bajan de la región andina a la costa aumenten varias veces su caudal, desbordándose y ocasionando daños en las diferentes ciudades (1).

En el centro poblado de Chahuarma, existen viviendas que se encuentran ubicadas al margen del río, las cuales se ven afectadas por las inundaciones, en temporadas de lluvias. Este problema se presenta en los meses de enero a marzo debido al incremento de su caudal por las lluvias intensas que se registraron en los últimos días en la región de Huancavelica, informó el COER (2).

Este acontecimiento se da por acción de fenómenos climáticos que conllevaron al incremento de la frecuencia de precipitaciones, las mismas que generan caudales máximos, causando así las inundaciones que perjudica a toda la población, en este caso al centro poblado de Chahuarma, por lo que una alternativa de solución que se plantea en este proyecto de investigación es proponer una defensa ribereña en un tramo del río Chahuarma, para así mejorar y controlar el creciente y posterior desborde del río mencionado, esto ofrecerá protección y seguridad ante los riesgos de inundación en el centro poblado de Chahuarma, distrito de Lircay, provincia de Angaraes.

La presente investigación titulada: “Identificación de zonas inundables por caudales máximos y propuesta de defensa ribereña en un tramo del río Chahuarma, Lircay, Huancavelica 2021” busca determinar las zonas inundables por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma. En su desarrollo se revisa las teorías de caudal máximo y zonas inundables, las cuales se definen como variables de la investigación. En su desarrollo se fija como objetivo, determinar las zonas inundables por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma, Lircay, Huancavelica. Los resultados de la investigación indican que el caudal de diseño es de 376.30 m³/s para el periodo de retorno de 140 años y de acuerdo al modelamiento hidráulico, se obtuvo las áreas inundables que ocupan el 16,843 m², 2,187 m², 1,621 m², 1,387 m² y 30.944 m² asociado a los niveles de peligrosidad: bajo, medio, alto, muy alto y extremo

respectivamente; un valor de tirante máximo igual a 4.45 m y un valor de velocidad máxima igual a 10.69 m/s. Se concluye que, los caudales máximos de diseño calculados son 376.30 m³/s, para el periodo de retorno de 140 años y de acuerdo al modelamiento hidráulico, se obtuvo las áreas inundables que ocupan el 16,843 m², 2,187 m², 1,621 m², 1,387 m² y 30.944 m² asociado a los niveles de peligrosidad: bajo, medio, alto, muy alto y extremo respectivamente; un valor de tirante máximo igual a 4.45 m y un valor de velocidad máxima igual a 10.69 m/s. Asimismo, se identificaron cinco zonas que se verán afectadas ante las inundaciones: 28.091.00 m² del área del pueblo, 5,268.00 m² del área de bosques, 11,479.00 m² del área de cultivos, 905.00 m del área de la piscigranja, 2,404.00 m² del área de la trocha carrozable.

La investigación es de importancia porque los valores obtenidos del modelamiento hidráulico con el programa HEC RAS 6.0 permitieron conocer el comportamiento del río y determinar las zonas críticas y así proponer una estructura de contención para prevenir y evitar las posibles inundaciones futuras.

Esta investigación está conformada por los siguientes capítulos. El capítulo I contiene el planteamiento del problema, objetivos, justificación, importancia, hipótesis planteadas y las variables de la investigación.

El capítulo II se desarrolla el marco teórico que incluye los antecedentes internacionales y antecedentes nacionales, así como también los aspectos básicos los cuales fueron utilizados para el desarrollo del proyecto de investigación.

En el capítulo III se describe la metodología de la investigación en donde se establecen el método, alcance, diseño, población, muestra y muestreo del proyecto de investigación.

El capítulo IV se analizan los resultados y discusiones del desarrollo de la investigación, para ello se describe la zona de estudio, los estudios realizados y el análisis de la información y resultados del desarrollo del proyecto de investigación.

En el capítulo V se describen las conclusiones que se llegan a obtener después de los resultados, así como también se plantea las recomendaciones necesarias.

Finalmente se organizan las referencias bibliográficas, anexos que incluyen paneles fotográficos, mapas, planos que sirvieron para el desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial, se ha observado que el cambio climático ha estado incrementando por diferentes factores energéticos y por acción del ser humano que llegan a causar el aumento de temperatura, la intensidad de precipitaciones, exceso de nubosidad y entre otros; los cuales ocasionan deshielos, tormentas tropicales, inundaciones y pérdidas de recursos hídricos.

La Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja (FICR) (3) sostuvo que las inundaciones ocasionadas por caudales máximos, son temas que involucran a la sociedad civil y a los gobiernos de diferentes países que son vulnerables por su clima y geografía, los efectos devastadores que la humanidad ha tenido que afrontar son las pérdidas humanas, materiales, enfermedades, flora y fauna, pérdida de comunicación, vías sin acceso, etc.

El FICR afirma también que el 83 % de los desastres fueron causados por fenómenos meteorológicos extremos y relacionados con el clima. Muchas personas se ven directa y simultáneamente afectadas por la pandemia y por desastres ligados al clima. Quienes padecen las consecuencias más intensas y, en primer lugar, suelen ser las poblaciones más pobres y en situación de mayor riesgo en el mundo. Durante la pandemia en fechas de marzo a setiembre del 2020, más de cien desastres afectaron a más de cincuenta millones de personas. Así, aunque estemos muy «ocupados» con la pandemia, nunca ha sido tan urgente adoptar medidas. (3 pág. 7)

En América latina, el Perú es un país altamente vulnerable a los desastres naturales como heladas, sismo e inundaciones; el problema más recurrente de cada año es el desbordamiento de los ríos, ocasionados por caudales máximos debido al cambio de estación en todas las

regiones de la sierra central, en las épocas de verano a invierno éstas en los meses de noviembre a abril son las que más descarga de precipitación generan y éstas incrementan el caudal de los ríos, excediendo el cauce del río generando desbordamiento del mismo y ante ello ocasionando inundaciones en la costa peruana.

El centro nacional de estimación, prevención y reducciones del riesgo de desastres Cenepred (1) menciona:

“Las inundaciones en el Perú son un problema recurrente cada año, debido a la estacionalidad de las precipitaciones en la región andina, la cual tiene una época seca y una época de lluvia bien diferenciada; sumándose en algunos años la presencia del fenómeno del niño hacen que los caudales de los ríos que bajan de la región andina a la costa aumenten varias veces su caudal, desbordándose y ocasionando daños en las ciudades de la costa específicamente en la región norte del país como: Tumbes, Piura y Lambayeque” (1 pág. 7).

En el centro poblado de Chahuarma, existen viviendas que se encuentran ubicadas al margen del río, las cuales se ven afectadas por las inundaciones en temporadas de lluvias. Este problema se presenta en los meses de enero a marzo del 2017, donde el distrito de Lircay fue afectado por eventos extremos en el que se reportó que alrededor de 50 viviendas resultaron perjudicadas por el desborde del río, en el distrito de Lircay, provincia de Angaraes, debido al incremento de su caudal por las intensas lluvias que se registraron en los últimos días en la región de Huancavelica. En febrero del 2021, el río Chahuarma se desborda e interrumpe el tránsito por la carretera que une Chahuarma, Condorpaccha, Llillinta y los Libertadores.

Este acontecimiento se da por acción de fenómenos climáticos que conllevaron al incremento de la frecuencia de precipitaciones, las mismas que generan caudales máximos, causando así las inundaciones que perjudica a toda la población del centro poblado de Chahuarma, específicamente los que se encuentran ubicadas al margen del río, por lo que una alternativa de solución que se plantea en este proyecto de investigación es proponer el planteamiento de una defensa ribereña en un tramo del río Chahuarma, puesto que se busca mejorar y controlar el creciente y posterior desborde del afluente mencionado, esto ofrecerá protección y seguridad ante los riesgos de inundación en el centro poblado de Chahuarma, distrito de Lircay, provincia de Angaraes.



Figura 1. Zona expuesta a inundación, socavación y deslizamiento del río Chahuarma



Figura 2. Incremento del caudal del río Chahuarma en épocas de lluvia

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son las zonas inundables por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma, Lircay, Huancavelica 2021?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuánto es el área inundable por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma, Lircay, Huancavelica 2021?

¿Qué valores alcanzan los tirantes de flujo por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma, Lircay, Huancavelica 2021?

¿Cuál es la magnitud de las velocidades de flujo por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma, Lircay, Huancavelica 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar las zonas inundables por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma, Lircay, Huancavelica 2021

1.3.2. Objetivos específicos

Cuantificar el área inundable por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma, Lircay, Huancavelica 2021.

Estimar los valores que alcanzan los tirantes de flujo por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma, Lircay, Huancavelica 2021.

Determinar la magnitud de las velocidades de flujo por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma, Lircay, Huancavelica 2021.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

La razón de esta investigación es realizar el modelamiento hidráulico para identificar las áreas vulnerables a inundaciones y propuesta de defensa ribereña para así poder mitigar las constantes inundaciones que sufre el centro poblado, para el cual se va a determinar aspectos topográficos, técnicos y económicos que sustentan la toma de decisiones.

1.4.2. Justificación práctica

La investigación permitirá ver el estado real de la zona en estudio e identificar las áreas probables a sufrir inundaciones, para el cual realizaremos un modelamiento hidráulico y una

propuesta de defensa ribereña el cual podría funcionar para otros sectores que sufren los mismos problemas por la crecida del río en las épocas de lluvia.

1.4.3. Justificación social

Permitirá a la población el funcionamiento óptimo de la vía que da acceso a Chahuarma, Condorpaccha, Lillinta y los Libertadores además para que se encuentre operativo permanentemente el cual nos dará la seguridad que el tránsito no se verá afectado, asimismo dar mayor seguridad y estabilidad con la defensa que se propondrá.

1.4.4. Justificación económica

A través de esta propuesta de diseño hidráulico de defensa ribereña, de acuerdo a las condiciones actuales de la zona de estudio, se evitarán gastos en los mantenimientos de las infraestructuras afectadas debido al posible desbordamiento.

1.5. Delimitación

1.5.1. Delimitación conceptual

En esta investigación se abordará teorías relacionados con las inundaciones por fenómenos naturales, defensas ribereñas y la estimación de riesgos por inundaciones.

1.5.2. Delimitación espacial

El trabajo se desarrolló en el río Chahuarma, sector urbano Chahuarma en un tramo de 1.644 km ubicado en Lircay - Huancavelica.

1.5.3. Delimitación temporal

La información meteorológica empleada corresponde al registro histórico de la estación Lircay del distrito de Lircay, Angaraes, Huancavelica con una extensión histórica de 26 años. Asimismo, la investigación se desarrolló en 6 meses.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

Las zonas inundables por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma son extensas, Lircay, Huancavelica 2021.

1.6.2. Hipótesis específicas

El área inundable por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma es extenso Lircay, Huancavelica 2021.

Los tirantes de flujo por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma son profundos, Lircay, Huancavelica 2021.

La magnitud de las velocidades de flujo por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma son altas, Lircay, Huancavelica 2021.

1.7. Variables y operacionalización

A continuación, se muestra las variables y la operacionalización.

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variable

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala
V1: Caudales máximos	El caudal máximo de creciente, es un valor que permite asociar la cantidad de agua que fluye en un determinado tiempo, procedente de una cuenca hidrográfica específica; dicho valor es útil en una gran diversidad de proyectos de tipo civil e hidráulico. Gálvez y Pimiento (4)	La variable caudal máximo se operacionaliza mediante sus dimensiones: área tributaria, precipitaciones máximas, periodo de retorno y cobertura superficial. A su vez cada una de las dimensiones se evaluarán por tres indicadores por cada uno.	D1: geomorfología de la cuenca D2: Precipitaciones máximas D3: caudales de diseño	I1: área Cuenca I2: longitud I3: Pendiente I1: Precipitación I2: Intensidad I3: periodo de retorno I1: tiempo de concentración I2: Método Racional I3: Método HMS		Intervalo
V2: Zonas inundables	Zonas Inundables las que son anegadas durante eventos extraordinarios, por ejemplo, aguaceros intensos, crecientes poco frecuentes o avalanchas. No se incluyen entre las zonas inundables los cauces mayores o rondas de los ríos, los cuales son ocupados con frecuencia del orden de una vez en 10 años. Instituto Municipal de Investigación y Planeación (5)	La variable zonas inundables se operacionaliza mediante sus dimensiones: áreas inundables, tirantes de flujo, velocidades de flujo. A su vez cada una de las dimensiones serán evaluadas por 3 indicadores por cada uno.	D1: Áreas inundables D2: Tirantes de flujo D3: Velocidades de flujo	I1: Riesgo Bajo I2: Riesgo Medio I3: Riesgo Alto I4: Riesgo Muy Alto I5: Riesgo Extremo I1: 0 a 0.50 m I2: 0.50 a 1.00 m I3: 1.00 a 1.50 m I4: 1.50 a 2.00 m I5: Mayor a 2.00 m I1: 0 a 0.50 m/s I2: 0.50 a 0.75 m/s I3: 0.75 a 1.00 m/s I4: 1.00 a 1.50 m/s I5: Mayor a 1.50 m/s	Ficha de recopilación de datos	Razón

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedes de la investigación

2.1.1 Internacionales

López (6) presentó la tesis titulada: “*Diseño de obra de protección para el control de inundaciones en el río de Ensolvo en el municipio de Villa victoria, Estado de México*”. Se tuvo como objetivo determinar una obra de protección para el control de inundaciones en el río Ensolvo aplicando una metodología que consiste en la elaboración de un proyecto ejecutivo para obras de protección para control de inundaciones donde dan a conocer que es importante conocer y estudiar las características fisiográficas de la cuenca puesto que el tamaño de la obra de protección contra inundaciones está en función de la magnitud de avenidas de diseño y el grado de seguridad que se requiere. La investigación llega a la conclusión que, en base de los estudios topográficos, hidrológicos e hidráulicos, se propone que la obra de protección adecuada para esta zona es una obra de enrocamiento.

Hernández et al (7) en su artículo científico titulado: “*Análisis de riesgo por inundación: metodología y aplicación a la cuenca Atemajac, Jalisco, México*” tiene como objetivo desarrollar y aplicar una metodología de análisis de riesgo por inundaciones en una cuenca urbanizada para que los resultados puedan ayudar a generar proyectos que mitiguen los daños causados por las inundaciones. Se aplicó una metodología que considera dos enfoques tanto determinísticos y paramétrico, logrando con ello un análisis de riesgo complementario. La aplicación del modelo determinística permite cuantificar el riesgo a través de la estimación de daños, cuya base es la simulación numérica de escenarios para la inundación para diferente periodos de retorno por otro lado el modelo paramétrico permite conceptualizar a la vulnerabilidad debido a su complejidad a través del cálculo de índices adimensionales teniendo como resultados que la aplicación de esta metodología en la cuenca Atemajec se observó que

el tramo T2 existe riesgo y alta vulnerabilidad por inundación, el modelo determinístico evidenció importantes zonas de inundación para los periodos de retorno de 50 y 100 años. La investigación llega a la conclusión que, estas dos metodologías permitieron generar mapas de riesgo donde se ilustran posibles daños asociados a inundaciones por zonas y también la conceptualizó la vulnerabilidad en los aspectos social, económico, físico y ambiental, solventando la complejidad de los factores que la definen.

Vázquez (8) en el artículo científico titulado: “*Inundaciones en zonas urbanas. Medidas preventivas y correctivas, acciones estructurales y no estructurales*” tuvo como objetivo elaborar un documento que integre acciones estructurales y no estructurales para el control y manejo de inundaciones en zonas urbanas. La estimación del peligro de inundación se divide en un análisis hidrológico, un análisis hidráulico y un análisis del flujo en la llanura de inundación, mediante el modelo Flo-2D. Finalmente, la investigación llega a la conclusión que, se describen los factores más importantes que generan inundaciones en zonas urbanas como son la precipitación o los ciclones tropicales. Además, se identificó que no existen estudios hidrológicos en los programas de desarrollo urbano lo cual incrementa el riesgo de inundación.

Materón et al (9) presentaron el artículo científico **titulado**: “*Modelación hidrológica e hidráulica aplicada a estudios de inundabilidad en cauces naturales caso de estudio: urbanización río Nima, Colombia*”. El objetivo fue estudiar el riesgo de inundabilidad en el tramo del río Nima utilizando como metodología dos etapas básicas: la primera comprende al componente hidrológico y la segunda al hidráulico, por ello un modelo hidrológico lluvia-escorrentamiento (HEC -HMS) permitirá determinar los caudales máximos asociados a diferentes periodos de retorno, información utilizada posteriormente para la implementación de un modelo hidráulico unidimensional (HEC-GEORAS) para determinar la variación de los niveles de agua y las velocidades de flujo indicando como resultado que la capacidad máxima de conducción del cauce principal del río Nima permite transportar riesgo por inundación, crecientes asociados a eventos con periodos de recurrencia superiores a 50 años no obstante se presentan zonas socavadas y susceptibles a socavación **concluyendo**, La metodología utilizada por la CVC en el caso del Informe de estudio de caudales máximos para las cuencas Amaime y Nima, aunque referidas a un punto de control o de cierre diferente, se encuentra en aceptable armonía con los resultados arrojados con la aplicación del Modelo HEC-HMS. Los valores obtenidos son consecuentes en magnitud por concepto del tránsito de caudales a través del cauce principal hasta el punto considerado.

Chinchilla (10), en el artículo científico titulado: “*Análisis y soluciones a problemas de inundaciones en el cantón de Oreamuno, Cartago*” tuvo como objetivo solucionar los

principales problemas de inundación del cantón de Oreamuno mediante modelación hidrológica e hidráulica. Se aplicó una metodología de modelaciones hidráulicas que permiten calcular la capacidad de la infraestructura existente para contener y canalizar este tipo de eventos máximos de precipitación. Encontró los siguientes resultados: caudales picos generados para periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años para las cuencas de Cipreses=12.8 m³/s, Oratorio=0.7 m³/s y Chayotillo=8.8 m³/s y se muestran las limitaciones de la infraestructura hidráulica vigente ante estas precipitaciones. La investigación llega a la conclusión que, se modelaron hidráulicamente las estructuras existentes en la cuenca de cipreses: alcantarilla de 900 mm de diámetro y volumen de embalse 827m³; mediante levantamiento topográfico. Se logró modelar su capacidad hidráulica, obteniendo que actualmente no posee capacidad suficiente para soportar un evento de 5 años de periodo de retorno o mayor. Es por esta baja capacidad hidráulica que la alcantarilla de Cipreses presenta recurrentes problemas de inundación en el embalse aguas arriba y sobre la carretera, sumada a la obstrucción a la salida de la alcantarilla por una construcción.

2.1.2 Nacionales

Evangelista (11) para optar el grado de Ingeniero Civil presentó la tesis titulada: *“Identificación de zonas inundables y propuesta de defensa ribereña del sector Salinas km 89 en el río Chancay – 2017”*. El objetivo de la investigación fue identificar la influencia de las zonas inundables y propuesta de defensa ribereña del sector Salinas km 89 en el río Chancay – 2017. Se aplicó una metodología tipo aplicada, nivel explicativo y de diseño no experimental de corte transversal, es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para así posteriormente ser analizados y es transversal porque la recolección de datos en un solo momento, en un tiempo único, así también el instrumento que permitió recolectar los parámetros para el estudio de socavación obtenido mediante la inspección en campo y un modelamiento hidráulico en el software Hec-Ras. Finalmente, la investigación llega a la conclusión que, para mejor identificación de las zonas inundables se utilizó el HEC – RAS, este nos brindó las posibles zonas que necesitan un sistema de defensas a lo largo de nuestra zona de estudio para ello la estructura a utilizar fue la protección tipo gavión de caja ya que tras el resultado obtenidos de cada uno de los parámetros estudiados, puesto que anteriormente se realizó una protección de enrocado y esta fallo por los tres parámetros estudiados.

Champañan (12) presentó la tesis titulada: *“Modelamiento hidráulico para el diseño de defensa ribereña en el río Rímac, sector Batasol, Distrito de Lurigancho-Chosica, Lima, 2019”*, tuvo como objetivo general proponer el diseño de las defensas ribereñas en a los resultados del modelamiento hidráulico para el sector Batasol del río Rímac, Chosica, 2019. Se aplicó una metodología tipo aplicada que busca dar solución a problemas prácticos, con un margen de

generalización limitado. En el proyecto se emplearon teorías y conceptos para determinación de máximos caudales, desarrollo de gráficos resultantes de los estudios de hidrología, así como cálculos para el diseño de los muros de contención. Finalmente, la investigación llega a la conclusión que, respecto a la propuesta del diseño defensa ribereña, se concluye que ambas propuestas, el muro de contención y el enrocado, son óptimas para reducir la vulnerabilidad ante desbordes del río Rímac en el sector Batasol, puesto que la altura estimada está en función de los parámetros hidrológicos e hidráulicos obtenidos del modelamiento en el programa HEC-RAS, esto permite garantizar la protección ante desbordes o niveles máximos de agua. Por lo tanto, para la propuesta de muro de contención y enrocado en el río Rímac para el sector Batasol en Chosica se usó un caudal de $538.21 \text{ m}^3/\text{s}$, considerando un periodo de retorno $T=200$ años y ajustándose a una distribución Log Pearson Tipo III, con un riesgo de 18% y una vida útil de la estructura de 40 años. Adicionalmente, para el cálculo de socavación se determinó un caudal de $634.55 \text{ m}^3/\text{s}$, estimado para un periodo de retorno de 500 años.

Quispe y Rojas (13) presentaron la tesis titulada: *“Modelamiento hidráulico del cauce en río Huaycoloro mediante el programa Hec-Ras para mitigar las inundaciones en Huachipa, 2018”*. El objetivo fue identificar las zonas más críticas del río Huaycoloro mediante el modelamiento hidráulico del software Hec-ras en un tramo de 3 km para plantear soluciones al riesgo de inundaciones, 2018. Se aplicó una metodología de tipo aplicada ya que la investigación hará uso de los conocimientos teóricos y prácticos, el diseño de investigación se trabajará de forma descriptiva ya que la finalidad del proyecto de investigación es verificar las condiciones actuales y las características reales plasmadas en el río Huaycoloro, con un nivel de investigación descriptivo ya que nuestro propósito es describir todas las características hidráulicas del río Huaycoloro y presentar el mejor diseño, además que todos se trabajará en base a datos reales recolectados en campo. Finalmente, la investigación llega a la conclusión que, se pudo identificar las zonas más críticas durante el levantamiento topográfico por el ancho del cauce reducido menor a 12 m lineales ha comparación de las zonas menos vulnerables aguas abajo con un ancho de cauce mayor a 18 m lineales además que se pudo obtener la geometría del río, con el fin de poder ser procesada para el modelamiento hidráulico.

Nureña y Vásquez (14) presentaron la tesis titulada: *“Identificación de áreas inundables mediante modelamiento hidráulico del Río Moche, tramo Puente Moche - desembocadura playa Buenos Aires, Trujillo-2019”*. Se tuvo el objetivo de realizar el levantamiento topográfico, determinando las coordenadas, altura y descripción de cada punto respectivo para poder formular la base de datos y representarlo gráficamente en el software. En cuanto a la metodología, se utilizó una guía de observación que definió las principales características del efluente y un plano de la cuenca Moche que mostró las características geomorfológicas donde

se determinaron los caudales máximos para 4 períodos de Retorno 50, 100, 150 y 200 años siendo 366.0843 m³/s, 406.4489 m³/s, 430.0606 m³/s y 466.8135 m³/s respectivamente, trabajándose el hidrograma de avenidas máximas mensuales de los últimos 4 años. Finalmente, la investigación llega a la conclusión que, las principales áreas de inundación se generan en la margen derecha del tramo estudiado, provocando para cada período de retorno 410,770.43 m², 620,116.37 m², 1,185,581.49 m² y 1,676,368.68 m² respectivamente proponiendo un enrocado lateral para rehabilitar y proteger las zonas agrícolas, protegiendo a la población existente aledaña al río Moche.

El PSI (15) realizó el proyecto titulado: *“Plan integral de control de inundaciones y movimientos de masa en la cuenca del río La Leche –Departamento de Lambayeque”* con el objetivo de alcanzar niveles deseados de protección y seguridad por reducción del riesgo de desastres debido a inundaciones y movimientos de masas. Además, también Reducir la exposición y vulnerabilidad de personas, bienes o el ambiente mediante mitigación o prevención de nuevos riesgos e Incremento de resiliencia la exposición de personas, bienes o el ambiente. Para lo cual, se desarrolló modelamientos basado en caudales máximo para luego realizar la protección en ese caso con defensas ribereñas y ampliación de la capacidad del cauce.

Hernández (16) presentó la tesis titulada: *“Zonificación de áreas inundables de la localidad de Santa Bárbara ocasionado por avenidas extraordinarias de la quebrada Sambarbamba – Baños del Inca”*. El objetivo fue identificar y cuantificar las áreas inundables en la localidad de Santa Bárbara por avenidas extraordinarias de la quebrada Sambarbamba, con fines de diseño de defensas ribereñas. En el tramo correspondiente a la localidad de Santa Bárbara, el modelo hidráulico IBER permitirá identificar y cuantificar las zonas con peligro de inundación ocasionadas por desbordamiento de la quebrada Sambarbamba producto de avenidas para diferentes probabilidades de ocurrencias. Finalmente, la investigación llega a la conclusión que, al concluir el modelamiento hidráulico se determinó que las áreas totales afectadas por el desbordamiento del cauce de la quebrada Sambarbamba son de 3.07, 4.01, 4.89 y 6.39 ha para los periodos de retorno de 10, 50, 100 y 200 años respectivamente, calculadas con el software IBER, siendo el margen derecho el más perjudicado, afectando a la localidad de Santa Bárbara.

La MPA (17) realizó un informe titulado: *“Informe de evaluación de riesgo originando por inundación fluvial, en el sector urbano del centro poblado de Chahuarma, distrito de Lircay, provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica”*. El objetivo fue terminar los niveles de riesgo originado por inundación fluvial en el sector urbano de centro poblado de Chahuarma, distrito de Lircay, provincia de Angaraes del departamento de Huancavelica. Se aplicó una

metodología basada en el Manual para la evaluación de riesgos originados por inundaciones fluviales del CENEPRED y llegando a la conclusión que para el área en evaluación (sector urbano del centro poblado de Chahuarma) se logró zonificar dos niveles de peligro de alto y muy alto a inundación fluvial en la cual en dicho informe proponen como medida para reducción de riesgo que se debe plantear la construcción de muros de protección a lo largo de la rivera del río Chahuarma considerando para el diseño las características del suelo, geología, topografía, características climatológicas (caudales de diseño) y otros más.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Caudal máximo

Gálvez y Pimiento (4) afirman que el caudal máximo de creciente es un valor que permite asociar la cantidad de agua que fluye en un determinado tiempo procedente de una cuenca hidrográfica específica; dicho valor es útil en una gran diversidad de proyectos de tipo civil e hidráulico.

El cálculo del caudal máximo de creciente involucra una serie de variables morfométricas de la cuenca hidrográfica sobre la cual se va a trabajar, además de la intensidad de la lluvia de diseño, así como el tipo de cobertura vegetal presente en la misma, dato que influirá en el cálculo del factor de escorrentía del suelo (4).

2.2.1.1 Parámetros geomorfológicos de la cuenca

2.2.1.1.1 Parámetros generales

Bajo este epítome se recogen los aspectos más básicos de una cuenca hidrográfica; además constituyen la información mínima que debemos conocer para su naturaleza y comportamiento de una cuenca (18 pág. 5).

a) Área (A)

El área de la cuenca está definida por el espacio delimitado por la curva del perímetro (P). Esta línea se traza normalmente mediante fotointerpretación de fotografías aéreas en las que se aprecia el relieve o sobre un mapa topográfico en función las curvas de nivel representadas. Probablemente sea el factor más importante en la relación escorrentía-características morfológicas.

Se determina por medio de herramientas informáticas, para lo que es necesario disponer de una base cartográfica digital y de un SIG (18 pág. 5).

b) Longitud del cauce principal (Lc).

Está definida por la dimensión del cauce principal. Se puede decir que es la mayor distancia del punto más bajo de la cuenca al punto topográfico más alejado de la cuenca (18 pág. 6).

c) Perímetro (P).

Se mide en unidades lineales, es la longitud de toda la divisoria de aguas de la cuenca. Cuando el perímetro de una cuenca es mayor que otra de la misma superficie, corresponde a lo irregular de la forma de la cuenca (18 pág. 6).

d) Desnivel altitudinal (DA)

Es el valor de la diferencia entre la cota más alta de la cuenca y la más baja.

Se relaciona con la variabilidad climática y ecológica puesto que una cuenca con mayor cantidad de pisos altitudinales puede albergar más ecosistemas al presentarse variaciones importantes en su precipitación y temperatura (18 pág. 7).

$$DA = HM - Hm \quad (\text{Ec.2.1})$$

Donde:

DA: Desnivel altitudinal

HM: Elevación máxima

Hm: Elevación mínima

2.2.1.1.2 Parámetros de forma

La forma de una cuenca es determinante de su comportamiento hidrológico de ahí que algunos parámetros traten de cuantificar las características morfológicas por medio de índices o coeficiente (18 pág. 7).

e) Coeficiente de Gravelius (Cg)

Se define como el cociente entre el perímetro de la cuenca y la longitud de una circunferencia con la misma área de la cuenca (18 pág. 7).

$$Cg = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = \frac{0.2821 P}{\sqrt{A}} \quad (\text{Ec.2.2})$$

Donde:

Cg: Coeficiente de Gravelius

P: Área de la cuenca

A : Perímetro

Tabla 2. Clasificación de la forma de la cuenca

Clase de forma	Rangos de clase	Forma de la cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval-redonda
Clase II	1.25 a 1.50	Oval-redonda a oval-oblonga
Clase III	1.5 a 1.75	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

Tomada de Aparicio Mijares (19)

2.2.1.1.3 Parámetros de relieve

f) Pendiente media del cauce (j)

Es la relación existente entre el desnivel altitudinal del cauce y su longitud (18 pág. 8).

$$j = \frac{DA}{L} \quad (\text{Ec.2.5})$$

Donde:

DA : Desnivel altitudinal

L : Longitud del cauce

2.2.1.2 Precipitación máxima

2.2.1.2.1 Periodo de retorno

El MTC (20 pág. 23) indica que, para adoptar el periodo de retorno a utilizar en el diseño del proyecto, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia a un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este ultimo de factores económicos, sociales y técnicos.

El riesgo de falla admisible en función del periodo de retorno y vida útil del proyecto está dado por:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad (\text{Ec.2.7})$$

Donde:

R = Riesgo de falla admisible

T = Periodo de retorno

n = Vida útil de la estructura

Tabla 3. Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje

Tipo de obra	Riesgo admisible (%)
Puentes	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30

Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinales)	40
Subdrenes	40
Defensas ribereñas	25

Tomada del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Tabla 4. Vida útil considerado

Tipo de obra	Vida útil en años
Puentes y defensas ribereñas	40 años
Alcantarillas de quebradas importantes	25 años
Alcantarillas de quebradas menores	15 años
Drenaje de la plataforma y subdrenes	15 años

Tomada del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

2.2.1.2.2 Análisis de consistencia de datos

Para Aliaga (21) el análisis de consistencia permite detectar, corregir o descartar datos de errores sistemáticos como aleatorios que se presentan en las series de precipitaciones.

La prueba de Grubbs y Beck permite identificar los valores atípicos y para aplicarlo es necesario suponer que los logaritmos de la serie hidrológica estén distribuidos normalmente (22 pág. 393).

Mediante las ecuaciones se puede hallar los datos dudosos altos y bajos:

$$\text{Datos dudosos altos: } y_H = \bar{y} + K_n * \sigma \quad (\text{Ec.2.8})$$

$$\text{Datos dudosos bajos: } y_L = \bar{y} - K_n * \sigma \quad (\text{Ec.2.9})$$

Donde:

YH: Umbral superior para los datos dudosos (unidades logaritmicas)

YL: Umbral inferior para los datos dudosos (unidades logaritmicas)

\bar{y} : promedio de los logaritmos de las precipitaciones maximas

σ : desviacion estandar de los logaritmos de las precipitaciones maximas

kn: Estadística de Grubbs y Beck tabulada para varios tamaños de muestra

Para el Kn con un nivel de significancia de 5% se puede utilizar la siguiente expresion:

$$K_n = -3.62201 + 6.28446n^{1/4} - 2.49835n^{1/2} + 0.491436n^{3/4} - 0.037911n \quad (\text{Ec.2.10})$$

2.2.1.2.3 Análisis estadístico de datos hidrológicos

Según el MTC (20 pág. 25), el análisis de frecuencias busca estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, para diferentes períodos de retorno, mediante métodos estadísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos.

Para obtener mejores resultados será necesario tener un mínimo de 15 años de registro, además de los resultados se escoge el que mejor se ajusta a los datos.

- **Distribución Gumbel**

Según Ven Te Chow (22 págs. 163-164), la distribución puede expresarse de la siguiente forma (18):

$$x = \bar{x} - k\sigma_x \quad (\text{Ec.2.11})$$

Donde:

x : Valor con probabilidad dado

\bar{x} : media

k : Factor de frecuencia.

σ_x : Desviación estándar de la serie

Con esta ecuación es posible hallar los caudales con largos períodos de recurrencia (avenida centenaria, avenida milenaria, avenida diezmilenaria).

La ley de Gumbel está dada por la expresión:

$$P = 1 - e^{-e^{-y}} \quad (\text{Ec.2.12})$$

P: probabilidad de que un valor x sea igualado o excedido

y: variable reducida, dada por la expresión:

$$y = a(x - u) \quad (\text{Ec.2.13})$$

u: moda de la distribución

a: parámetro de dispersión

Para una muestra de tamaño finito, Gumbel encontró que:

$$u = \bar{x} - \sigma_x \frac{\bar{y}_n}{\sigma_x} \quad (\text{Ec.2.14})$$

$$a = \frac{\sigma_n}{\sigma_x} \quad (\text{Ec.2.15})$$

\bar{y}_n : valor medio esperado de la variable reducida

σ_n : desviación estándar de la variable reducida

Y también que \bar{y}_n , σ_n , son funciones sólo del tamaño de la muestra.

Tabla 5. Funciones del tamaño de la muestra

n	20	30	40	50	100	200
\bar{y}_n	0.52	0.54	0.54	0.55	0.56	0.57
σ_n	1.06	1.11	1.14	1.16	1.21	1.24

- **Distribución normal**

La función de la distribución normal se define de tal manera:

$$f(x) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{s}\right)^2} \quad (\text{Ec.2.16})$$

Donde:

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

X = variable independiente

μ = parámetro de localización igual a la media aritmética de X

S = parámetro de escala, igual a desviación estándar de X

- **Distribución log normal 2 parámetros**

La función de la distribución es:

$$P(X \leq X_i) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{X_i} e^{-(x-X)^2/2S^2} dx \quad (\text{Ec.2.17})$$

Donde: \bar{x} y S son parámetros de distribución

- **Distribución log normal 3 parámetros**

La función de la distribución log normal de 3 parámetros es:

$$f(x) = \frac{1}{(x-x_0)\sqrt{(2\pi)S_y}} e^{-1/2(\ln(x-x_0)-U_y/S_y)^2} \quad (\text{Ec.2.18})$$

Para $x > x_0$ Donde:

X_0 : parámetro de posición

U_y : parámetro de escala o media

S_y^2 : parámetro de forma o varianza

- **Distribución gamma 2 parámetros**

La función es:

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)} \quad (\text{Ec.2.19})$$

Para condiciones:

$$0 \leq x < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

Donde:

γ : parámetro

β : parámetro de escala

- **Distribución gamma 3 parámetros**

La función de gamma 3 parámetros es:

$$f(x) = \frac{(x-x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)} \quad (\text{Ec.2.20})$$

Valido para: $(x_0 \leq x < \infty)$; $(-\infty < x_0 < \infty)$; $(0 < \beta < \infty)$; $(0 < \gamma < \infty)$

Donde:

x_0 : origen de la variable X, parametro de posicion

γ : parametro de forma

β : parámetro de escala

- **Distribución log Pearson tipo III**

La función de log Pearson tipo III es:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x \beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)} \quad (\text{Ec.2.21})$$

Valido para: $(x_0 \leq x < \infty)$; $(-\infty < x_0 < \infty)$; $(0 < \beta < \infty)$; $(0 < \gamma < \infty)$

Donde:

x_0 : parametro de posicion

γ : parametro de forma

β : parámetro de escala

2.2.1.2.4 Precipitación máxima en 24 horas

Para Villón (23). La precipitación, es toda forma de humedad que originándose en las nubes llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser en forma de lluvias, granizadas, garúas y nevadas.

El análisis estadístico nos permitirá obtener un rango de ajuste mediante la prueba de bondad de Smirnov Kolmogorov, de lo cual se elige la distribución teórica que mejor se ajuste a la información histórica y así se puede determinar la Pmax en 24 horas para diferentes periodos de retorno.

2.2.1.2.5 Determinación de la tormenta de diseño

Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico.

- **Curvas intensidad – duración – frecuencia**

Según el MTC (20 pág. 34), las curvas intensidad – duración – frecuencia son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de esta y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.

Para lo cual se utilizara el criterio de Grobe, conocido también como Dick y Peschke que relaciona la duración de la tormenta con precipitación máxima en 24 horas, teniendo la siguiente expresión:

$$Pd = P24h \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25} \quad (\text{Ec.2.22})$$

Donde:

Pd: Precipitación total (mm)

D: duración en minutos

P24 h: precipitación máxima en 24 horas (mm)

A partir de la precipitación para diferentes duraciones se determina la intensidad diciendo la precipitación Pd entre la duración, tal como se muestra en la siguiente expresión:

$$I_t = \frac{Pd}{t} \quad (\text{Ec.2.23})$$

Las curvas de intensidad-duración- frecuencia, también se puede representar por la siguiente formula empírica que relaciona la intensidad, con la duración y periodo.

$$I = \frac{K T^m}{t^n} \quad (\text{Ec.2.24})$$

Donde:

I : intensidad máxima (mm/h)

K, m, n: parámetros (se obtienen mediante una regresión múltiple)

T: periodo de retorno en años

t: duración de la precipitación en min

2.2.1.2.6 Tiempo de concentración

Según el MTC (20), el tiempo de concentración de una cuenca hidrográfica tiene un especial significado práctico por estar íntimamente ligado con la escorrentía directa máxima que tiene

que ver con el de diseño de muchos proyectos de la Ingeniería Hidráulica, tales como: obras de toma, control de inundaciones y defensas ribereñas, aliviaderos de presas, drenaje de carreteras, etc.

Fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0.3 * \left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76} \quad (\text{Ec.2.25})$$

Donde:

T_c : Tiempo de concentración en horas (horas)

L: Longitud del cauce en metros (km)

S: Pendiente (m/m)

2.2.1.2.7 Hietograma de diseño

Para el MTC (20 pág. 40), un hietograma es un diagrama que relaciona lluvia versus tiempo. Los métodos hidrológicos actuales requieren no sólo del valor de lluvia o intensidad de diseño, sino de una distribución temporal (tormenta), es decir el método estudia la distribución en el tiempo, de las tormentas observadas.

2.2.1.2.8 Método de bloque alterno

Para el MTC (20), este método es la manera simple para desarrollar un hietograma de diseño a partir de la curva intensidad - duración – frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación en n intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt , sobre una duración total de $T_d = n \cdot \Delta t$.

Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño. Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$, $4\Delta t$, y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. (20 pág. 41)

2.2.1.2.9 Número de curva

Para Lavao y Corredor (24 pág. 1), el método de número de curva fue desarrollado por el servicio de conservación de recursos naturales de EE.UU para calcular la precipitación efectiva como una función de la lluvia acumulada, de la cobertura de suelo, el uso de suelo y condiciones de humedad.

Esta metodología del número de curva es la que más se emplea para transformar la precipitación total en precipitación efectiva.

El valor de CN se determina en función de la clasificación Hidrológica de los suelos, condición de humedad y condición hidrológica (24 pág. 3).

- **Clasificación hidrológica de los suelos**

Según Lavao y Corredor (24), los suelos se clasifican en:

Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.

Grupo B: Suelos pocos profundos depositados por el viento, marga arenosa.

Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.

Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

- **Condición de humedad**

Tabla 6. Condiciones de humedad

IDENTIFICACION		Lluvia antecedente total 5 días (mm)	
GRUPO AMC	Condición	Estación inactiva (seca)	Estación activa (de crecimiento)
I	Seca	<12.5	<35
II	normal	12.5 a 27.5	35 a 53.5
III	húmeda	sobre 27.5	sobre 53.5

Tomada de Ven Te Chow (22)

- **Condición hidrológica**

Tabla 7. Condición Hidrológica

CONDICIÓN	COBERTURA
Buena	> del 75% del área
Regular	Entre 50% y 75%
Mala	< del 50%

Tomada de Ven Te Chow (22)

- **Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $I_a = 0.2s$)**

Tabla 8. Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana

Descripción del uso de la tierra	Grupo hidrológico del suelo			
	A	B	C	D

Tierra cultivada ¹ : sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
cubierta buena ²	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	39	61	74	80
óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	49	69	79	84
condiciones aceptables cubierta de pasto en el 50 al 75%				
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos industriales /72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial ³ :	77	85	90	92
Tamaño promedio del lote porcentaje promedio impermeable ⁴	61	75	83	87
1/8 acre o menos ⁶⁵	57	72	81	86
1/4 acre ³⁸	54	70	80	85
1/3 acre ³⁰	51	68	79	84
1/2 acre ²⁵				
1 acre ²⁰				
Parqueadores pavimentados, techos, accesos, etc. ⁵	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados ⁵	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

Tomada de Ven Te Chow (22)

2.2.1.3 Estimación de caudales

Según el MTC (20), cuando existen datos de aforo en cantidad suficiente, se realiza un análisis estadístico de los caudales máximos instantáneos anuales para la estación más cercana al punto de interés. Se calculan el caudal para el período de retomo de interés 2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años (son valores estándar) usando la distribución log normal, log Pearson III y

Gumbel, etc. Cuando no existen datos de aforo, Se utilizan los datos de precipitación como datos de entrada a una cuenca y que producen un caudal Q.

- **Método racional modificado**

Es el método racional según la formulación propuesta por Témez (1987, 1991) adaptada para las condiciones climáticas de España. Y permite estimar de forma sencilla caudales punta en cuencas de drenaje naturales con áreas menores de 770 km² y con tiempos de concentración (Tc) de entre 0.25 y 24 horas, la fórmula es la siguiente (20):

$$Q = 0.278CIAK \quad (\text{Ec.2.26})$$

Donde:

Q : Descarga máxima de diseño (m³ /s)

C : Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce *I*.

I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A : Área de la cuenca (Km²)

K : Coeficiente de uniformidad

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

a) Coeficiente de uniformidad

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14} \quad (\text{Ec.2.27})$$

Donde:

T_c: Tiempo de concentración (horas)

b) Coeficiente de simultaneidad o factor reductor (K_A)

$$K_A = 1 - \left(\frac{\log_{10} A}{15} \right) \quad (\text{Ec.2.28})$$

Donde:

A: Área de la cuenca (Km²)

c) Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (P)

$$P = K_A * P_d \quad (\text{Ec.2.29})$$

Donde:

K_A : Factor reductor

P_d : Precipitación máxima diaria (mm)

d) Intensidad de precipitación (I)

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) * (11)^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}} \quad (\text{Ec.2.30})$$

Donde:

P : Precipitación máxima corregida (mm)

T_c : Tiempo de concentración (horas)

e) Coeficiente de escorrentía (C)

$$C = \frac{(P_d - P_o) * (P_d + 23P_o)}{(P_d + 11P_o)^2} \quad (\text{Ec.2.31})$$

Donde:

P_d : Precipitación máxima diaria (mm)

P_o : Umbral de escorrentía

CN : Número de curva

• Aplicación del software HMS para el modelamiento hidrológico y estimación del caudal

Para el MTC (20 pág. 58), el sistema de modelado hidrológico es una aplicación que permite simular el proceso de precipitación-escorrimento de una cuenca, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos.

El HEC-HMS tiene diferentes componentes y cada uno de ellos modela un aspecto del proceso de escurrimiento por precipitaciones dentro de una parte de la cuenca comúnmente referida como una subcuenca. Estos componentes incluyen modelo de cuenca, modelo meteorológico, especificaciones de control la cual definen el tiempo para la cual se realizará la simulación y datos de entrada como series de tiempo y en otros casos condiciones de borde en la cuenca.

Para el cálculo con el HEC-HMS se requiere de la siguiente información tal como:

- ✓ Características de la cuenca en estudio
- ✓ Características de la precipitación
- ✓ Información de hietograma o tormenta de diseño

2.2.2 Zonas inundables

Las inundaciones se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes (25).

2.2.2.1 Área inundable

Para poder estimar el área inundación especialmente ocasionado por desborde, es necesario analizar y verificar los hechos que ocasiona esa inundación a lo largo del cauce donde se produce, por ello es importante identificar las áreas afectadas para clasificar el nivel de riesgo en esa zona (1).

Existen diversas metodologías para delimitar estas áreas, una de ellas es usando el “modelamiento hidráulico” el cual se nutre de la información topográfica, la cobertura del suelo y los caudales máximos. En tal sentido, el proceso metodológico sugerido para la determinación del peligro por inundación consta de tres pasos:

- ✓ Identificación y caracterización de los factores de la inundación.
- ✓ Proceso de modelamiento hidráulico.
- ✓ Generación de los mapas del peligro por inundación.

Se emplean dos variables clave obtenidas de la modelación hidráulica: el tirante de agua (altura del nivel del agua en metros) y la velocidad del agua (en metros por segundo).

Los valores obtenidos se clasifican en cinco rangos de peligrosidad según el informe de reconstrucción con cambios: extremo, muy alta, alta, media y baja, siguiendo la guía de análisis espacial. esta clasificación ayuda a comunicar de manera clara y efectiva el nivel de riesgo de inundación en diferentes áreas geográficas (26 pág. 18)

Tabla 9. Estratificación de los niveles de peligro

Bandas			Velocidad (m/s)					
			0-0.25	0.25-0.5	0.5-0.75	0.75-1	1-1.5	>1.5
			1	2	3	5	8	13
Tirante (m)	0-0.2	1	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alta	Extremo
	0.2-0.5	2	Bajo	Medio	Medio	Alto	Muy Alta	Extremo
	0.5-1	3	Medio	Medio	Alto	Alto	Muy Alta	Extremo
	1-1.5	5	Alto	Alto	Alto	Muy Alta	Muy Alta	Extremo
	1.5-2	8	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Extremo	Extremo
	>2	13	Extremo	Extremo	Extremo	Extremo	Extremo	Extremo

Tomada de Guía de análisis espacial (26).

Tabla 10. Estratificación de los niveles de peligro

OBJECTID	Etiqueta	Clase valor
1	Bajo	10
2	Medio	20
3	Alto	30
4	Muy alta	40
5	Extremo	50

Tomada de Guía de análisis espacial (26).

- **Ancho de encauzamientos**

Consiste en establecer una sección representativa del río en la cual es recomendable verificar el ancho estable, que es una sección y pendiente que suelen estar en equilibrio con el caudal. Se dice que un cause está estable cuando se encuentra en una situación de equilibrio sin sufrir erosión del lecho (27).

Para el cálculo del ancho se realiza a través del método de Blench y Altunin.

$$B = 1.81 \left(\frac{QFb}{Fs} \right)^{1/2} \quad (\text{Ec.2.32})$$

Donde:

B: Ancho de encauzamiento del río en (m)

Q: Caudal máximo de diseño (m³/s)

Fb: Factor de fondo

Fs: Factor de orilla

Tabla 11. Factor de orilla

Tipo de orilla	FS
Orilla de barro y arena	0.10
Orilla de barro – arcilla – fangosa	0.20
Orilla de material muy cohesivo	0.30

Tabla 12. Factor de fondo

Tipo de material	Fb
Material grueso	1.20
Material fino	0.8

2.2.2.2 Tirante del flujo

El tirante hidráulico y la sección del cauce del río son uno de los aspectos más fundamentales de la hidráulica fluvial, este viene a ser la profundidad máxima que alcanza el agua en épocas de máxima avenida (27)..

Para el cálculo del tirante se realiza mediante la fórmula de Manning como se muestra en la (Ec. 2.33), considerando los siguientes aspectos como: la máxima avenida, la sección del río, el coeficiente de rugosidad y la pendiente del cauce.

$$Y = T = \left(\frac{Q}{K_s * B * S^2} \right)^{\frac{3}{5}} \quad (\text{Ec.2.33})$$

Donde:

- S : Pendiente (m/m)
- Y : Tirante hidráulico (m)
- Ks : Coeficiente del río
- Q : Caudal (m³/s)
- B : Ancho estable (m)

- **Rugosidad del cauce:**

La rugosidad del cauce es la resistencia que ofrecen las paredes del cauce al desplazamiento libre del agua (27).

Para el modelo hidráulico HEC-RAS se requiere el ingreso del valor de la rugosidad de Manning (n) y de la pendiente de fondo del cauce principal del Río (So). Para estimar la rugosidad de Manning se utilizó la metodología propuesta por Cowan, resumida en la siguiente expresión:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m \quad (\text{Ec.2.34})$$

Donde:

- n0 = Rugosidad Base (s/m^{1/3})*
- n1 = Grado de irregularidad o erosión (s/m^{1/3})*
- n2 = Variaciones en la sección transversal (s/m^{1/3})*
- n3 = Obstrucciones al flujo (s/m^{1/3})*
- n4 = Cantidad de vegetación (s/m^{1/3})*
- m = Sinuosidad (-)*

Tabla 13. Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad del cauce según la ecuación establecida por Cowan

Condición del cauce		Valores	
Material considerado	Tierra	n0	0.02
	Roca Cortada		0.025
	Grava Fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Liso	n1	0
	Menor		0.005
	Moderado		0.01
	Severo		0.02
Variaciones de la sección transversal del cauce	Gradual	n2	0
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
	Despreciable	n3	0
Efecto relativo de las obstrucciones	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
	Vegetación	Baja	n4
Media			0.010-0.020
Alta			0.025-0.050
Muy alta			0.050-0.100
Cantidad de meandros	Menor	n5	1
	Apreciable		1.15
	Severa		1.3

Tomada del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (20).

2.2.2.3 Velocidad del flujo

La velocidad es la cantidad de metros por segundo que recorre el agua en un río, y En la hidráulica fluvial, la velocidad es muy importante ya que sirve para determinar el inicio de movimiento de una partícula (criterio de la velocidad media critica) para saber si hay o no transporte de sedimentos, y también su cálculo es importante para determinar la profundidad de socavación (28).

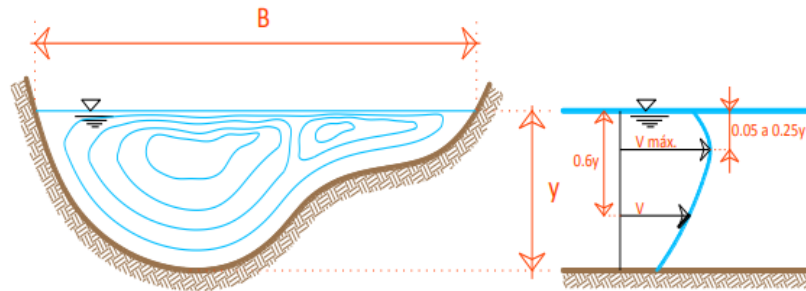


Figura 3. Distribución típica de velocidades en un cauce natural que más se ajusta a la realidad. Tomada de Tapia y otros

2.2.3 Modelamiento hidráulico con HEC RAS para el control de inundaciones

HEC RAS es un software que permite realizar un modelamiento hidráulico, para ello se tiene que realizar la siguiente metodología que involucra la topografía y geometría del río, así como las condiciones hidráulicas del río en estudio (29).

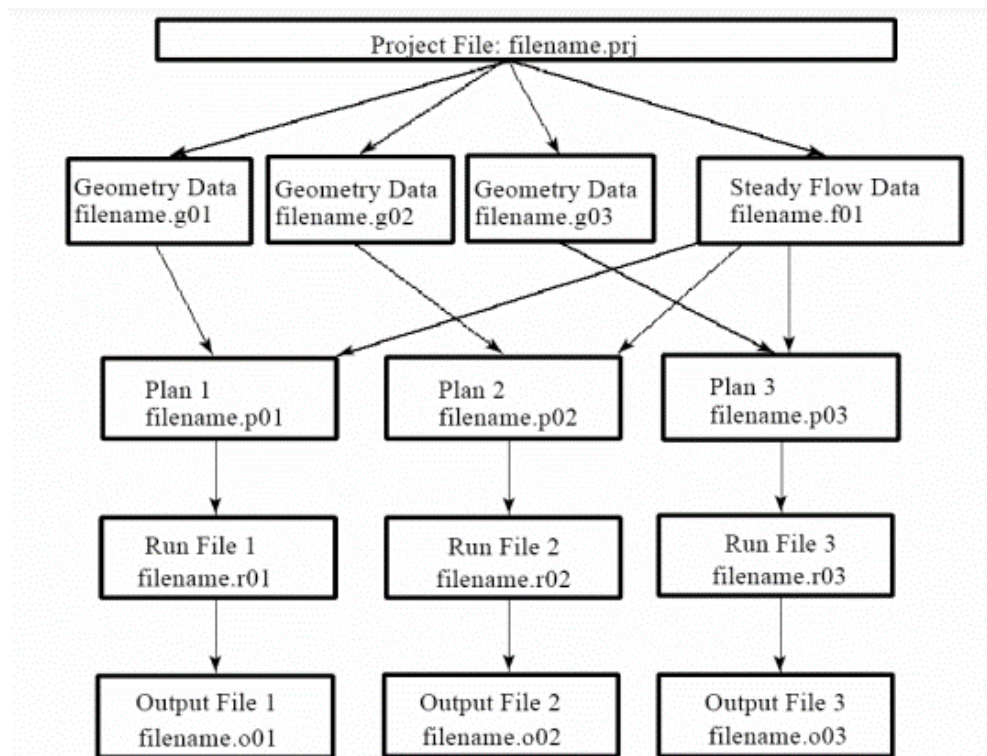


Figura 4. Estructura de un proyecto. Diagrama de flechas de relación entre los distintos archivos del programa Tomada de HEC-RAS Hydraulic Reference Manual (30).

2.2.4 Obras de protección para el control de inundaciones

La construcción de obras de protección permite hacer frente a la inestabilidad fluvial y también es necesario para poder aprovechar los ríos y las áreas al máximo, el objetivo principal de estas obras es evitar las inundaciones y así proteger las viviendas y terreno cercanos que pueden verse afectados.

2.2.4.1 Tipos de estructuras de protección

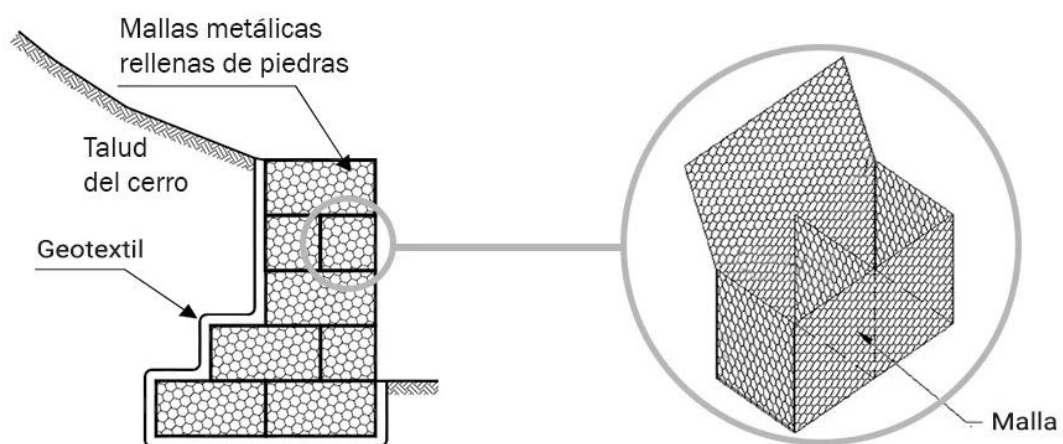
- **Gaviones**

Según Ministerio de Transporte y Comunicaciones (20 pág. 168)“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 (31).

En este tipo de estructuras se debe seguir algunas recomendaciones tales como:

- ✓ Que no se debe emplear piedras o materiales que posean oxido de fierro o excesiva alcalinidad o compuestos salidos ya que cualquiera de esos elementos puede dañar el alambre de los gaviones.
- ✓ También las piedras a colocarse deben ser homogéneas y relativamente grandes para que no haya perdidas del material.
- ✓ El muro de gaviones debe contar con un colchón anti socavante que va sobre la orilla de forma horizontal una distancia mínima de 1.5 veces la profundidad de socavación esperada.



*Figura 5. Esquema de gaviones.
Tomada de Macaferri (32)*

- **Muro 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

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 (32).

Las estructuras de contención pueden usarse en diferentes obras de ingeniería como canalizar ríos, quebradas y otros cursos de agua.

Tanto para los muros de mampostería, concreto armado y concreto ciclópeo presentan cargas que soportan, la cual se detalla en las siguientes líneas.

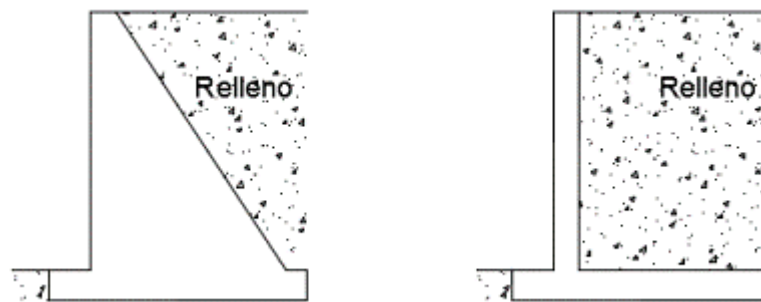


Figura 6. Esquema de muros de contención de gravedad y en voladizo. . Tomada de Ballón y Echenique (33).

- **Cargas que soportan las estructuras de contención**

- ✓ Peso propio o del cuerpo
- ✓ Peso del cimiento
- ✓ Peso del material
- ✓ Empujes del material (suelo)
- ✓ Empujes del agua
- ✓ Sobrecarga (reacción total del terreno)

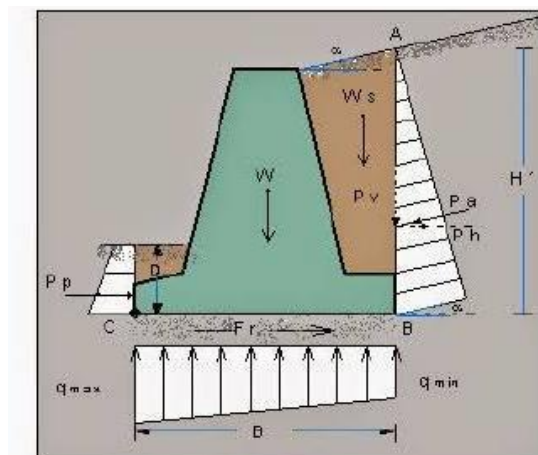


Figura 7. Cargas que soportan un muro de gravedad

- **Determinación de los empujes**

Macaferri (32) menciona que “el empuje es la resultante de las presiones laterales ejercidas por el suelo sobre una estructura de contención o de fundación”. Estas presiones pueden ser debido al peso propio del suelo o a sobrecargas aplicadas sobre él. Para el análisis de estabilidad de los muros de contención es fundamental la determinación de los empujes actuantes (pasivo y activo)

La presión lateral está en función de varios factores, según Braja (34)

- ✓ Peso específico del suelo
- ✓ Parámetros de la resistencia cortante del suelo (Angulo de fricción entre el suelo y la estructura en función del ángulo de fricción interno del suelo)
- ✓ Tipo y cantidad de movimiento de los muros
- ✓ Condiciones de drenaje (Posición del nivel de agua y las condiciones de flujo a través del macizo)
- ✓ Cargas externas (sobre carga)

El análisis de empujes se debe de realizar en función de tensiones efectivas, puesto que el empuje activo representa un desplazamiento del macizo y en este caso el comportamiento a futuro suele ser más crítico.

Para analizar la estabilidad de las estructuras de contención es importante determinar las posibles fallas que se pueden presentar y así asegurar que las fuerzas externas que actúan sobre si, no lo lleven al colapso.

2.3 Definición de términos básicos

- **TN1. Escorrentía:** es el agua proveniente de la precipitación, que circula sobre o bajo la superficie terrestre, y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca (23 pág. 124).
- **TN2. Precipitación:** es toda forma de humedad que originándose en las nubes llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser en forma de lluvias, granizadas, garúas y nevadas (35 pág. 15).
- **TN3. Hietograma:** un hietograma es un diagrama que relaciona lluvia versus tiempo, es decir el método estudia la distribución en el tiempo, de las tormentas observadas (20 pág. 40).

- **TN4. Caudal:** cantidad de agua que pasa por un punto específico en un sistema hidráulico en un momento o período dado (22 pág. 132).
- **TN5. Periodo de retorno:** se conoce como periodo de retorno T el intervalo de ocurrencia entre eventos que igualan o exceden un determinado valor de probabilidad es decir la frecuencia con la que se presenta un evento (23 pág. 101).
- **TN6. Tiempo de concentración:** es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca. Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida. Ministerio de transporte y comunicaciones (20 pág. 40).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método de investigación

El método de investigación es el científico. Según Arias (36 pág. 20): “el método científico es el conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas de investigación mediante la prueba o verificación de hipótesis”. Esta investigación se iniciará con la observación de los hechos *in situ* para realizar una descripción del área de estudio luego el planteamiento del problema que es identificar las áreas inundables y en base de la experimentación se va a llegar a los resultados y conclusiones.

3.1.2 Tipo de investigación

Jimenez (37) señala que se aplicará teorías relacionadas para la identificación de áreas inundables considerando los estudios topográficos, estudios hidrológicos e hidráulicos y la aplicación de un software para el modelamiento hidráulico, ya que todo estos son importantes para realizar la propuesta de defensa ribereña.

Conforme a lo explicado la investigación corresponde al tipo aplicada, porque busca resolver problemas existentes, que en este caso son las inundaciones mediante la propuesta de defensas ribereñas.

3.1.3 Nivel

Según Arias (36 pág. 26) “la investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis”.

En la investigación la V2 (Zonas inundables) es el efecto de la V1 (Caudales máximos), ya que este tipo de fenómenos son principalmente generados por el desborde de un río a causa de lluvias, tormentas tropicales, huracanes, y algunas veces por el ser humano, como la deforestación, la ubicación de las viviendas en zonas bajas y cercanas a los ríos o en lugares de inundación ya conocidos.

De acuerdo a lo expuesto la investigación correspondiente a un nivel explicativo.

3.1.4 Diseño

Según Hernández (38 pág. 149) “el diseño no experimental se define como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios donde no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables”.

La investigación es descriptiva (no experimental), ya que se realizará la investigación sin manipular las variables, donde se describirá los fenómenos y la situación que existen en la zona de estudio, para ser medida según el análisis de procesamiento de datos en software.

También es una investigación cuantitativa porque la investigación recolecta datos numéricos como caudales diarios del río a analizar para el modelamiento en el software HEC-RAS para medir el alcance de la inundación.

Conforme a lo expuesto la investigación se clasifica como no experimental.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Según Tamayo (39 pág. 173), “la población se define como la totalidad de un fenómeno a estudiar, donde se conoce las características comunes que poseen las unidades de estudio, el cual se estudia y da origen a los datos de la investigación”. Por lo tanto, la población de la investigación fue el río Chahuarma.

La población está conformada por el curso principal del río Chahuarma que tiene un recorrido total de 1.644 km, ubicado en el CC.PP de Chahuarma.

3.2.2 Muestra

Arias Odón (36 pág. 83) señala que la muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible en este sentido, además una muestra es aquella que por su tamaño y características similares a las del conjunto, permite hacer inferencias o generalizar los resultados al resto de la población con un margen de error conocido.

La muestra seleccionada represente un tramo del río Chahuarma, comprendido entre el sector A “Anexo de Ranrahuasi” y sector B “Anexo de Patahuasi” (1.644 km), ubicado en el CP Chahuarma.

3.2.3 Muestreo

Según Otzen y Manterola (40 pág. 228), “las técnicas de muestreo de tipo no probabilísticas, la selección de los sujetos a estudio dependerá de ciertas características, criterios, etc. que él (los) investigador (es) considere (n) en ese momento; por lo que pueden ser poco válidos y confiables o reproducibles; debido a que este tipo de muestras no se ajustan a un fundamento probabilístico, es decir, no dan certeza que cada sujeto a estudio represente a la población blanco.

Las muestras fueron seleccionadas mediante un muestreo no probabilístico - muestreo por conveniencia.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1 Técnica

Según Bernal (41 pág. 89) las técnicas de recolección de datos son medios que se emplean para recopilar la información en una investigación, la observación directa es un proceso riguroso que permite conocer, de forma directa, el objeto de estudio para luego describir y analizar situaciones sobre la realidad estudiada, este método de recolección consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables a través de un conjunto de categorías y subcategorías.

En esta investigación se realizó la técnica de observación

3.3.2 Instrumento

Según Carrasco (42 pág. 90) el instrumento de recolección de datos es una herramienta que forma parte de una técnica de recolección de datos. Puede darse como una guía, un manual, un aparato, una prueba, un cuestionario o un test. La ficha de observación se emplea para registrar

datos que se generan como resultado del contacto directo entre el observador y la realidad que se observa. Conforme a lo expuesto, la investigación utilizará fichas de recolección de datos.

3.4 Análisis de validez y confiabilidad

3.4.1 Validez

El investigador debe buscar la validez de los instrumentos para que así estas puedan ser confiables al momento de responder las problemáticas propuestas.

Hernández et al (38 pág. 200) definen: “de forma general se entiende por validez a un grado de aceptación respecto a la medición del instrumento con su variable de análisis”.

El instrumento de investigación utilizada será válida por tres ingenieros civiles capacitados para establecer el nivel de validez de nuestro instrumento hecho para el desarrollo de la investigación.

Tabla 14. Rango de validez "Z"

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

Tomada de Hernández (38)

El instrumento usado para el proyecto de investigación fue sometido al juicio de expertos, en este caso fue evaluado por tres ingenieros civiles, obteniendo así una validación de 0.872 que representa que el instrumento tiene una excelente validez. Tal como se puede observar en el (anexo N°02)

Tabla 15. Validez de contenido del instrumento de las variables: V1: Caudal máximo y V2: Zonas inundables

N°	Grado Académico	Nombres y Apellidos	CIP	Validez
1	Ing	Pirca Maceta Jonathan	250044	0.905
2	Mg.	Paucar Peña Khevin Oscar	241799	0.912
3	Ing.	Chamorro Maquera Roland	20178	0.800

3.4.2 Confiabilidad

Según Bernal (41), la confiabilidad de un instrumento se refiere a las puntuaciones obtenidas de acuerdo a las mismas personas cuando las examina distintas ocasiones con los mismos cuestionarios.

Tabla 16. Nivel de confiabilidad

Rangos	Magnitud
0.81 a 1.00	Muy alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy baja

Tomada de Ruiz (41)

En la presente investigación no se realizó el análisis de confiabilidad puesto que el instrumento es una ficha de recopilación de datos más no un cuestionario.

3.5 Procesamiento y análisis de datos

Después de obtener todos los datos recolectados tanto de campo como laboratorio el procesamiento de la información se realizará de la siguiente manera:

- ✓ Se utilizó herramientas digitales tales como Word y Excel para recopilar y ordenar los datos de los ensayos de suelo e información hidrológica para luego hacer un informe más detallado sobre los mismos.
- ✓ Se aplicó el uso del software ARGIS para el procesamiento de la delimitación del área de la cuenca y conocer los parámetros geomorfológicos
- ✓ Luego se procedió a realizar el modelamiento hidrológico e hidráulico mediante el software HEC HMS y HEC RAS respectivamente, en la cual la muestra es de 1 km 644 m de río, lo cual servirá para interpretar los resultados y proponer un diseño de defensa ribereña en las áreas más vulnerables a inundación en el río Chahuarma.
- ✓ Para finalizar se realizó las respectivas conclusiones y recomendaciones sobre el proyecto de investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción de la zona de estudio

4.1.1 Ubicación

La cuenca del río Chahuarma se ubica en la sierra central del Perú en el distrito de Lircay, provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica, geográficamente está comprendido en las coordenadas 12° 59' 15" de latitud Sur y 74° 43' 08" de longitud Oeste y está a una altitud aproximada de 3278 m s. n. m.

El tramo en estudio de la presente investigación está ubicado en el centro poblado de Chahuarma, ubicada al lado este del distrito de Lircay entre las coordenadas – UTM de 536,324.15 y 536,360 .64 metros en dirección este, 8,552,067.91 y 8,550793.128 metros en dirección norte, presentando altitudes de varían entre los 3680 a 3708 m s. n. m.

El plano de ubicación se muestra en el Anexo 9.

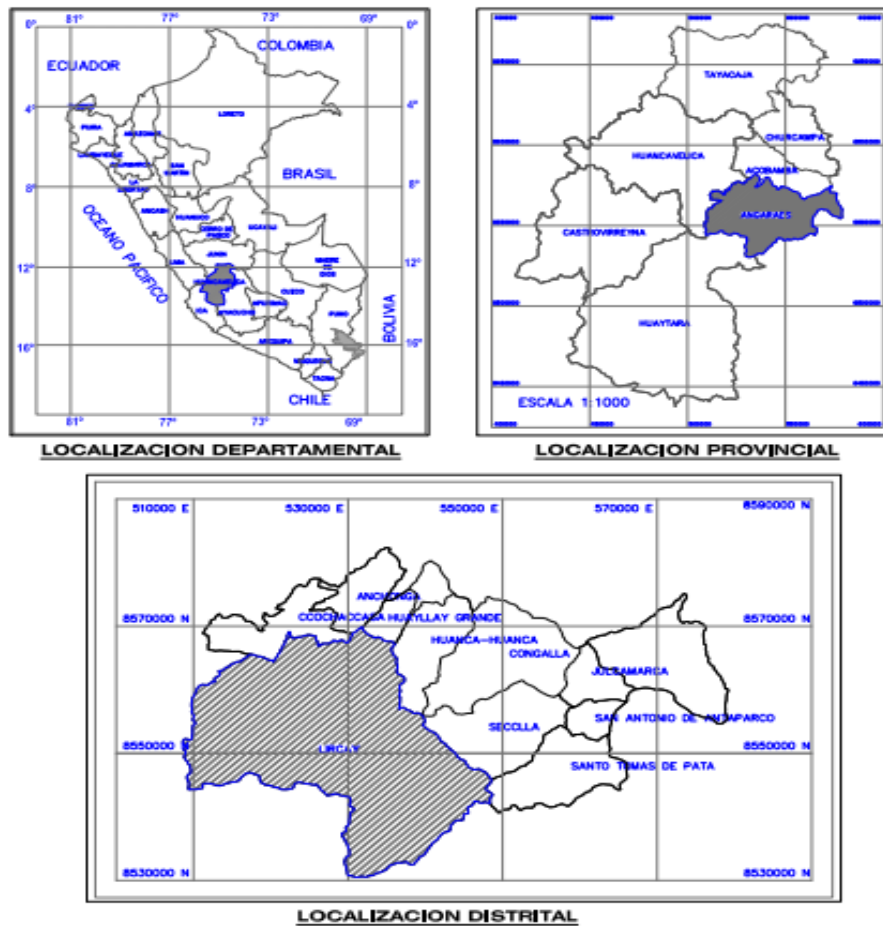


Figura 8: Ubicación de la cuenca y área de estudio

4.1.2 Características de la zona de estudio

El área geográfica en estudio se encuentra ubicado en la parte de la desembocadura del área de drenaje del río Chahuarma, considerando que la mayor parte de la población se encuentra en el margen izquierdo. El río presenta una longitud de 1km 644 m y un ancho variable de 20 a 40 m y los tirantes alcanzados en época de estiaje alcanza los niveles desde los 1 m, mientras que época de lluvia alcanza hasta los 3 a 5 m, tomando en cuenta que según los antecedentes la última inundación afecto a las viviendas que se encuentran al margen del río.



Figura 9:Tramo de la zona de estudio (Rio Chahuarma)

4.2 Estudios previos

4.2.1 Estudios de campo

4.2.1.1 Estudios topográficos

El levantamiento topográfico se realizó en el cauce de un tramo del río Chahuarma (1.644 km) mediante estación total TOPCON, este estudio incluyó la recopilación de detalles sobre el río y las variaciones en su lecho, considerando ambos márgenes y las áreas propensas a erosión. En el gabinete, se elaboró un dibujo en Autocad – Civil 3D para generar un modelo de terreno digital (DTM) mediante un TIN, necesario para el modelamiento del tramo, además definir los parámetros necesarios para el modelamiento; así como la forma del cauce del río los cuales son necesarios para los datos de entrada para el Hec-Ras.

Para el levantamiento topográfico se utilizó lo siguiente: estación total TOPCON ES-105, cámara fotográfica y GPS. La información de campo y gabinete se muestra en el anexo 9.

4.2.1.2 Exploración de suelos

Como parte de la exploración de suelo, se realizó 4 calicatas de 3 m de profundidad de un tramo de 1,644.00 m.

El plano de exploración de suelos se muestra en el anexo 9.

4.2.1.3 Recopilación de datos hidrológicos para el cálculo del caudal máximo

Hidrográficamente, la cuenca de estudio del río Chahuarma pertenece a la cuenca de Ajohuarma, está conformado por un cauce principal del río Ajohuarma y afluentes secundarios los ríos Cochapamina y Condorpaccha que al confluir estos dos ríos se forma el río Chahuarma.

Para la información hidrológica, se tomó en cuenta la estación de Lircay que se localiza en las coordenadas latitud $12^{\circ}58'53.24''$ y longitud $74^{\circ}43'5.13''$ y una altitud de 3303 m s. n. m. Esta estación se ubica en el distrito de Lircay provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica.

El registro histórico de precipitaciones máximas de la estación de Lircay abarca los periodos de 1994 -2019 con 26 años de información continua, esta estación hidrométrica es administrada por el servicio nacional de meteorología e hidrología SENAMHI se muestran en el (anexo 3).

4.2.2 Estudios de laboratorio

Los estudios de laboratorio realizados comprenden los siguientes ensayos:

- ✓ Determinación del contenido de humedad (ASTM-D-2216): ver (anexo 4)
- ✓ Análisis Granulométrico por tamizado (ASTM-D-422) : ver (anexo 4)
- ✓ Determinación del límite líquido (ASTM-D-423) : ver (anexo 4)
- ✓ Determinación del límite plástico (ASTM-D-424) : ver (anexo 4)
- ✓ Ensayo de corte directo (ASTM-D-3080) : ver (anexo 4)

A continuación, se puede visualizar el resumen de los resultados obtenidos en laboratorio.

- **Clasificación de suelos**

Para este ensayo se tomó 4 muestras, una de cada calicata de profundidad de 3m y dichas muestras se extrajeron del margen izquierdo del río, las cuales se llevaron al laboratorio para realizar el ensayo correspondiente.

El ensayo se realizó mediante la normativa ASTM D 422 como se observa en el certificado obtenido. (anexo 4)

- **Contenido de humedad natural**

El presente ensayo permite determinar la cantidad de agua que presenta la muestra y eso se representa mediante porcentaje que va en relación del peso de la muestra seca y al peso del agua

Este ensayo se realiza en laboratorio mediante la normativa ASTM D-2216 y el resumen de los resultados se puede visualizar en la tabla 17. (anexo 4)

Tabla 17. Resumen de la clasificación de suelo y contenido de humedad.

	CALICATAS	X	Y	LADO	PROFUN (m)	CONTENIDO DE HUMEDAD	CLASIFICACION AASHTO	SUCCS
	C-1	536381.931	8550795.06	IZQ.	0-3	4.42	A-1-b	SM
	C-2	536476.420	8550880.04	IZQ.	0-3	1.83	A-1-a	SM
CHAHUARMA	C-3	536610.204	8551237.01	IZQ.	0-3	4.79	A-2-4	SM
	C-4	536553.121	8551436.10	IZQ.	0-3	4.02	A-4 (3)	SM

- **Límites de consistencia**

Este ensayo sirve para caracterizar el comportamiento del suelo, ya que viene a ser la condición física de la mezcla de suelo y agua y realiza mediante la normativa ASTM D-423, ASTM D-424

En la siguiente tabla se observa el resumen de los resultados obtenidos en laboratorio.

Tabla 18. Resumen de los resultados de límites de consistencia

Sector	Calicatas	Profun (m)	Limite liquido (%)	Limite plástico (%)	Índice plástico (%)
Chahuarma	C-1	0-3	17.48	15.50	1.98
	C-2	0-3	23.21	20.72	2.49
	C-3	0-3	28.48	27.45	1.03
	C-4	0-3	17.02	14.86	2.17

Para más detalles, los datos de los cálculos obtenidos se pueden ver en el (Anexo 4).

- **Ensayo de corte directo**

El presente ensayo permite definir la resistencia al corte de una muestra de suelo consolidada y drenada, con este ensayo se obtiene los parámetros de ángulo de fricción, peso específico y la cohesión de suelo.

Este ensayo se realiza en laboratorio mediante la normativa ASTM D-3080 y el resumen de los resultados se puede visualizar en la tabla 19.

Tabla 19. Resumen de los resultados de corte directo

Sector	Calicatas	Muestra	Profun (m)	Γ (t/m ³)	Φ (°)	C (t/m ²)
Chahuarma	C-1	M-1	0-3	1.44	30.51	0
	C-2	M-1	0-3	1.13	29.68	0
	C-3	M-1	0-3	1.46	26.54	0
	C-4	M-1	0-3	1.41	29.96	0

Para más detalles, los datos de los cálculos obtenidos se pueden ver en el (Anexo 4).

4.3 Análisis de información

4.3.1 Cuantificación del área inundable por caudales máximos para periodo de retorno 140 años

Para cuantificar el área inundable mediante el software Hec Ras, primero se determinará los caudales máximos para el periodo de retorno 140 años a partir de un modelo hidrológico, donde fue necesario conocer su caracterización geomorfológica, usos de suelos y otros parámetros que son necesarios para la obtención de los caudales máximos.

- **Análisis de parámetro geomorfológicos**

Para el cálculo de las variables, los datos se procesaron en el ArcGIS con la respectiva aplicación de las fórmulas.

En la tabla 20 se muestran los resultados de los parámetros de forma, relieve y relativos de la cuenca del río Chahuarma.

Tabla 20. Parámetros geomorfológicos de la cuenca

Parámetros		Unidad	Nomenclatura	Cuenca
Superficie total de la cuenca		km ²	At	241.71
Perímetro		km.	P	121.84
Ubicación	Zona de Proyección UTM	s/U	Zona	18
	X	m	Coord. X	642821.91
	Y	m	Coord. X	8605256.81
relaciones de forma factor de factor de forma cuenca	coeficiente de compacidad (gravelius)	s/U	$Cg = 0.28 P / (At)^{1/2}$	2.211
	Longitud de la cuenca	km.	Lc	34.560
Desnivel total de la cuenca		km.	DA	1.508
Altura media de la cuenca		m s. n. m	Hm	4498
Pendiente cuenca		%	S	5.954%
Tiempo de concentracion Kirpich		min.	$0.1947(L^{0.77} * S^{0.385})$	169.71

Fuente: Elaboración propia

- **Elección de la estación meteorológica**

En la figura 10 se observa que existen 3 estaciones que se ubican cerca de la zona de estudio (Lircay, Santa Cruz de Hospicio y Los Libertadores), los cuales fueron sometidos a evaluación tomado consideraciones que se presentan en la tabla 21.



Figura 10. Estaciones meteorológicas en Lircay

Tabla 21. Consideraciones para la elección de la estación a trabajar

Código	Nombre de estación	Ubicación	Elevación Msnm	Distancia a la cuenca	Periodo		Registro (años)	Área de influencia	% de influencia
					Inicio	Final			
112065	Lircay (Funcionando)	Huancavelica - Angaraes - Lircay	3324	23.60 km	1994	2019	26	118.10 km ²	48.86%
113248	Santa Cruz de Hospicio (Automática)	Huancavelica - Huaytará - Pilpichaca	4273	27.90 km	2015	2019	5	68.40 km ²	28.30%
156139	Los Libertadores (Cerrado)	Ayacucho - Cangallo - Paras	4024	28.40 km	1982	1991	9	55.21 km ²	28.84%

A partir de la información que se encuentra disponible, se determinó emplear los datos históricos de la estación 112065-Lircay, que es la más cercana al área de estudio, cuenta con el mayor número de registros y tiene la mayor área de influencia a diferencia de las otras dos estaciones.

- **Análisis de parámetro hidrológicos**

Para la presente investigación, los datos hidrológicos se obtuvieron de la estación Lircay ubicado en el distrito de Lircay con una base de datos de 26 años desde 1994 hasta el 2019. A continuación, se muestran los datos de las precipitaciones máximas mensuales de la estación Lircay.

Para más detalle del cálculo de los parámetros hidrológicos ver (Anexo 5)

Tabla 22. Registro histórico de precipitaciones máximas mensuales

Datos estación pluviométrica													
Estación: LIRCAY		Coordenadas UTM						Latitud 12°58'53.24"		Cota = 3303			
Denominación: LIRCAY								Longitud 74°43'5.13"					
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Máximo
1994	31.7	38	36.3	16	12.8	4.6	0.5	0	6.4	16.9	13.3	12.5	38.0
1995	20.5	37.1	14.6	8	10.8	0	3.4	7	8.2	12.6	13.7	12.5	37.1
1996	27.5	24.5	21.2	19.8	8.4	0	0	8.9	7.2	9.8	12	11	27.5
1997	32.5	26.5	10.5	19.8	5.9	1.9	0	9	20.7	7.9	16.1	33.3	33.3
1998	36.2	19.7	19.2	17.5	0	6.1	0	2.5	8.9	17.4	20.6	16	36.2
1999	13.4	13.3	13.8	20	16.3	6.4	18.1	0	5.6	12.5	10.2	14.9	20.0
2000	18.1	26.6	15.9	5	12.6	13.5	16.2	8.8	6.7	21.4	7.6	20	26.6
2001	29.2	19	16.3	17.4	15	2.5	5.2	6.6	17.2	10.1	12.4	29.9	29.9
2002	26.5	41.2	28.7	19	18.4	5.1	15.1	5.7	11.1	22.1	19.6	28	41.2
2003	20.2	27.4	18.3	10	14.5	0.4	3.2	8.2	8.8	9.2	19.3	21.7	27.4
2004	19.3	26	13.5	6.7	9.3	10.6	8	4.5	8.7	6.2	9.9	17.1	26.0
2005	13.1	22.1	21.3	13.8	14.6	1.4	13.6	2.7	13.2	19.6	6.4	17.7	22.1
2006	20.2	21.3	18.6	8.1	1.2	2.4	1.9	8.7	6.1	9.6	13.4	20	21.3
2007	19.3	11.2	29.7	10.3	10.4	0	17.9	1.2	5.6	9.3	9.1	18.4	29.7

2008	48	18.4	9.6	9.6	6.5	6	3.5	1.7	4.9	8.3	3.6	14	48.0
2009	22	23.1	14.9	15.2	6.3	1.1	13.6	2.5	7.8	14	33.6	24.5	33.6
2010	25.7	16	19.7	9.7	12.7	4.8	0	1.2	4.8	7	9.9	32.6	32.6
2011	21.1	35.5	28.5	14.5	8	2.4	8.3	5.2	11.2	9.4	10.9	7.9	35.5
2012	14.2	46.3	17.2	19.3	9	9.9	2.9	1.4	13	15	13	31.3	46.3
2013	15.4	15.5	21.1	7.1	14.2	2.9	3.1	9.5	3.6	12.2	6.2	17.5	21.1
2014	21.7	21	13.3	21.9	8.7	7	4.5	14	11.8	28.4	6	12.1	28.4
2015	20.3	16.9	24.2	12.6	10.5	2.3	3.6	9.5	3.2	6.2	8.6	22.1	24.2
2016	9.8	21.5	10.8	23	4.2	6.6	13.5	2.8	3.8	9.5	6.9	9.4	23.0
2017	33.4	27.3	17.1	16.3	9.4	2.8	14.8	4.1	14.8	18.6	7	23.5	33.4
2018	15.2	28	17.8	5.7	14.3	6.2	11.1	15.6	3.9	12.1	14.9	11.2	28.0
2019	24.7	21.6	27.9	12.5	7.8	3.7	7.9	0	5.7	15.3	28.2	25.5	28.2

- **Análisis de consistencia de datos**

El análisis de consistencia o prueba de datos dudoso es un proceso que permite identificar ciertos puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información.

Para el procesamiento se realizó mediante la ecuación (Ec 2.8, Ec 2.9 y Ec 2.10) del marco teórico capítulo II.

La prueba de datos dudosos de realizó mediante el método Water Resources Council, para obtener los umbrales máximos y mínimos de las precipitaciones máximas de la estación Lircay de los cuales se obtuvo los siguientes resultados (anexo 5, cuadro 2):

Límite superior (YH): 61.00 mm

Límite inferior (YL) : 18.70 mm

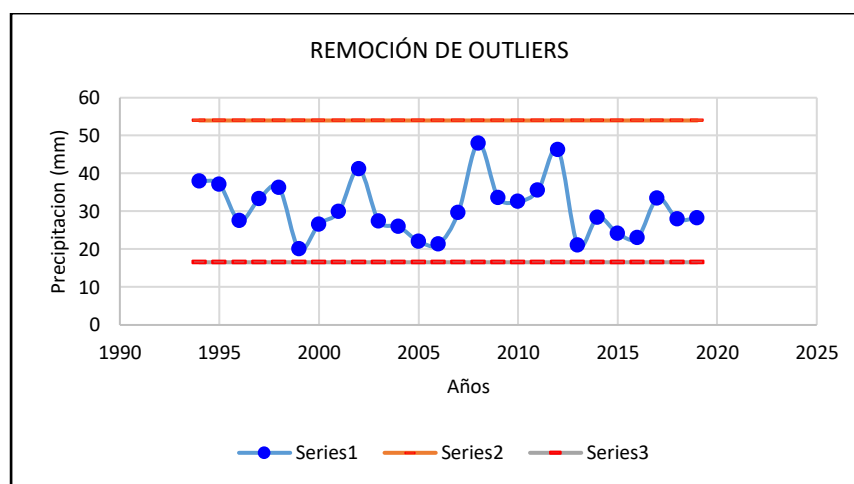


Figura 11. Remoción de outliers

A su vez graficándose tal como se observa en la figura 11, donde se evalúa que la información obtenida se encuentra dentro de los límites establecidos (Límite superior = 61.00 y límite inferior = 18.70) y por lo tanto se verifica la consistencia y regularidad de las precipitaciones máximas.

Además se corroboró el análisis de consistencia mediante el aplicativo “ANDREA”(Análisis de datos y recursos estadísticos del agua) utilizado a nivel nacional, plataforma desarrollado por el ANA (Autoridad Administrativa del Agua), que permite la descarga de la información histórica de diferentes estaciones hidrométricas y el análisis de dicha información, que consiste probar mediante una prueba de hipótesis (t) si los valores de la media (\bar{x}_1, \bar{x}_2), son iguales estadísticamente o diferentes, donde si el $t_c \leq t_t$, quiere decir que las medias son iguales estadísticamente ($\bar{x}_1 = \bar{x}_2$), por lo tanto no es necesario realizar el proceso de corrección.

Para este caso se realizó el análisis de la estación Lircay que es nuestra área en estudio de los cuales se obtuvo la siguiente información en la figura N° 12, donde se puede corroborar que si existe consistencia y que no es necesario la corrección de datos.

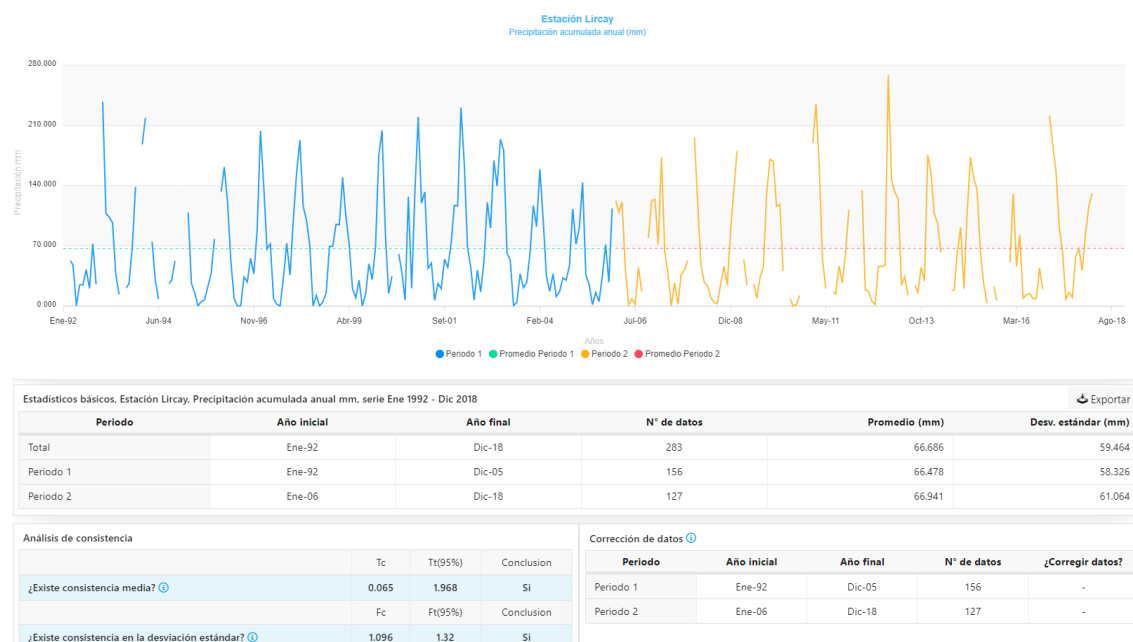


Figura 12. Análisis de consistencia con el aplicativo ANDREA

- **Análisis estadísticos de los datos de precipitación máxima de 24 horas**

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) recomienda el coeficiente de corrección para datos de estaciones según el número de observaciones por día que a continuación se presenta:

Número de observaciones por día	1	2	3-4	5-8	9-24	>24
Factor de ajuste	1.13	1.04	1.03	1.02	1.01	1

Los valores iniciales de la precipitación se ajustaron a un 1.13 puesto que Senamhi realiza 1 observación por día y debido a ello el factor de ajuste fue de 1.13 para obtener los valores verdaderos de precipitaciones máximas en 24 horas los mismos que nos permitirán trabajar y realizar el análisis de distribución.

Tabla 23. Registro histórico de precipitaciones máximas mensuales corregidas

Año	P24	P24 Corregido
1994	38.00	42.94
1995	37.10	41.92
1996	27.50	31.08
1997	33.30	37.63
1998	36.20	40.91
1999	20.00	22.60
2000	26.60	30.06
2001	29.90	33.79
2002	41.20	46.56
2003	27.40	30.96
2004	26.00	29.38
2005	22.10	24.97
2006	21.30	24.07
2007	29.70	33.56
2008	48.00	54.24
2009	33.60	37.97
2010	32.60	36.84
2011	35.50	40.12
2012	46.30	52.32
2013	21.10	23.84
2014	28.40	32.09
2015	24.20	27.35
2016	23.00	25.99
2017	33.40	37.74
2018	28.00	31.64
2019	28.20	31.87

Para la prueba de bondad de ajuste se utilizó el software Hidroesta, donde se prueba todas las funciones de distribución de probabilidades y se escoge el que mejor se ajusta para cada estación, según su valor teórico.

- **Prueba de bondad de ajuste para las distribuciones de las probabilidades.**

Una vez analizado las precipitaciones diarias, se realiza el análisis de frecuencias, esto ayudará a entender cómo es que las precipitaciones se comportan en una cierta área.

Para ello el análisis de frecuencias se realizó a través de los siguientes métodos Normal, Log Normal II Y III, Gama II y III, Log Pearson tipo III y la distribución Gumbel, puesto que estas distribuciones son las más utilizadas.

Para más detalle del análisis de frecuencia ver (Anexo 5, cuadro 3)

Tabla 24. prueba de bondad de ajuste de kolmogorov-smirnov para determinar la función de distribución de probabilidad

Distribución	Δ Teorico
Normal	0.1039
Log normal 2	0.0651
Log normal 3	0.0749
Gamma 2	0.0825
Gamma 3	0.0640
Log Pearson III	0.0588
Gumbel	0.0741
Log Gumbel	0.1116

Δ tabular = 0.2667

Menor Δ tabular = 0.0588

En base a los resultados de la tabla 22 La función que mejor se ajusta es la distribución: Log Pearson III

- **Precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes periodos de retorno**

Una vez realizado el ajuste de distribución de probabilidades y la prueba de bondad de ajuste, se estimó las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno en base a la función que se ajusta mejor al conjunto de datos.

Tabla 25. Precipitaciones máximas a 24 horas para diferentes periodos de retorno

DISTRIB. LOG PEARSON III			P_{MAX}
K_T	X_t	10^{X_T}	mm
-0.0309	1.5255	33.5	33.5
0.8312	1.6139	41.1	41.1
1.2996	1.6620	45.9	45.9
1.6958	1.7026	50.4	50.4

1.8128	1.7146	51.8	51.8
2.1520	1.7494	56.2	56.2
2.4622	1.7812	60.4	60.4
2.6045	1.7958	62.5	62.5
2.7504	1.8108	64.7	64.7
2.9107	1.8272	67.2	67.2
3.1052	1.8472	70.3	70.3
3.3578	1.8731	74.7	74.7

- **Cálculo de la curva IDF**

Para el cálculo de la intensidad, duración y frecuencia se realizó mediante el método de Dick & Peschke, se estima la precipitación para diferentes tiempos en función a la (Ec.2.22)

Tabla 26. Distribución de precipitaciones por el método de Dick & Peschke

Estación: Lircay											
Duración		Período de retorno (años)									
H	min	2	5	10	20	25	50	100	140	200	500
0.17	10.00	9.68	11.87	13.25	14.56	14.96	16.21	17.44	18.04	18.67	20.30
0.33	20.00	11.51	14.11	15.76	17.31	17.79	19.28	20.74	21.45	22.20	24.15
0.50	30.00	12.74	15.62	17.44	19.16	19.69	21.33	22.96	23.74	24.57	26.72
0.67	40.00	13.69	16.78	18.75	20.58	21.16	22.93	24.67	25.51	26.41	28.71
0.83	50.00	14.48	17.74	19.82	21.76	22.37	24.24	26.08	26.98	27.92	30.36
1.00	60.00	15.15	18.57	20.75	22.78	23.42	25.37	27.30	28.23	29.22	31.78
1.50	90.00	16.77	20.55	22.96	25.21	25.92	28.08	30.21	31.25	32.34	35.17
2.00	120.00	18.02	22.09	24.67	27.09	27.85	30.17	32.47	33.57	34.75	37.79
4.00	240.00	21.43	26.27	29.34	32.22	33.12	35.88	38.61	39.93	41.33	44.94
6.00	360.00	23.71	29.07	32.47	35.65	36.65	39.71	42.73	44.19	45.74	49.73
7.00	420.00	24.64	30.21	33.74	37.05	38.09	41.27	44.41	45.92	47.53	51.69
8.00	480.00	25.48	31.23	34.89	38.31	39.38	42.67	45.91	47.48	49.15	53.44
10.00	600.00	26.94	33.03	36.89	40.51	41.64	45.12	48.55	50.21	51.97	56.51
11.00	660.00	27.59	33.82	37.78	41.49	42.65	46.21	49.72	51.42	53.22	57.87
12.00	720.00	28.20	34.57	38.61	42.40	43.59	47.22	50.81	52.55	54.39	59.14
24.00	1440.00	33.53	41.11	45.92	50.42	51.83	56.16	60.42	62.49	64.68	70.33

Teniendo las precipitaciones para diferentes duraciones es posible graficar la curva intensidad, duración y frecuencia.

Tabla 27. Cálculo de intensidades para diferentes duraciones y periodos de retorno

Estación: Lircay											
Duración		Período de retorno (años)									
H	min	2	5	10	20	25	50	100	140	200	500
0.17	10.00	58.08	71.20	79.53	87.33	89.78	97.26	104.66	108.24	112.03	121.82
0.33	20.00	34.54	42.34	47.29	51.93	53.38	57.83	62.23	64.36	66.61	72.44
0.50	30.00	25.48	31.23	34.89	38.31	39.38	42.67	45.91	47.48	49.15	53.44
0.67	40.00	20.54	25.17	28.12	30.88	31.74	34.39	37.00	38.27	39.61	43.07
0.83	50.00	17.37	21.29	23.78	26.12	26.85	29.09	31.30	32.37	33.50	36.43
1.00	60.00	15.15	18.57	20.75	22.78	23.42	25.37	27.30	28.23	29.22	31.78
1.50	90.00	11.18	13.70	15.31	16.81	17.28	18.72	20.14	20.83	21.56	23.44
2.00	120.00	9.01	11.04	12.34	13.55	13.92	15.09	16.23	16.79	17.38	18.89
4.00	240.00	5.36	6.57	7.33	8.05	8.28	8.97	9.65	9.98	10.33	11.23
6.00	360.00	3.95	4.84	5.41	5.94	6.11	6.62	7.12	7.36	7.62	8.29
7.00	420.00	3.52	4.32	4.82	5.29	5.44	5.90	6.34	6.56	6.79	7.38
8.00	480.00	3.19	3.90	4.36	4.79	4.92	5.33	5.74	5.94	6.14	6.68
10.00	600.00	2.69	3.30	3.69	4.05	4.16	4.51	4.85	5.02	5.20	5.65
11.00	660.00	2.51	3.07	3.43	3.77	3.88	4.20	4.52	4.67	4.84	5.26
12.00	720.00	2.35	2.88	3.22	3.53	3.63	3.94	4.23	4.38	4.53	4.93
24.00	1440.00	1.40	1.71	1.91	2.10	2.16	2.34	2.52	2.60	2.70	2.93

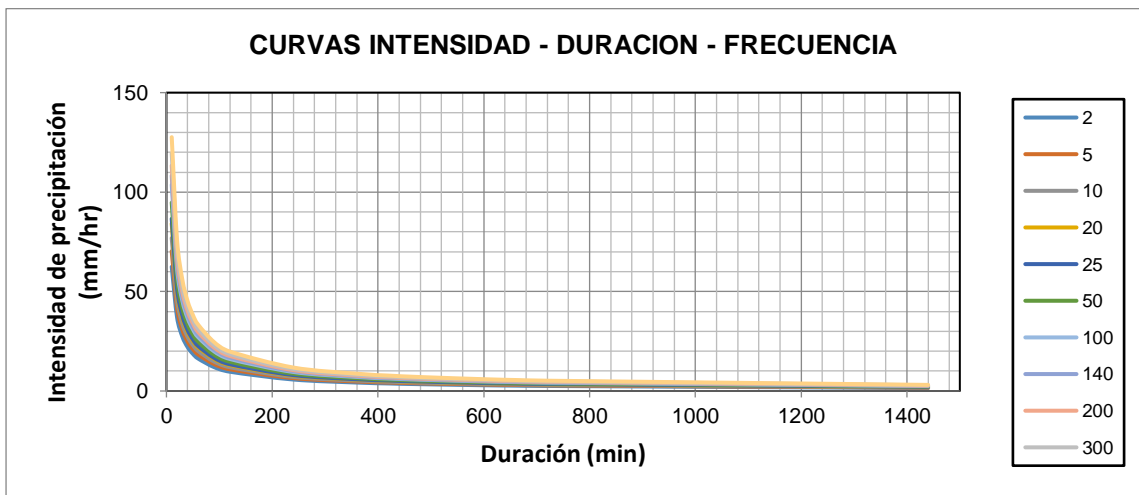


Figura 13. Gráfico de la curva intensidad, duración y frecuencia

- **Hietograma de diseño**
- **Método de bloque alterno**

El hietograma de diseño se realizó mediante el método de bloque alterno, en las cual podemos determinar las precipitaciones para el periodo de retorno de diseño ($T_r=140$ años), esta distribución de precipitaciones nos servirá para elaborar el modelamiento hidrológico con el software HEC HMS para el cálculo del caudal máximo.

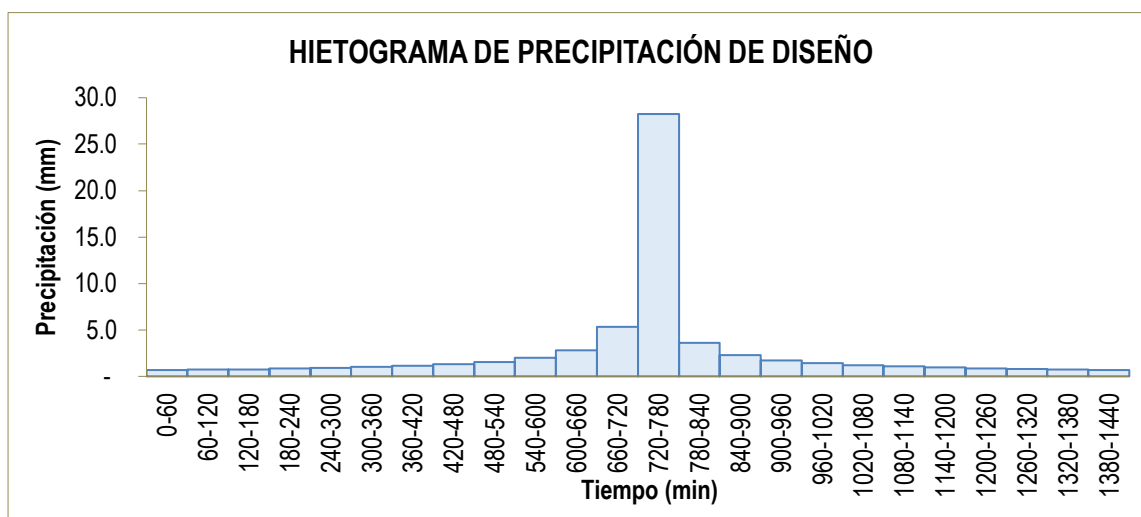


Figura 14. Hietograma de precipitación de diseño

- **Cálculo del número de curva (CN)**

El cálculo del valor de numero de curva (CN) se realizó mediante el programa Arcgis, haciendo uso el mapa de CN a nivel nacional, el mismo que se delimitó para la zona de estudio (Anexo 8, Mapa N° 05)

Este número de curva es uno de los valores importantes que nos servirá para calcular el caudal máximo con el software Hec HMS, cuyo valor es CN = 81.

- **Generación de los caudales máximos de diseño**

- **Elección del periodo de retorno**

El periodo de retorno adoptado para el diseño del proyecto fue calculado por la fórmula (Ec.2.7), tomando en consideración las tablas 3 y 4 presentada en el marco teórico capítulo II; Los valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje y vida útil de la estructura en el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para el caso de defensa ribereña son:

$$R = 25\%$$

$$n = 40 \text{ años}$$

Tabla 28. Cálculo de riesgo de falla

Tipo de obra	T	n	Riesgo calculado (%)	Riesgo admisible (%)
Defensa ribereña	140	40	24.93	25

Como se puede observar en la tabla N°28; el riesgo admisible calculado es menor al riesgo admisible establecido por el MTC, por lo que el periodo de retorno elegido es el TR = 140 años para fines de modelamiento hidráulico.

Según Fuentes y Franco (43), el periodo de retorno se clasifica en función a la zona que se desea proteger, por lo que el proyecto trata de una zona agrícola con pobladores, el periodo de retorno correspondiente es de 100 años.

Por lo tanto, se elige el mayor periodo de retorno cuyo valor es de 140 años para fines de diseño.

- **Método racional modificado**

Con este método nos permite estimar el caudal de manera sencilla donde la fórmula aplicada es la (Ec.2.26) prescrita en el marco teórico capítulo II, para el cual se requirió los siguientes datos:

$$Q = 0.278 * CIAK$$

Coeficiente de uniformidad	$K = 1 + \frac{Tc^{1.25}}{Tc^{1.25} + 14}$
K =	1.208
Coeficiente de simultaneidad	$K_A = 1 - \left(\frac{\text{Log}_{10}A}{15}\right)$
Ka =	0.841
Umbral de escorrentía	$Po = \left(\frac{5000}{CN} - 50\right)$
Po =	11.73

Tabla 29. Resultado de los caudales máximos por el método racional modificado

T	Pd	Pcorreg	I	C	K	Q
2	33.53	28.207	6.650	0.250	1.208	135.089
5	41.11	34.576	8.152	0.316	1.208	208.764
10	45.92	38.621	9.105	0.353	1.208	260.610
20	50.42	42.409	9.999	0.385	1.208	312.210
25	51.83	43.598	10.279	0.394	1.208	328.947
50	56.16	47.233	11.136	0.422	1.208	381.635
100	60.42	50.824	11.982	0.448	1.208	435.677
140	62.49	52.561	12.392	0.460	1.208	462.482
200	64.68	54.404	12.826	0.472	1.208	491.339
300	67.18	56.503	13.321	0.485	1.208	524.725

- **Aplicación del modelo HEC HMS**

El programa HEC HMS es un software que nos permite realizar el modelamiento hidrológico, por ello se requiere datos de entrada tales como las precipitaciones, tiempo de concentración y número de curva los cuales ya fueron calculados.

El procedimiento para la aplicación de este modelo es el siguiente:

- Se ingresan los datos geomorfológicos de la cuenca.
- Se ingresan los valores de la precipitación para diferentes duraciones.
- Se definió un periodo de análisis, de acuerdo a los datos de precipitación en intervalos de 15 minutos para 24 horas.

Una vez realizada la simulación para un TR = 140 años se tiene lo siguiente:

- Caudal de diseño para periodo de retorno de 140 años

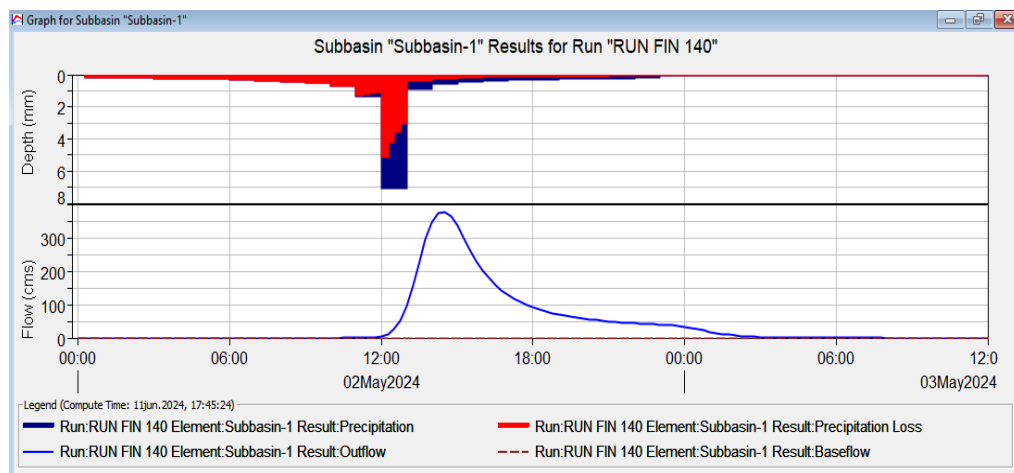


Figura 15: Hietograma de precipitación e hidrograma del caudal máximo para periodo de retorno de 140 años

Project: CAUDAL 140 RIO CHAHUARMA Simulation Run: RUN FIN 140

Start of Run: 02May.2024, 00:00 Basin Model: CUENCA

End of Run: 03May.2024, 12:00 Meteorologic Model: Met 140

Compute Time: 11Jun.2024, 17:45:24 Control Specifications: Control 1

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

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	241.71	376.3	02May.2024, 14:30	22.81
Sink-1	241.71	376.3	02May.2024, 14:30	22.81

Figura 16: Caudal máximo para periodo de retorno de 140 años

El caudal resultando mediante el análisis hidrológico de la cuenca del río Chahuarma con el programa HEC-HMS 4.2 determinó como caudal final de 376.30 m³/seg para un Tr = 140 años respectivamente.

En la tabla 30, se puede observar los resultados de los caudales máximos obtenidos por los dos métodos racional modificado y HEC HMS para los periodos de retorno de 140 años.

Tabla 30. Resultados final de caudales

periodo de retorno (años)	Caudal de diseño (m3/s)	
T	Racional modificado	HEC HMS
140	462.48	376.30

Al realizar la comparación entre los dos métodos podemos observar que al realizar el cálculo con el método racional modificado se sobre estiman los valores el caudal, lo que podría generar un sobrecosto en el diseño de la estructura de contención, por este motivo para esta investigación se va a utilizar los caudales obtenidos mediante el programa Hec Hms ya que generan caudales recomendables para el modelamiento hidráulico en el Hec Ras.

- **Análisis de los parámetros hidráulicos**
- **Cálculo del ancho estable del cauce**

Para la determinación de la sección estable del cauce, existen diferentes métodos que se presentan en la tabla N°31; Todos estos métodos son empíricos y bajo la teoría del régimen estable.

Tabla 31. Métodos para el cálculo de la amplitud del cauce

Métodos	Fórmulas
Blench o Altunin (1941)	$B = 1.81 * \left(\frac{Q * Fb}{Fs}\right)^{1/2}$
Petit (1942)	$B = 4.44 * Q^{1/2}$
Altunin - Manning (1962)	$B = \frac{Q^{1/2} * (n * K^{5/3})^{\frac{3}{3+5m}}}{S^{1/5}}$
Simons Henderson (1976)	$B = k * Q^{1/2}$

- a) Recomendación práctica. Este método está en función directa del caudal según el cuadro siguiente, el ancho estable es 59.58 m.

Recomendación práctica	
Q (M3/S)	Ancho estable (B)
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70

b) Método Petits. La expresión empleada es la siguiente $B=4.44*Q^{(1/2)}$, el ancho es 86.13 m.

c) Método Simons Henderson. Considerando un fondo de arena y orillas de cauce de grava y la expresión indicada, el ancho estable es 56.26 m.

Condiciones de fondo de río	K
Fondo grava y orillas de material cohesivo	4.2
Fondo y orillas de material cohesivo	3.6
Fondo y orillas de grava	2.9
Fondo arena y orillas de material no cohesivo	2.8

d) Método Blench y Altunin. Considerando un factor de fondo (Fb) de 1.2 y un factor de orilla (Fs) de 0.1 y la expresión indicada, el ancho estable es 121.63 m.

Fb	Factor fondo
0.8	Materiales finos ($D_m < 0.50\text{mm}$)
1.2	Materiales gruesos ($D_m > 0.50\text{mm}$)
Fs	Factor de orilla
0.1	Materiales sueltos
0.2	Materiales ligeramente cohesivos
0.3	Materiales cohesivos

e) Método de Manning Strickler. Este método incluye como parámetros de cálculo al coeficiente de rugosidad (n), tipo de material (k) y coeficiente, tomando valores de 0.069, 10 y 0.50 respectivamente, el ancho estable es 72.14 m.

Coficiente	Tipo de material K	Tipo de cauce	Coficiente
3 a 4	Material de cauce muy resistente	Ríos de cauce de montaña	0.5
16 a 20	Material fácilmente erosionable	Rios de cauces arenosos	0.7
8 a 12	Material aluvial	Rios de cauces aluviales	1
10	Valor práctico		

Tabla 32. Resumen de los resultados de la amplitud del cauce

Métodos	B (m)
Recomendación Practica	59.58
Método de Petits	86.13
Método de Simons y Henderson	56.26
Método de Blench y Altunin	121.63
Método de Manning Strickler	72.14
Promedio	79.15

En la tabla N°32 se muestran los resultados obtenidos por los 5 métodos, donde se observa que el valor promedio calculado es un valor muy alto, ya que se realizó un recorrido por la zona de estudio y se apreció que el río tiene un ancho promedio igual a 35 metros, también se corroboró con Google earth así como se ve en la imagen N°17.



Figura 17. Ancho promedio del río Chahuarma – Google Earth.

- **Cálculo del tirante hidráulico**

Para el cálculo del tirante hidráulico, el cual nos permite evaluar la profundidad del agua en la sección de análisis, se utilizó la siguiente fórmula:

$$Y = T = \left(\frac{Q}{K_s * B * S^{1/2}} \right)^{3/5}$$

Datos:

S : 0.02063 m/m

Ks : 33

Q : 376.3 m³/s

B : 35 m

$$Y = \left(\frac{376.3}{33 * 35 * 0.02063^{1/2}} \right)^{3/5}$$

$$Y = 1.63 \text{ m}$$

- **Cálculo de la profundidad de socavación (Hs):**

Para el cálculo de la profundidad de la socavación general se utilizó el método de Lischtvan Levediev, se toma en consideración esta fórmula para cauces naturales y suelos no cohesivos.

$$ts = \left[\frac{a * t^{5/3}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta} \right]^{\frac{1}{x+1}}$$

$$a = \frac{Q}{b_o * t^{5/3}}$$

$$Hs = ts - t$$

Donde:

Dm : Diámetro medio de las partículas de suelo

β : Factor de frecuencia

Hs : Profundidad de socavación

a : Coeficiente de sección dependiente de las características hidráulicas

t : Profundidad

Q : Caudal

X : Parámetro dependiente del diámetro del material

Tabla 33. Coeficiente β por periodo de retorno

Factor de frecuencia		
Periodo de retorno (Tr)	Probabilidad de retorno (%)	Coeficiente (β)
2	50	0.82
5	20	0.86
10	10	0.9
20	5	0.94
50	2	0.97
100	1	1.00
140	0.87	1.01
300	0.33	1.03
500	0.2	1.05
1000	0.1	1.07

Tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (20)

Tabla 34. Selección de x según el tipo de suelo

Peso específico t/m ³	Suelos cohesivos (t/m ³)		Suelos no cohesivos (mm)		
	x	1(x+1)	Dm(mm)	x	1(x+1)
0.80	0.52	0.66	0.05	0.43	0.7
0.83	0.51	0.66	0.15	0.42	0.7
0.86	0.50	0.67	0.5	0.41	0.71
0.88	0.49	0.67	1	0.4	0.71
0.90	0.48	0.68	1.5	0.39	0.72
0.93	0.47	0.68	2.5	0.38	0.72
0.96	0.46	0.68	4	0.37	0.73
0.98	0.45	0.69	6	0.36	0.74
1.00	0.44	0.69	8	0.35	0.74
1.04	0.43	0.70	10	0.34	0.75
1.08	0.42	0.70	15	0.33	0.75
1.12	0.41	0.71	20	0.32	0.76
1.16	0.40	0.71	25	0.31	0.76
1.20	0.39	0.72	40	0.3	0.77
1.24	0.38	0.72	60	0.29	0.78
1.28	0.37	0.73	90	0.28	0.78
0.34	0.36	0.74	140	0.27	0.79
1.40	0.35	0.74	190	0.26	0.79
1.46	0.34	0.75	250	0.25	0.8
1.52	0.33	0.75	310	0.24	0.81
1.58	0.32	0.76	370	0.23	0.81
1.64	0.31	0.76	450	0.22	0.82
1.71	0.30	0.77	570	0.21	0.83
1.80	0.29	0.78	750	0.2	0.83
1.89	0.28	0.78	1000	0.19	0.84
2.00	0.27	0.79			

Tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (20)

$$a = \frac{376.30}{35 * 0.90 * 2.54^{\frac{5}{3}}} = 2.52$$

$$ts = \left(\frac{2.52 * 0.41 * 1.63^{\frac{5}{3}}}{0.68 * 0.5^{0.28} * 1.01} \right)^{0.71} = 2.74m$$

$$Hs = 2.74 - 1.63 = 1.11 m \approx 1.20 m$$

- **Aplicación del modelo HEC RAS**

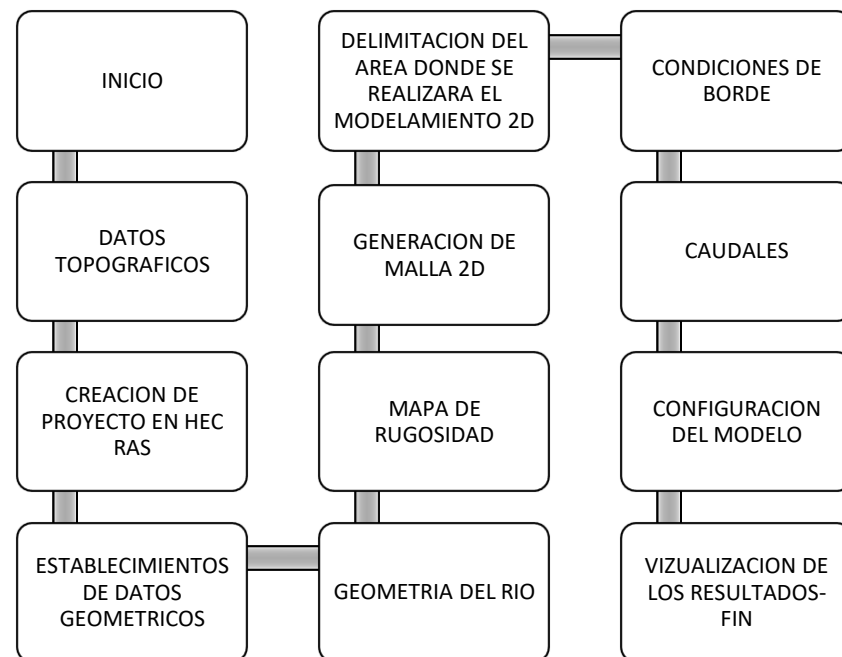


Figura 18. Metodología para el modelamiento hidráulico con Hec Ras (30).

- **Cuantificación del área inundable (mapa de inundaciones)**

Para la modelación bidimensional dimos uso al manual de usuario de HEC-RAS de (30) en su versión 6.1 y el Manual de Aplicación HEC-RAS2D elaborado por Campos et al (44).

Para cuantificar el área inundable usaremos los parámetros geomorfológicos y análisis hidrológicos calculados anteriormente.

- **Creación de la geometría 2D**

Para realizar la modelación bidimensional del cauce contamos con el Modelo Digital de Elevación (DEM) en formato TIN que previamente fue editada Arc Gis 10.3.

Empezamos generando un nuevo proyecto (Figura 19) y configuramos el sistema de unidades a (Metric System), luego abrimos la ventana de RAS Mapper, luego insertamos el DEM en la ventana RAS Mapper, georreferenciamos el terreno corresponde al Sistema Geodesico Mundial de 1984 en el sistema de coordenadas universal transversal de Mercator en la zona 18 sur (WGS_1984_UTM_Zona_18S).

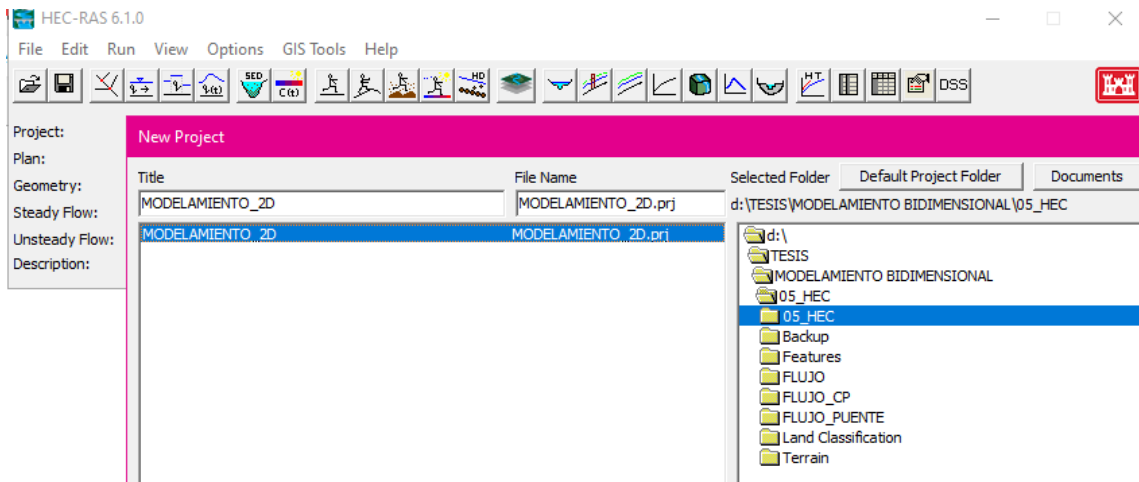


Figura 19. Creación de nuevo proyecto en HEC RAS 6.1.0

En “Create New RAS Terrain” y en la ventana emergente insertamos el DEM en formato tiff. HEC-RAS crea automáticamente la superficie del terreno donde se puede notar las elevaciones, luego pasamos a crear la geometría 2D (Figura 20).

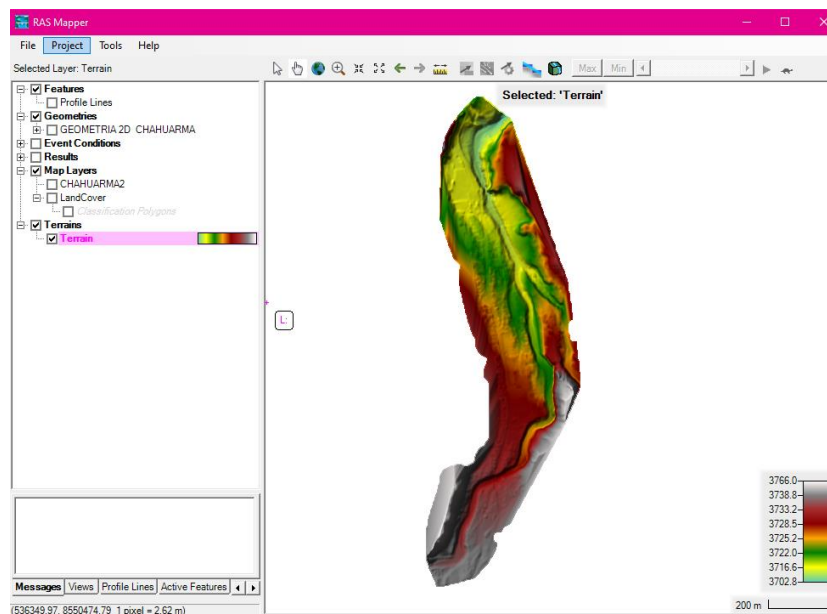


Figura 20. Figura del DEM del centro poblado de Chahuarma procesado e insertado en el software Hecras

Previo a la creación del mapa de uso de suelos, que consiste en digitalizar e identificar los usos de los suelos de la zona de estudio. Luego se le asigno los valores de rugosidad correspondientes (el procedimiento previo fue desarrollado en ArcGIS 10.3).

Se importa el mapa de uso de suelos en “Map Data Layers, la información a importar debe estar en formato Shapefile con sus respectivos valores rugosidades de acuerdo al uso de suelos (ver Figura 21).

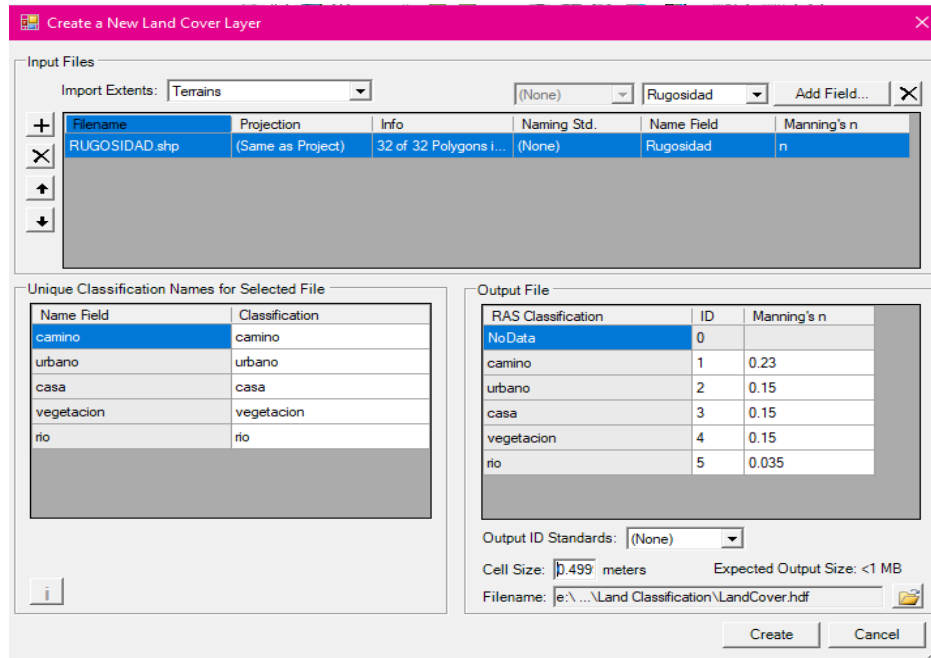


Figura 21. Importación del mapa de uso de suelos RAS Mapper

- **Generación de la malla de cálculo**

La malla de cálculo es el área donde se realizó la simulación hidrodinámica, es decir, el área de inundación ocasionada por el desborde del río que se analizó en la zona de estudio. Esta área de inundación de cálculo es definida en Geometries 2D Flow Areas (Figura 22).

Luego de haber delimitado el área de inundación se genera la malla de cálculo dentro del área de inundación donde el tamaño en ambas direcciones (x e y) es de 5 metros (Figura 23). Además, se realiza un refinamiento en la región de inundación con tamaño de la celda para ambas direcciones de 2 metros (2x2 metros).

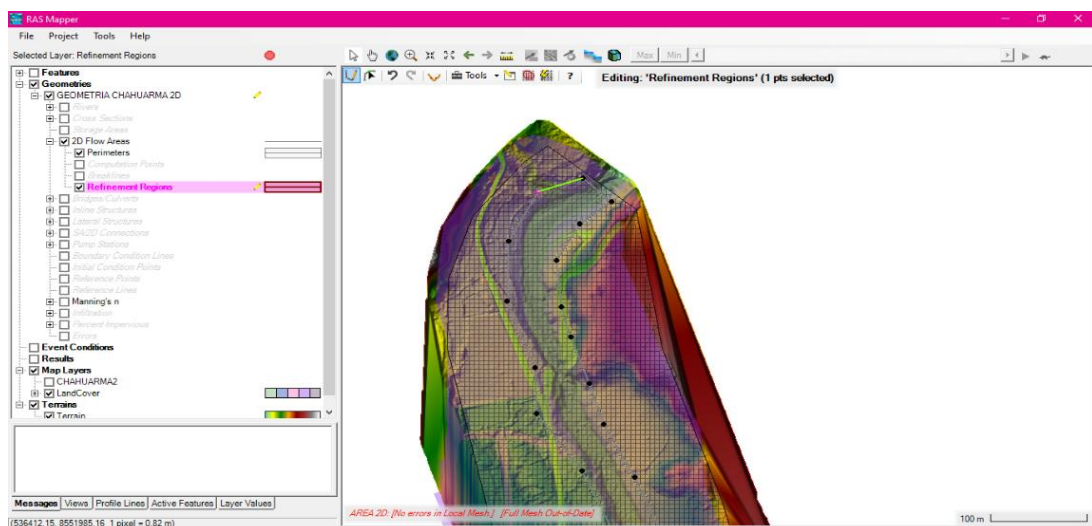


Figura 22. Delimitación del Área de trabajo RAS Mapper

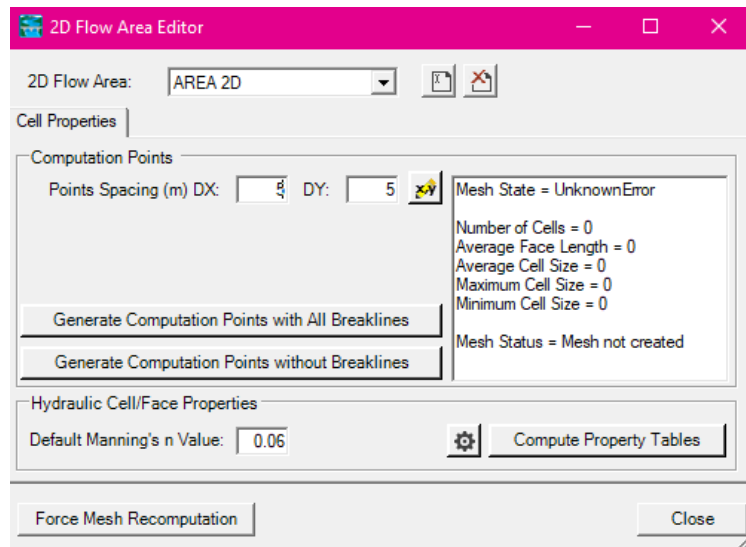


Figura 23. Espaciamento en las direcciones X y Y para generar las celdas

4.3.1.3 Generación de las condiciones de borde

Las condiciones de borde para un flujo inestable son especificadas con trazos en los bordes de la malla de la geometría, ello se realiza en la opción Boundary Condition Lines con las siguientes características: río aguas arriba (caudal de entrada) y río aguas abajo (caudal de salida).

Introducimos los datos hidráulicos para flujo no permanente. Para la condición de contorno de entrada seleccionamos como información de ingreso el hidrograma diseño TR de 140 años. Para la condición de contorno de salida se coloca el valor de la pendiente el cual es 0.02063 m/m (figura 24).

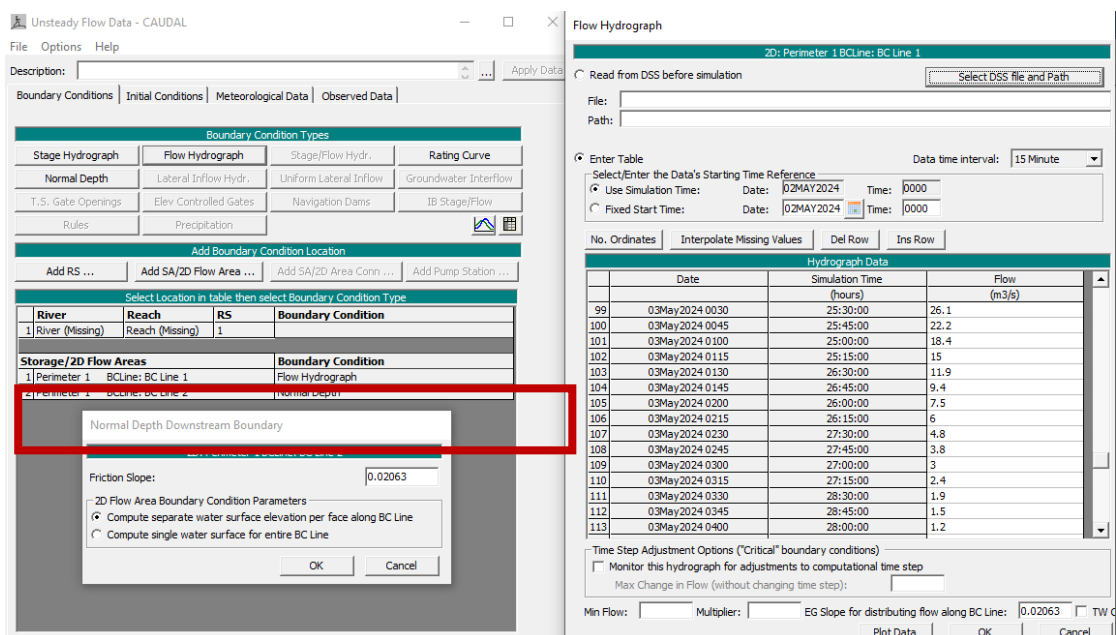


Figura 24. Condición de entrada de flujo en HEC-RAS 2D

Debido a que el río Chahuarma tiene una gran cantidad de irregularidades en su base a lo largo del tramo de estudio, se tomó como pendiente el promedio de pendientes a lo largo del río. En la Figura 25 se puede observar el perfil longitudinal del cauce del río Chahuarma obtenida de RAS Mapper.

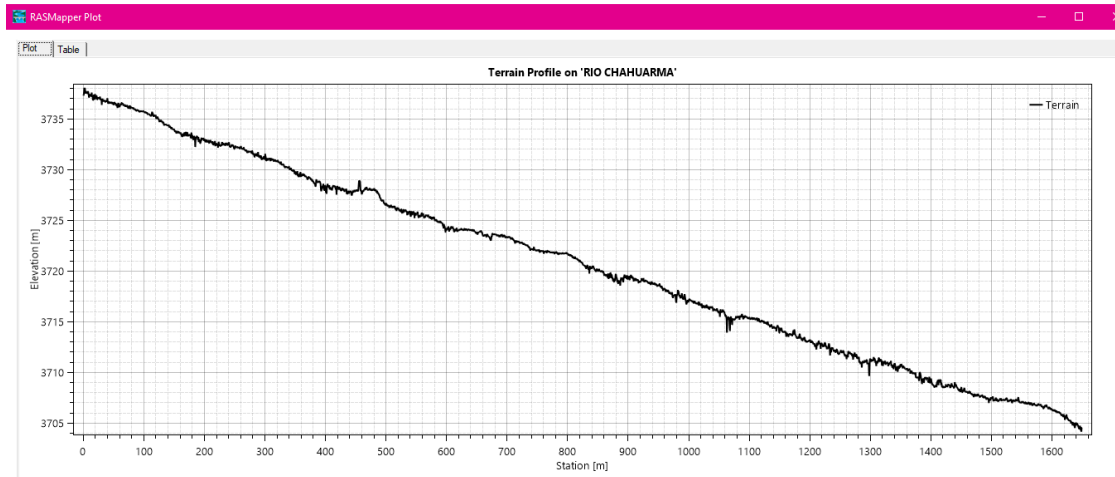


Figura 25. Perfil longitudinal del tramo Rio Chahuarma

Para realizar la simulación hidráulica 2D del cauce para flujo no permanente creamos un plan (figura 26), enseguida elegimos un intervalo de computación de cálculo de modelación de 1 minuto y el intervalo del hidrograma de salida es de 15 minutos.

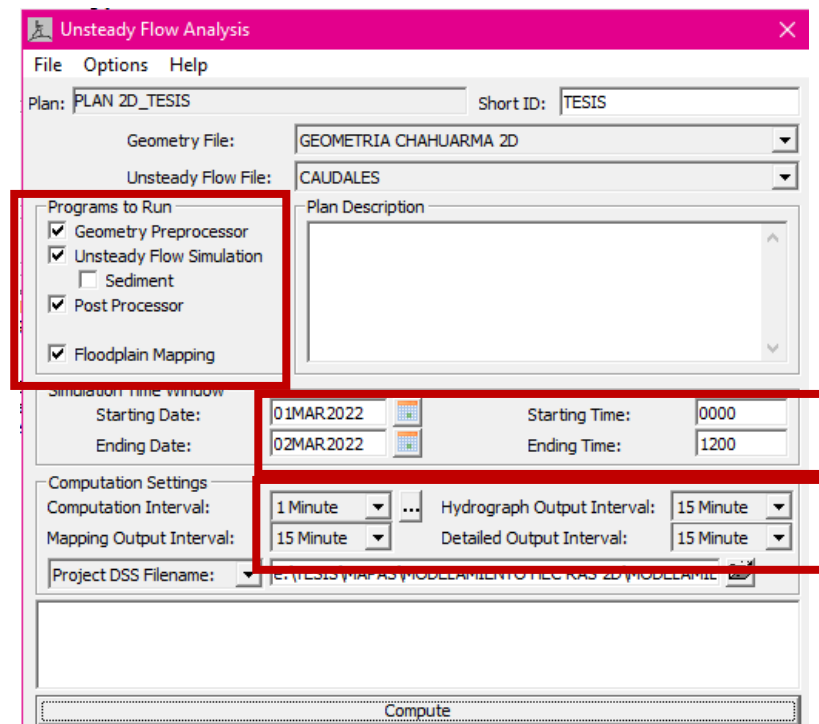


Figura 26. Plan para la simulación de la inundación del modelo de flujo no permanente en HEC-RAS

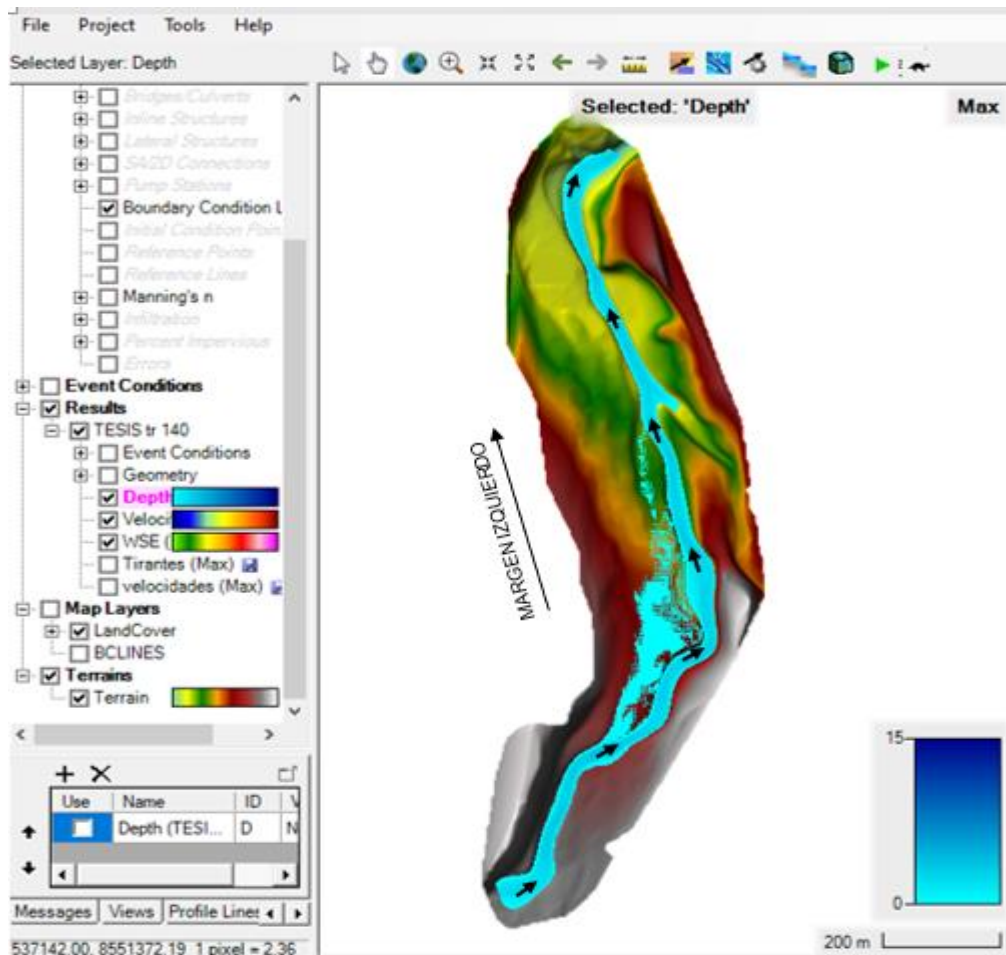


Figura 27. Modelamiento Hec Ras para Tr=140 años

En la figura 27 se observa el resultado de la simulación 2D del río Chahuarma, como se puede ver, el margen izquierdo tiene mayor área de inundación donde se observa la afectación a: plaza principal, la municipalidad, colegios, centro de salud, carretera y viviendas familiares.

A partir de los resultados de la modelación hidráulica, se utilizan dos de las variables: el tirante de agua (m.) y la velocidad (m/s), se optó por utilizar el tirante asociado a la velocidad para la clasificación de las áreas inundables asociados a los niveles de peligrosidad de acuerdo a tabla 9 (Estratificación de los niveles de peligro) descrita en el marco teórico, capítulo II. Presentada nuevamente a continuación:

Bandas		Velocidad (m/s)						
		0-0.25	0.25-0.5	0.5-0.75	0.75-1	1-1.5	>1.5	
		1	2	3	5	8	13	
Tirante (m)	0-0.2	1	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alta	Extremo
	0.2-0.5	2	Bajo	Medio	Medio	Alto	Muy Alta	Extremo
	0.5-1	3	Medio	Medio	Alto	Alto	Muy Alta	Extremo
	1-1.5	5	Alto	Alto	Alto	Muy Alta	Muy Alta	Extremo
	1.5-2	8	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Extremo	Extremo
	>2	13	Extremo	Extremo	Extremo	Extremo	Extremo	Extremo

4.3.2 Estimación de los tirantes de flujo por caudales máximos para periodos de retornos de diseño.

Para estimar los tirantes de flujo de las zonas inundables se realiza mediante el software Hec Ras, con la misma información ya obtenida en el ítem anterior donde se obtuvo el caudal de diseño para el periodo de retorno de 140 años.

Una vez realizado el modelamiento se obtuvo el mapa de tirantes.

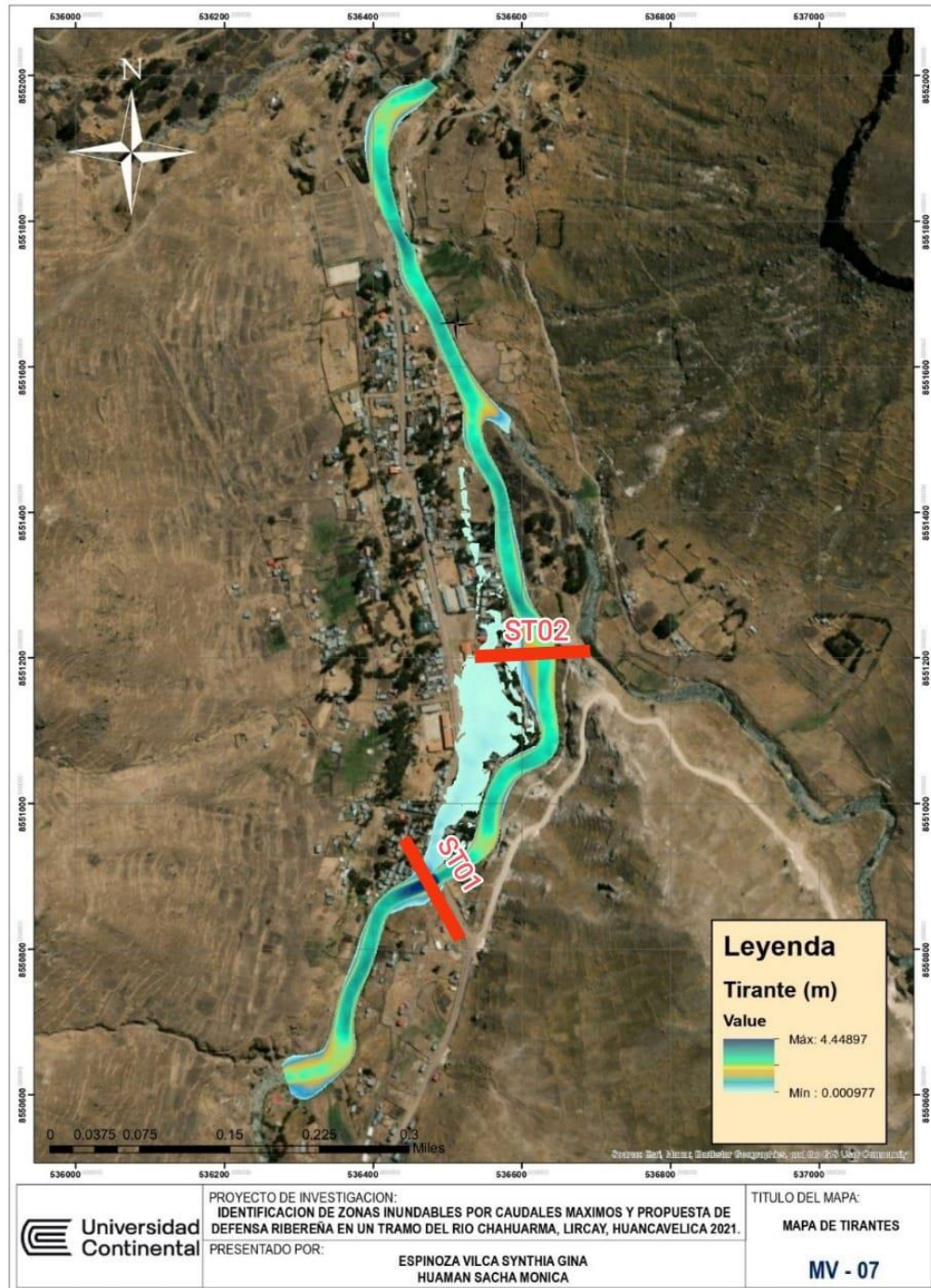


Figura 28. Mapa de tirantes en la zona de estudio TR=140 años

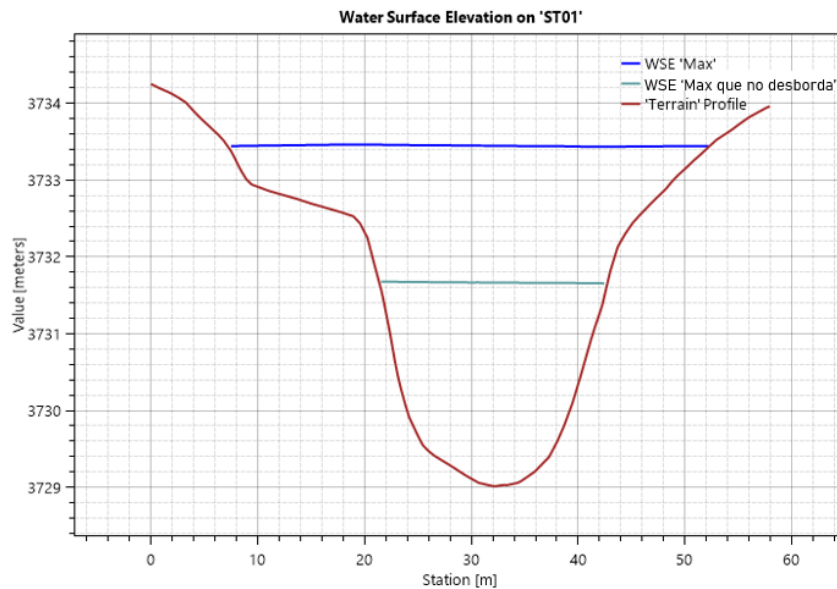


Figura 29. Sección transversal ST01

En la figura 29 se observa la sección transversal ST01 del río Chahuarma, con una lámina de agua que alcanza una altura de 4.20 m, el cual causa inundación en ese tramo. No está demás mencionar o establecer el caudal máximo de flujo de agua en el río que no causa desborde, cuyo valor es de 115.50 m³/s según el hidrograma del modelamiento en HEC RAS, obteniendo también un tirante de 2.45 m en dicha sección.

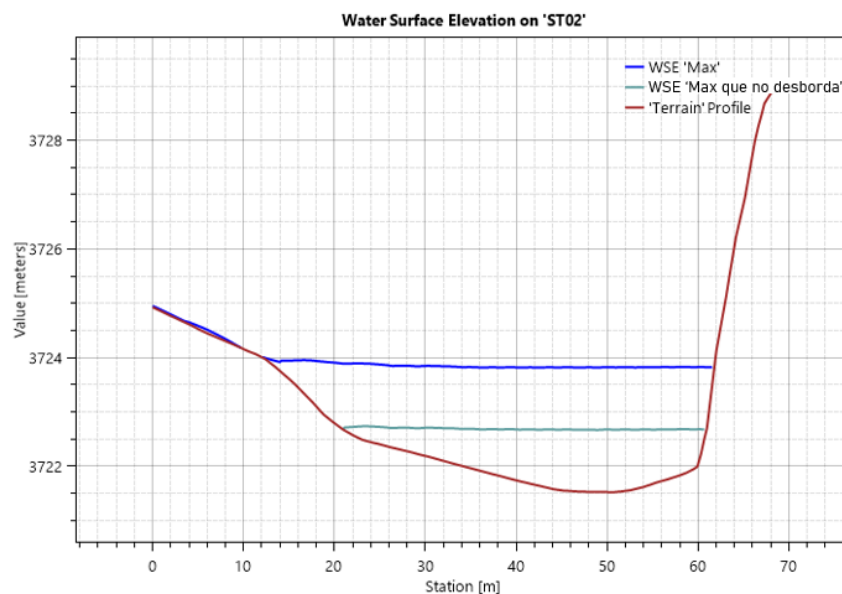


Figura 30. Sección transversal ST02

En la figura 30 se observa la sección transversal del río Chahuarma en la zona de inundación ST02, con una lámina de agua que alcanza una altura de 2.48 m el cual causa inundación en ese tramo. No está demás mencionar o establecer el caudal máximo de flujo de agua en el río que no causa desborde, cuyo valor es de 115.50 m³/s según el hidrograma del modelamiento en HEC RAS, obteniendo también un tirante de 1.15 m en dicha sección.

4.3.3 Estimación de las velocidades del flujo por caudales máximos para periodo de retorno de diseño

Para estimar las velocidades de flujo de las zonas inundables se realiza mediante el software Hec Ras, con la misma información ya obtenida en el ítem anterior donde se obtuvo el caudal de diseño para el periodo de retorno de 140 años.

Una vez realizado el modelamiento se obtuvo el mapa de velocidades.

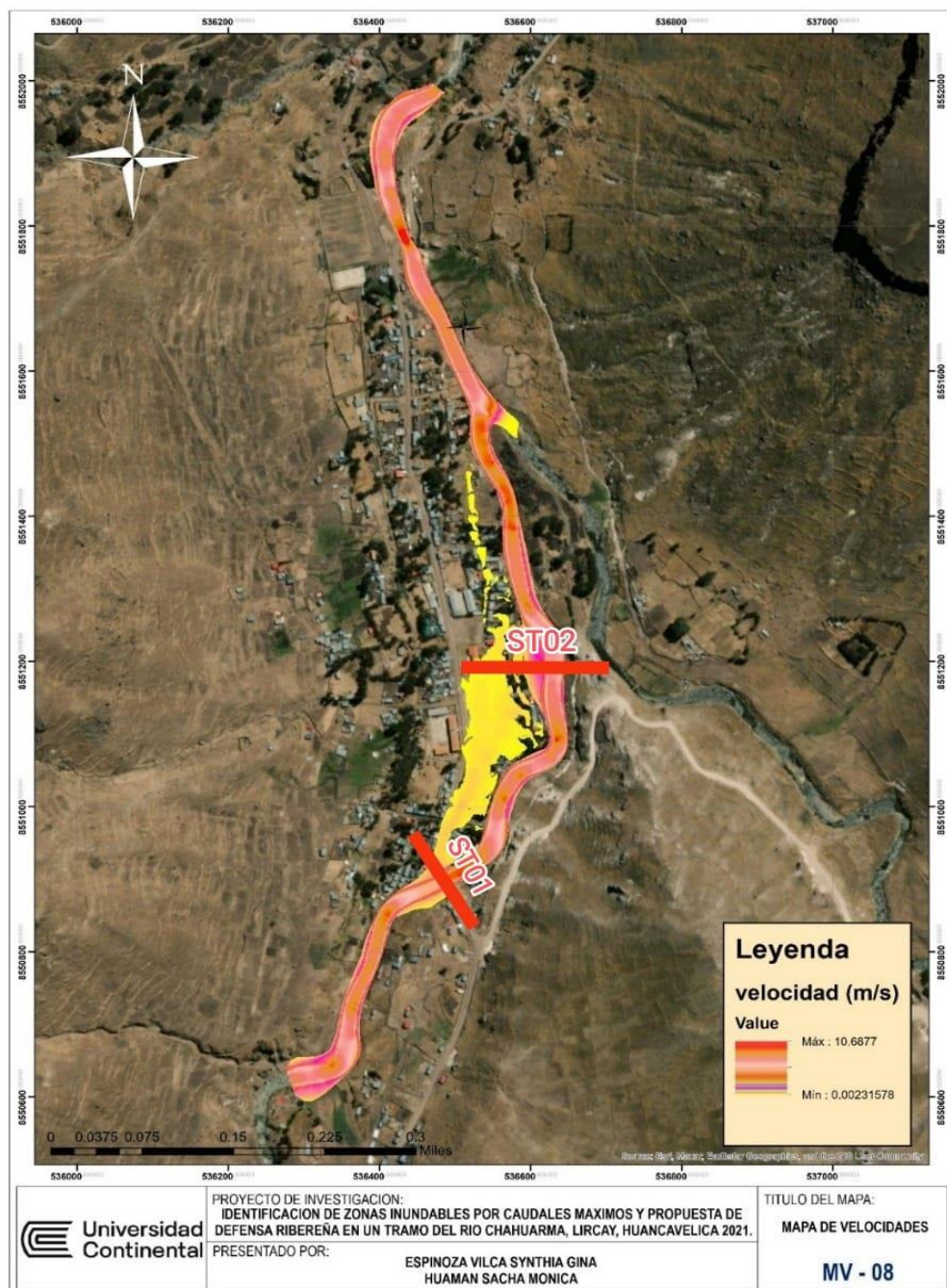


Figura 31. Mapa de Velocidad en la zona de estudio TR=140 años.

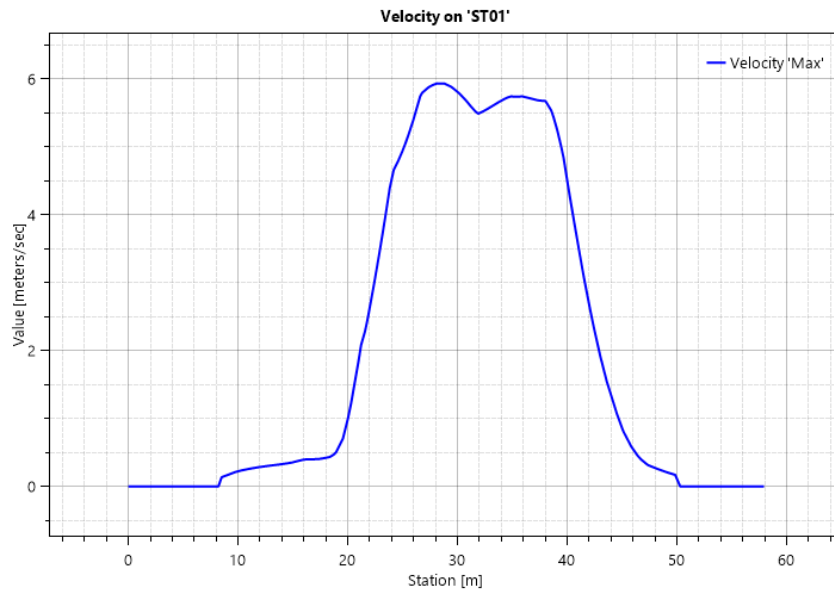


Figura 32. Velocidad en la sección transversal ST01

En la figura 32 se muestra los resultados de la sección transversal ST01, con una velocidad que alcanza a un $5.93 \text{ m}^2/\text{s}$.

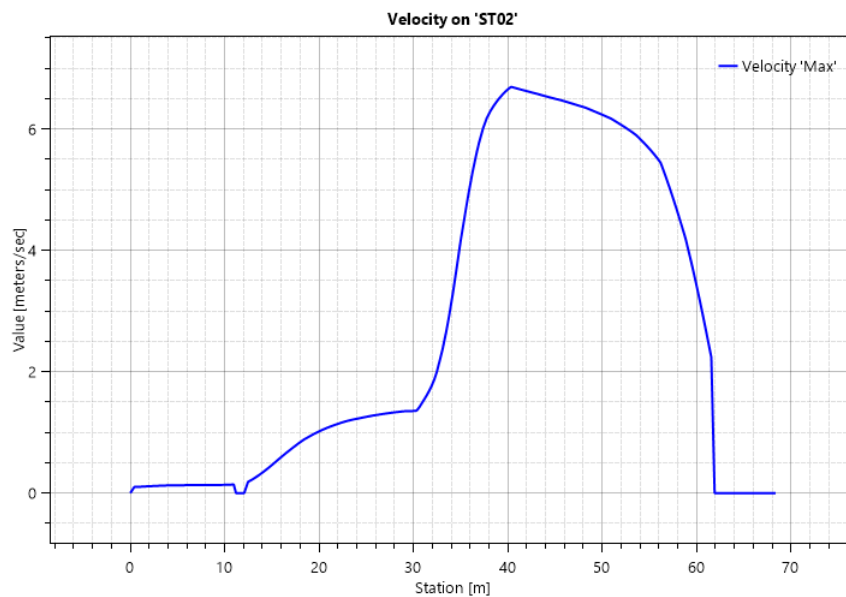


Figura 33. Velocidad en la sección transversal ST02

En la figura 33 se muestra los resultados de la sección transversal ST02, con una velocidad que alcanza a un $6.70 \text{ m}^2/\text{s}$.

4.3.4 Identificación de las zonas inundables por caudales máximos y propuesta de defensa ribereña

En la figura 34 se muestra las zonas de inundación de los niveles máximos del agua producidos por la creciete de diseño para TR de 140 años, en donde se identifican 5 zonas críticas afectadas por la creciete del río.

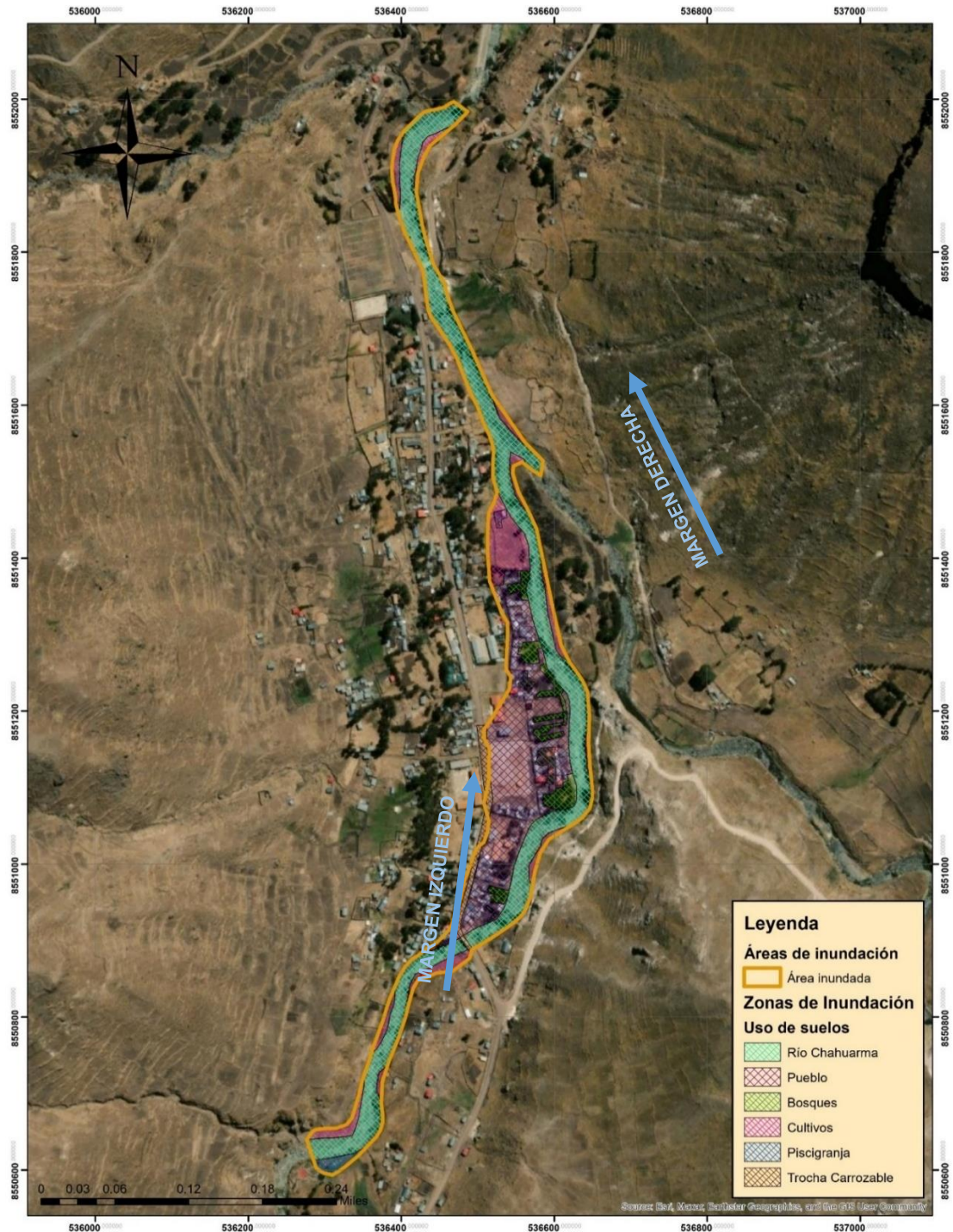


Figura 34: Identificación de las zonas inundables en la zona de estudio para $Tr = 140$ años.
Fuente: Procesamiento en Arc-Gis.

4.4 Resultados

4.4.1 Resultados de la cuantificación de área inundable por caudales máximos para el periodo de retorno de diseño

La determinación de las áreas inundables en el modelamiento bidimensional de HEC RAS 6.1.0 en el instante que alcanza la máxima inundación para el periodo de retorno de 140 años, se muestran en la tabla 35. Asimismo, los planos obtenidos de dicho modelamiento se muestran en el (anexos 8, mapa 6).

Tabla 35. Tabla de cuantificación de área inundable asociado a los niveles de peligrosidad para $Tr=140$ años

Periodo de retorno	Cuantificación del área inundable (m ²)					Total (m ²)
	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	Extremo	
Tr= 140 años	16,843	2,187	1,621	1,387	30,944	52,982

• Interpretación de resultados

La tabla 35 muestra la cuantificación del área inundable asociado a los niveles de peligrosidad en el centro poblado de Chahuarma. Según la simulación con HEC-RAS 2D el área inundable para $Tr=140$ años con un nivel bajo de peligrosidad, se tiene 16,843 m² de área inundada, el nivel medio es de 2,187 m², nivel alto es de 1,621 m², nivel muy alto es de 1,387 y por último en el nivel extremo el área es de 30.944 m²; haciendo un total de 52,982 m².

4.4.2 Resultados de la estimación de los tirantes de flujo por caudales máximos para el periodo de retorno de diseño

Los resultados obtenidos del modelamiento hidráulico para escenarios de máximas avenidas de $Tr=140$ años respectivamente, Apreciándose los tirantes alcanzados en el cauce del río Chahuarma en la tabla 36. Asimismo, los planos obtenidos de dicho modelamiento se muestran en el (anexos 8, mapa 7).

Tabla 36. Resultados de tirantes de flujo para $Tr=140$ años

Periodo de Retorno (años)	Sección Transversal	Caudal de Diseño (m ³ /s)	Tirante Alcanzado (m)
140	ST01	376.30	4.20
140	ST02	376.30	2.48

- **Interpretación de resultados**

La tabla 36 muestra los tirantes alcanzados en el cauce del río Chahuarma para un análisis de máximas avenidas de $Tr=140$ años y un caudal máximo del hidrograma de ingreso de $376.30 \text{ m}^3/\text{s}$. Se obtuvo de acuerdo al modelamiento hidráulico los valores de tirantes iguales a 4.45 y 2.48 m , en las secciones ST01 y ST02 respectivamente.

4.4.3 Resultados de la estimación de las velocidades del flujo por caudales máximos para periodo de retorno de diseño

Los resultados obtenidos del modelamiento hidráulico para escenarios de máximas avenidas de $Tr=140$ años respectivamente, Apreciándose la velocidad máxima alcanzado en el cauce del río Chahuarma en la tabla 37. Asimismo, los planos obtenidos de dicho modelamiento se muestran en el (anexos 8, mapa 8).

Tabla 37. Resultados de velocidades de flujo para $tr = 140$ años

Periodo de Retorno (años)	Sección Transversal	Caudal máximo (m^3/s)	Velocidad alcanzada (m)
140	ST01	376.30	5.93
140	ST02	376.30	6.70

- **Interpretación de resultados**

La tabla 37 muestra las velocidades alcanzadas en el cauce del río Chahuarma para un análisis de máximas avenidas de $Tr=140$ años y un caudal máximo del hidrograma de ingreso de $376.30 \text{ m}^3/\text{s}$. Se obtuvo de acuerdo al modelamiento hidráulico un valor de velocidades alcanzadas iguales a 5.93 m/s y 6.70 m/s en las secciones ST01 y ST02 respectivamente.

4.4.4 Identificación de las zonas inundables por caudales máximos y propuesta de defensa ribereña

A continuación, se muestran la cuantificación de las zonas inundables que son afectadas debido al desbordamiento del río ocasionado por caudales máximos para un periodo de retorno de 140 años, según la simulación en HEC RAS. (anexos 8, mapa 9).

Tabla 38. Zonas inundables para periodos de retorno de 140 años

Zona	Caudal máximo (m^3/s)	Área inundada (m^2)
Pueblo	376.30	28,091.00
Bosques		5,268.00
Cultivos		11,479.00
Piscigranja		905.00
Trocha		2,404.00

- **Interpretación de los resultados**

La tabla 38 muestra la zonificación de las áreas inundables que se ven afectadas por el desbordamiento del río ocasionada por los caudales máximos de 376.30 m³/s en la simulación con HEC-RAS. Se encontró que 28,091.00 m² del área del pueblo, 5,268.00 m² del área de bosques, 11,479.00 m² del área de cultivos, 905.00 m² del área de la piscigranja, 2,404.00 m² del área de la trocha carrozable se ven afectadas.

En consecuencia, en una avenida máximas el río podría afectar y poner en riesgo la vida de los pobladores residentes en las zonas mencionadas. Por lo que se plantea la construcción de defensa ribereña (gaviones, muro de gravedad y muro de concreto armado), los mismos que ayudarán a mitigar los riesgos que puedan existir en dicho centro poblado.

- **4.4.5 Propuesta de defensa ribereña**

- **Gaviones**

En la figura 35 se puede observar las dimensiones del gavión como protección para las zonas más vulnerables; para lo cual se analizó la información del estudio de suelos que corresponde a la clasificación SUCS del suelo en el sector de análisis, así como la capacidad portante, de lo que se sabe que el suelo es una arena limosa con grava (SM) y el esfuerzo admisible del suelo es de 4.56 kg/cm². Los detalles de los cálculos se muestran en el anexo 8.

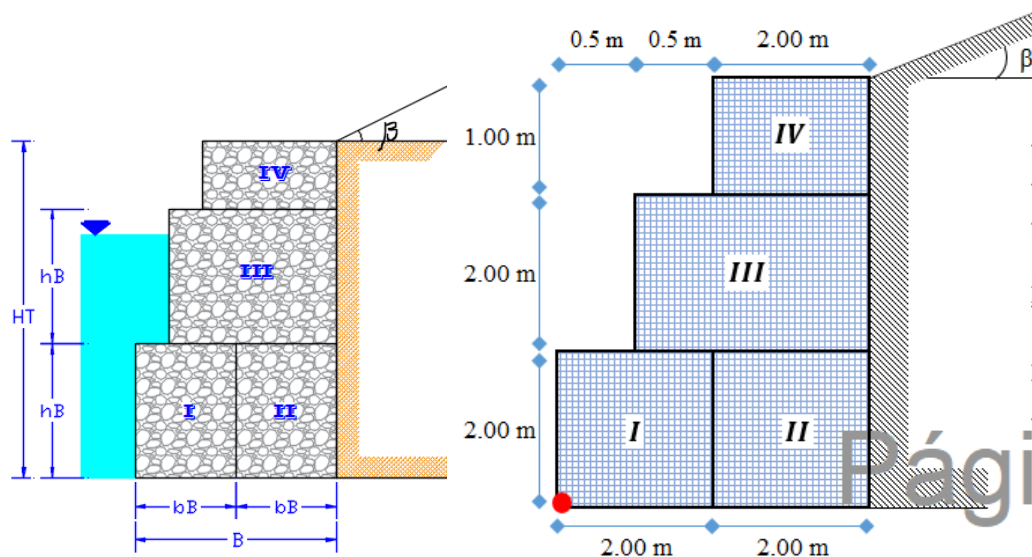


Figura 35. Predimensionamiento de los componentes del muro de contención por gravedad

a) Cálculo del empuje activo

➤ Empuje activo y pasivo: (E_a y E_p)

Tabla 39. Cálculo del empuje activo y pasivo

Empuje activo			Empuje pasivo		
Ka	=	0.34	Kp	=	2.90
Ea	=	8.40 tn	Ep	=	1.08 tn
Y	=	1.67 m	Y	=	0.83 m

b) Cálculo de las fuerzas y momentos resistentes**Tabla 40. Cálculo de las fuerzas y momentos resistentes.**

Fig.	Tipo	Área (m ²)	Peso unitario	Peso parcial	Brazo x (m)	Momento (t-m)
I	Gavión	4.000	1.95 tn/m ³	7.80 t/m	1.000	7.80
II	Gavión	4.000	1.95 tn/m ³	7.80 t/m	3.000	23.40
III	Gavión	5.000	1.95 tn/m ³	9.75 t/m	1.750	17.06
IV	Gavión	2.000	1.95 tn/m ³	3.90 t/m	2.000	7.80
			Σ =	29.25 t/m	Σ =	56.10

c) Análisis de las fuerzas y momentos actuantes

- $M_A = 8.404 \text{ tn} * 1.667 \text{ m}$
 $M_A = 14.01 \text{ tn} - \text{m}$
- $M_p = 1.08 \text{ tn} * 0.83 \text{ m}$
 $M_p = 0.90 \text{ tn} - \text{m}$

d) Verificaciones**Tabla 41. Factores de seguridad calculados.**

Condiciones estáticas	
Factor de seguridad	Condición
FSD = 1.69 es mayor que 1.50	Cumple
FSV = 4.07 es mayor que 2	Cumple
Qadm = 1.31 kg/cm ² es menor que 1.52 kg/cm ²	Cumple
Qadm = 0.15 kg/cm ² es menor que 1.52 kg/cm ²	Cumple

Fuente: Elaboración propia

- **Muro de gravedad**

En la figura 36 se puede observar las dimensiones de los componentes del muro de contención por gravedad como protección para las zonas más vulnerables; para lo cual se analizó la información del estudio de suelos que corresponde a la clasificación SUCS del suelo en el sector de análisis, así como la capacidad portante, de lo que se sabe que el suelo es una

arena limosa con grava (SM) y el esfuerzo admisible del suelo es de 4.56 kg/cm^2 . De este último valor, se puede hacer la comprobación de los esfuerzos en el terreno generados por las cargas del peso propio, del relleno y la sobrecarga. Los detalles de los cálculos se muestran en el anexo 7.

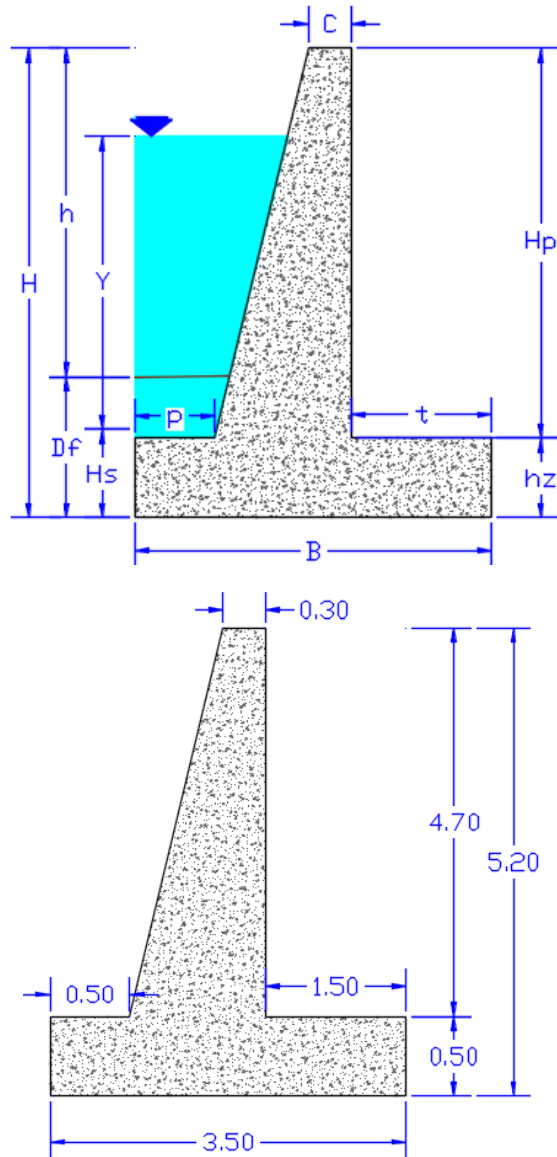


Figura 36. Predimensionamiento de los componentes del muro de contención por gravedad.

a) Cálculo de fuerzas

➤ Empuje activo y pasivo: (Ea y Ep)

Tabla 42. Cálculo del empuje activo y pasivo

Empuje activo		Empuje pasivo	
Ka	= 0.34	Kp	= 2.90
Ea	= 9.09 tn	Ep	= 9.06 tn
Y	= 1.73 m	Y	= 0.83 m

➤ Cálculo de fuerzas y momentos

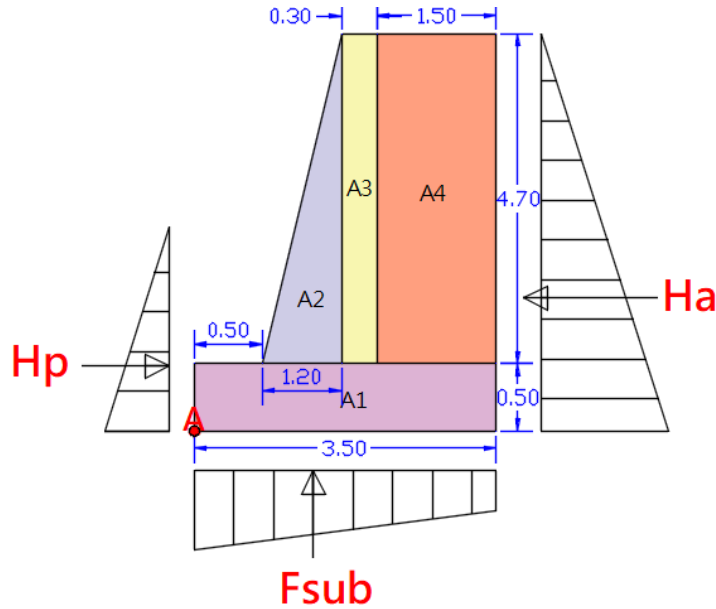


Figura 37. Diagrama de fuerzas respecto al punto A

Tabla 43. Cálculo del momento estabilizador y de volteo

Código	Pi(tn)	Brazo xi(m)	Mi(tn-m)	Código	Pi(tn)	Brazo xi(m)	Mi(tn-m)
1	3.85	1.75	6.74	Eact. horiz.	9.09	1.73	15.75
2	6.20	1.30	8.07	$\Sigma F_{HORIZ} =$	9.09	M volteo =	15.75
3	3.10	1.85	5.74				
4	13.75	2.75	37.81				
Eact. Vert.	0.00	2.75	0				
S/C	0.00	3.05	0				
$\Sigma F_{VERT} =$	26.90	M ESTABILIZ. =	58.35				

b) Verificaciones

Es importante verificar los factores de seguridad frente al desplazamiento horizontal (1.5) y al volteo (2), nuestros valores calculados tienen que ser mayores a los ya mencionados. Además, los esfuerzos presentes en la base del muro tienen que ser menores al esfuerzo admisible del terreno, de lo contrario se debería aumentar la base para la mejor distribución de esfuerzos.

Tabla 44. Factores de seguridad calculados.

Condiciones estáticas	
Factor de seguridad	Condición
FSD = 2.65 es mayor que 1.50	Cumple
FSV = 3.64 es mayor que 2	Cumple

c) Estabilidad de la estructura por subpresión

La subpresión es la fuerza ascendente ocasionada por el flujo del agua, el cual se aplica en la base de la estructura, actuando de abajo hacia arriba, reduciendo el peso efectivo de la estructura.

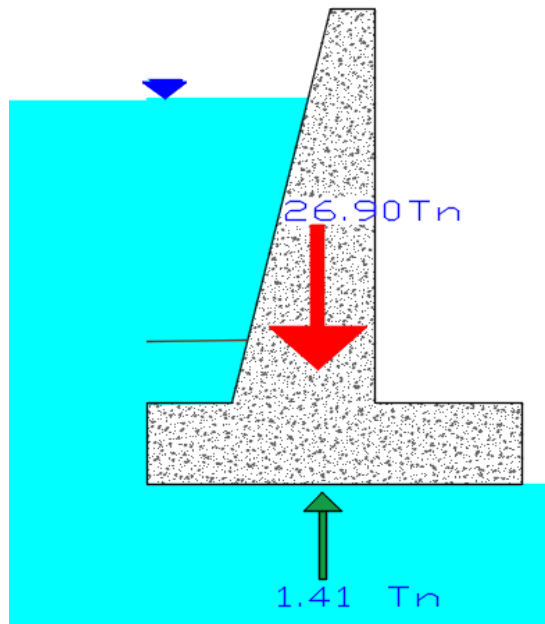


Figura 38. Efecto de la subpresión en el muro de gravedad

En la figura N° 38 se muestra la subpresión ejercida por la fuerza ascendente del agua ($F = 1.41 \text{ Tn}$), el cual estas fuerzas deben ser menor al peso total del muro de gravedad ($F = 26.90 \text{ Tn}$), demostrando que la estructura se comporta de manera estable frente a la fuerza resultante producida por la subpresión.

- **Muro de concreto armado**

En la figura 39 se puede observar las dimensiones de los componentes del muro de concreto armado por gravedad como protección para las zonas más vulnerables; para lo cual se analizó la información del estudio de suelos que corresponde a la clasificación SUCS del suelo en el sector de análisis, así como la capacidad portante, de lo que se sabe que el suelo es una arena limosa con grava (SM) y el esfuerzo admisible del suelo es de 4.56 kg/cm^2 . Los detalles de los cálculos se muestran en el anexo 7.

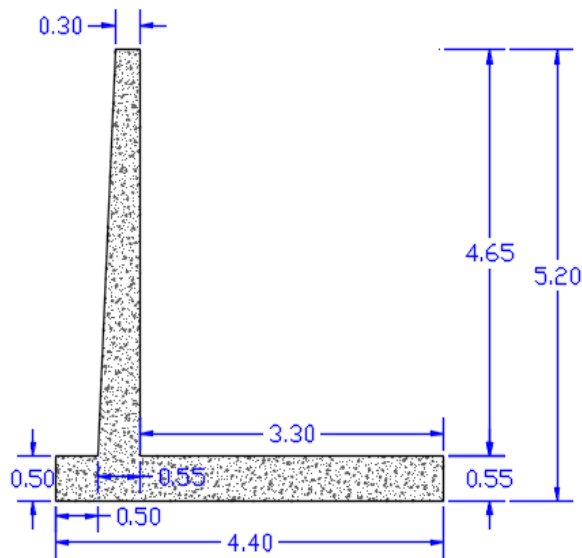
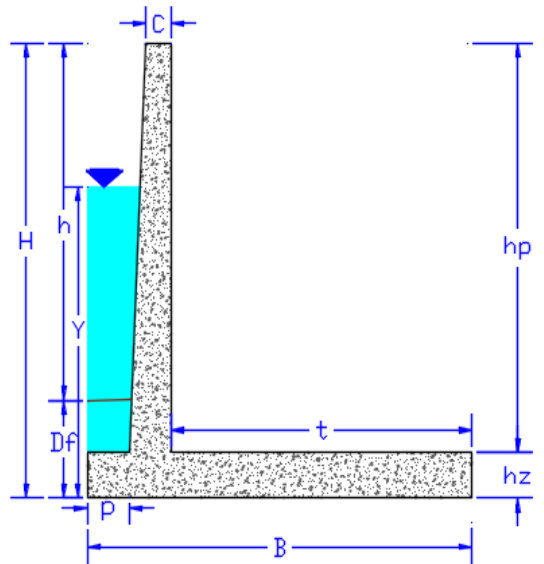


Figura 39. Predimensionamiento de los componentes del muro de contención de concreto armado

a) Cálculo de fuerzas

- Empuje activo y pasivo: (E_a y E_p)

Tabla 45. Cálculo del empuje activo y pasivo

	Empuje activo		Empuje pasivo		
K_a	=	0.34	K_p	=	2.90
E_a	=	9.09 tn	E_p	=	9.06 tn
Y	=	1.73 m	Y	=	0.83 m

Nota: El cálculo del empuje pasivo ya que no se garantiza la conservación de los materiales.

- Cálculo de fuerzas y momentos

Tabla 46. Cálculo del momento estabilizador y de volteo

Código	Pi(tn)	Brazo xi(m)	Mi(tn-m)	Código	Pi(tn)	Brazo xi(m)	Mi(tn-m)
1	5.81	2.2	12.78	E _{act. horiz.}	9.09	1.73	15.75
2	1.40	0.72	1.00	Σ F _{HORIZ.} =	9.09	M volteo=	15.75
3	3.35	0.95	3.18				
4	29.92	2.75	82.29				
E _{act. Vert.}	0.00	2.75	0				
S/C	0.00	3.05	0				
Σ F _{VERT.} =	40.47	M ESTABILIZ. =	99.25				

b) Verificaciones

Es importante verificar los factores de seguridad frente al desplazamiento horizontal (1.5) y al volteo (2), nuestros valores calculados tienen que ser mayores a los ya mencionados.

Tabla 47. Factores de seguridad calculados.

Condiciones estáticas	
Factor de seguridad	Condición
FSD = 3.48 es mayor que 1.50	Cumple
FSV = 6.78 es mayor que 2	Cumple
Qadm = 6.47 t/m ² es menor que 15.2 t/m ²	Cumple

c) Estabilidad de la estructura por subpresión

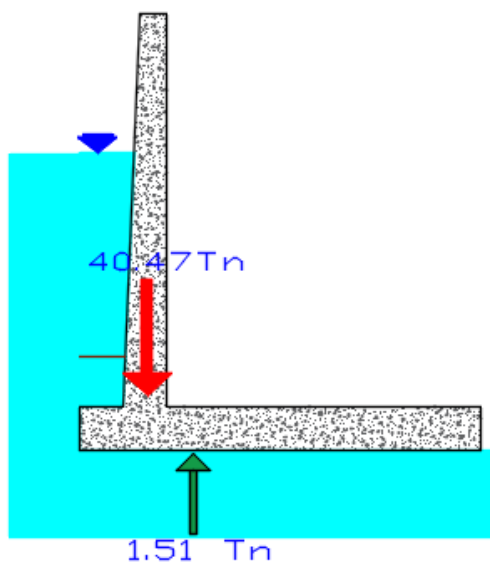


Figura 40. Diseño final de la estructura de acero del muro de concreto armado

En la figura N° 40 se muestra la subpresión ejercida por la fuerza ascendente del agua ($F = 1.51 \text{ Tn}$), el cual estas fuerzas deben ser menor al peso total del muro de gravedad ($F = 40.47$

Tn), demostrando que la estructura se comporta de manera estable frente a la fuerza resultante producida por la subpresión.

- **Estabilidad de muro para épocas de estiaje**

La realización de un análisis de la estabilidad y de una estructura para tiempos de estiaje permite estimar el comportamiento de la misma cuando los caudales se reduzcan, donde se analiza si dicha estructura sufrirá el efecto de volteo, desprendimiento, deslizamiento o se mantiene en equilibrio, con las fuerzas que actúan sobre ella.

El caudal mínimo se obtuvo a partir de información recopilada del proyecto: “Creación y mejoramiento del servicio de protección contra inundaciones en las zonas afectadas y expuestas al peligro de inundación en las localidades de Anchaclla, Lircay y Ocopa, Distrito de Lircay, Provincia de Angaraes Departamento de Huancavelica”, cuyo valor asumido del caudal mínimo es de 32.6 m³/ser.

- **Gaviones**

Se realizó el diseño de la estructura de gaviones, determinando las fuerzas, momentos actuantes y resistentes, verificando la estabilidad por deslizamiento, volteo y capacidad de la estructura como se muestra en la tabla 48.

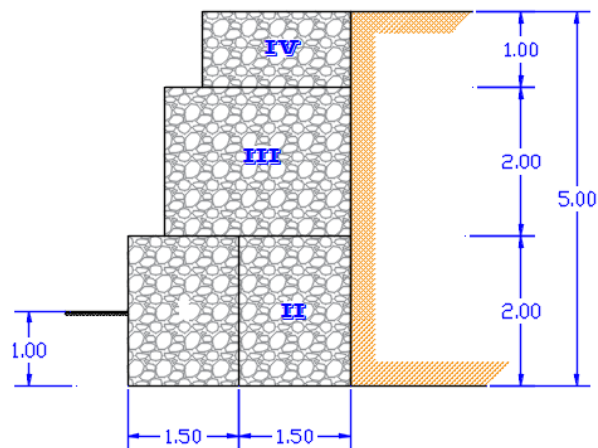


Figura 41. Dimensiones de la estructura de gavión

Tabla 48. Estabilidad de la estructura de gavión para épocas de estiaje

Fuerzas y momentos	Valor
Empuje activo	8.40 Tn
Empuje pasivo	1.45 Tn
Momento actuante	14.01 Tn-m
Momento actuante pasivo	0.48 Tn-m
Momentos resistentes total	56.58 Tn-m
Fuerzas resistentes total	Tn-m
Condiciones estáticas	
Factor de seguridad	Condición
FSD = 2.09 es mayor que 1.50	Cumple
FSV = 4.04 es mayor que 2	Cumple
Qadm = 13.31 t/m ² es menor que 15.2 t/m ²	Cumple

- **Muro de gravedad**

Se realizó el diseño de la estructura de muro de gravedad, determinando las fuerzas, momentos actuantes y resistentes, verificando la estabilidad por deslizamiento, volteo y capacidad de la estructura como se muestra en la tabla 49.

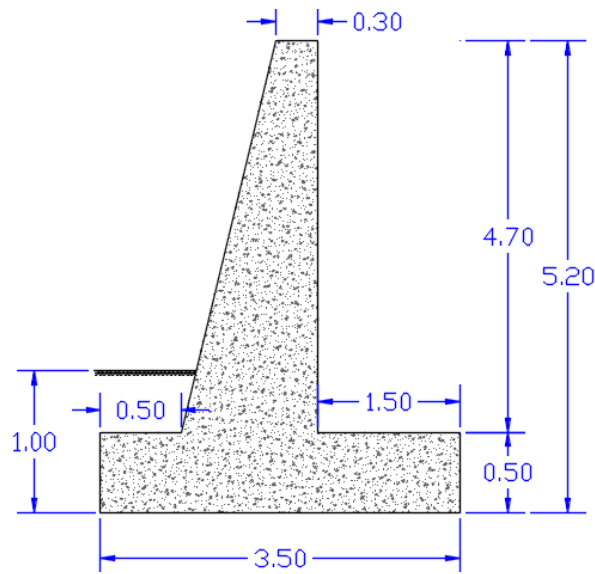


Figura 42. Dimensiones del muro de gravedad

Tabla 49. Estabilidad del muro de gravedad para épocas de estiaje

Fuerzas y momentos	Valor
Empuje Activo	9.09 Tn
Empuje Pasivo	1.45 Tn
Momento actuante	15.75 Tn-m
Momento actuante pasivo	0.48 Tn-m

Momentos resistentes total	53.87 Tn-m
Fuerzas resistentes total	16.42 Tn-m
Condiciones estáticas	
Factor de seguridad	Condición
FSD = 1.79 es mayor que 1.50	Cumple
FSV = 3.73 es mayor que 2	Cumple
Qadm = 14.55 t/m ² es menor que 15.2 t/m ²	Cumple

- **Muro de concreto armado**

Se realizó el diseño de la estructura de muro de concreto armado, determinando las fuerzas, momentos actuantes y resistentes, verificando la estabilidad por deslizamiento, volteo y capacidad de la estructura como se muestra en la tabla 50.

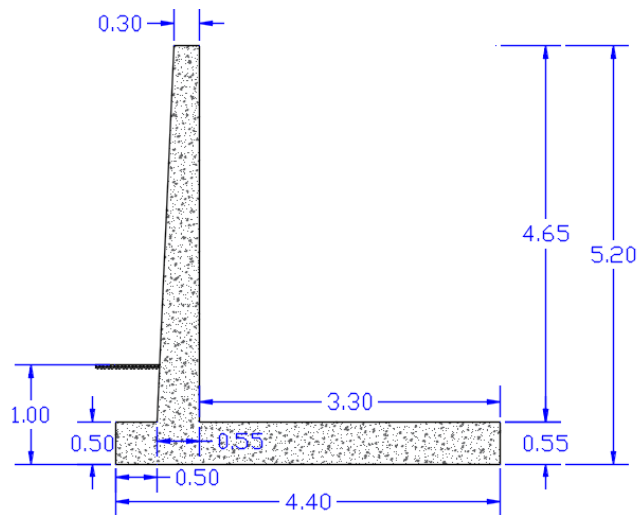


Figura 43. Dimensiones del muro de concreto armado

Tabla 50. Estabilidad del muro de concreto armado para épocas de estiaje

Fuerzas y momentos	Valor
Empuje activo	9.09 Tn
Empuje pasivo	1.45 Tn
Momento actuante	15.75Tn-m
Momento actuante pasivo	1.21 Tn-m
Momentos resistentes total	100.33 Tn-m
Fuerzas resistentes total	41.92 Tn-m
Condiciones estáticas	
Factor de seguridad	Condición
FSD = 2.64 es mayor que 1.50	Cumple
FSV = 6.38 es mayor que 2	Cumple
Qadm = 15.12 t/m ² es menor que 15.2 t/m ²	Cumple

4.5 Discusiones

Las discusiones se realizaron en el orden de los objetivos (específicos y generales)

- **Discusión 1**

Las principales áreas inundables están asociadas a los niveles de peligrosidad. Según la simulación con HEC-RAS 2D, el área inundable para $Tr=140$ años con un nivel bajo de peligrosidad presenta $16,843 \text{ m}^2$ de área inundada, en el nivel medio es de $2,187 \text{ m}^2$, nivel alto es de $1,621 \text{ m}^2$, nivel muy alto es de $1,387$ y por último en el nivel extremo el área es de 30.944 m^2 ; haciendo un total de $52,982 \text{ m}^2$.

Al respecto, Nureña y Vásquez (14) citado como antecedente nacional, tuvo como objetivo realizar el modelamiento hidráulico del río Moche, tramo puente Moche – desembocadura playa Buenos Aires, buscando así identificar las posibles áreas inundables generadas en ciertos períodos de tiempo a causa de máximas avenidas del río, las principales áreas de inundación se generan en la margen derecha del tramo estudiado. Asimismo, Mora y Gilberto (45) citado como antecedente internacional, tuvo como objetivo procesar información y generar mapa de huella de inundación, para los cuales se determinaron las áreas de inundación para períodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años respectivamente, el mismo que se procesó con el programa computacional de Hec-ras y además permitió conocer las áreas inundables críticas.

Por lo tanto, se puede observar que el OE1 es similar con lo de los antecedentes, por lo consiguiente, el objetivo fue alcanzado.

- **Discusión 2**

Los valores que alcanzan los tirantes de flujo para un $Tr=140$ años y un caudal máximo del hidrograma de ingreso son de $376.30 \text{ m}^3/\text{s}$. Se obtuvo, de acuerdo al modelamiento hidráulico, los valores de tirante alcanzado igual a 4.20 y 2.48 en las secciones ST01 y ST02 respectivamente.

Al respecto, Hernández (16) citado como antecedente nacional, menciona que para un $Tr = 10$ años, se tiene calados de hasta 1.65 m al borde del cauce, para un $Tr = 50$ años, se tiene calados de 1.85 m al borde del cauce, para un $Tr = 100$ años, se tiene calados de hasta 2.00 m al borde del cauce, y para un $Tr = 200$ años, se tienen calados de hasta 2.15 m al borde del cauce; los resultados no son similares ya que los ríos estudiados son de departamentos distintos pero la metodología aplicada en los cálculos son iguales. Asimismo, Materón et al (9) citado como antecedente internacional, menciona que determinar la variación de los niveles de agua

(tirantes de agua) y las velocidades de flujo indicando la capacidad máxima de conducción del cauce principal del río Nima permite transportar riesgo por inundación.

Por lo tanto, se puede observar que las metodologías aplicadas para los cálculos de los valores determinados en el OE2 son similares con lo de los antecedentes, por lo consiguiente, el objetivo fue alcanzado.

- **Discusión 3**

Las magnitudes de las velocidades de flujo para un $Tr=140$ años y un caudal máximo del hidrograma de ingreso son de $376.30 \text{ m}^3/\text{s}$. Se obtuvo, de acuerdo al modelamiento hidráulico, los valores de velocidades alcanzadas igual a 5.93 m/s y 6.70 m/s en las secciones ST01 y ST02 respectivamente.

En base a lo mencionado por Hernandez (16), citado como antecedente nacional, obtuvo como resultados las velocidades máximas a partir del modelamiento bidimensional para diferentes periodos de retorno (10, 50, 100 y 200 años) para caudales máximos. Asimismo, Mora y Gilberto (45) citado como antecedente internacional, menciona que determinar la variación de los niveles de agua y las velocidades de flujo indicando que la capacidad máxima de conducción del cauce principal del río Nima permite transportar riesgo por inundación.

Por lo tanto, se puede observar que las metodologías aplicadas para los cálculos de los valores determinados en el OE3 son similares con lo de los antecedentes, por lo consiguiente, el objetivo fue alcanzado.

- **Discusión 4**

La zonificación de las áreas inundables que se ven afectadas por el desbordamiento del río ocasionada por los caudales máximos de $376.30 \text{ m}^3/\text{s}$ en la simulación con HEC-RAS indican un total de $28.091.00 \text{ m}^2$ del área del pueblo, $5,268.00 \text{ m}^2$ del área de bosques, $11,479.00 \text{ m}^2$ del área de cultivos, 905.00 m^2 del área de la piscigranja, $2,404.00 \text{ m}^2$ del área de la trocha carrozable se ven afectadas.

En consecuencia, en una avenida máximas el río podría afectar y poner en riesgo la vida de los pobladores residentes en las zonas mencionadas. Por lo que se plantea la construcción de defensa ribereña (gaviones, muro de gravedad y muro de concreto armado), los mismos que ayudarán a mitigar los riesgos que puedan existir en dicho centro poblado.

Al respecto MPA (17) citado como antecedente nacional, menciona que se logró zonificar dos niveles de peligro de alto y muy alto a inundación fluvial en la cual en dicho informe proponen como medida para reducción de riesgo que se debe plantear la construcción de muros de protección a lo largo de la rivera del río Chahuarma, de esta manera se logrará salvaguardar a los pobladores y sus medios de vida. Asimismo, Mora y Gilberto (45) tuvo como objetivo realizar un modelamiento de zonas de inundación por medio de las herramientas Hec-ras, Georras y ArcGis, para en el sector comprendido entre los municipios de Corrales- Paz de Río a lo largo del río Chicamocha, con el cual identifico las zonas críticas o probables a inundaciones.

Por lo tanto, se puede observar que el OG es similar con lo de los antecedentes, por lo consiguiente, el objetivo fue alcanzado.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las conclusiones se realizaron en el orden de los objetivos (específicos y general)

- **Conclusión 1**

Las principales áreas inundables asociadas a los niveles de peligrosidad, según la simulación con HEC-RAS 2D el área inundable para $Tr=140$ años con un nivel bajo de peligrosidad, presenta $16,843 \text{ m}^2$ de área inundada, en el nivel medio es de $2,187 \text{ m}^2$, nivel alto es de $1,621 \text{ m}^2$, nivel muy alto es de $1,387$ y por último en el nivel extremo el área es de 30.944 m^2 ; haciendo un total de $52,982 \text{ m}^2$. Se puede afirmar que el centro poblado de Chahuarma tiene un área que abarca el 58.40% del total inundado con un nivel de riesgo extremo en la simulación 2D realizado mediante el programa Hec Ras.

- **Conclusión 2**

Los valores que alcanzan los tirantes de flujo para un $Tr=140$ años y un caudal máximo del hidrograma de ingreso son de $376.30 \text{ m}^3/\text{s}$. Se obtuvo, de acuerdo al modelamiento hidráulico, los valores de tirante alcanzado igual a 4.20 y 2.48 en las secciones ST01 y ST02 respectivamente.

- **Conclusión 3**

Las magnitudes de las velocidades de flujo para un $Tr=140$ años y un caudal máximo del hidrograma de ingreso son de $376.30 \text{ m}^3/\text{s}$. Se obtuvo, de acuerdo al modelamiento hidráulico, los valores de velocidades alcanzadas igual a 5.93 m/s y 6.70 m/s en las secciones ST01 y ST02 respectivamente.

- **Conclusión 4**

La zonificación de las áreas inundables que se ven afectadas por el desbordamiento del río ocasionada por los caudales máximos de 376.30 m³/s en la simulación con HEC-RAS señalan un total de 28.091.00 m² del área del pueblo, 5,268.00 m² del área de bosques, 11,479.00 m² del área de cultivos, 905.00 m² del área de la piscigranja, 2,404.00 m² del área de la trocha carrozable se ven afectadas.

En consecuencia, en una avenida máximas el río podría afectar y poner en riesgo la vida de los pobladores residentes en las zonas mencionadas. Por lo que se plantea la construcción de defensa ribereña (gaviones, muro de gravedad y muro de concreto armado), los mismos que ayudarán a mitigar los riesgos que puedan existir en dicho centro poblado.

Finalmente, se concluye que; de los 3 tipos de defensa ribereña se propone la construcción del muro de concreto armado ya que tiene mejor comportamiento estructural e hidráulico debido a que el factor de seguridad tiene mayor holgura respecto a las otras estructuras cumpliendo con la estabilidad al volteo y deslizamiento, por lo que de esta manera permitirá proteger las zonas agrícolas, viviendas e instituciones educativas y centros de salud aledañas ubicadas en el margen del río Chahuarma.

Tabla 51. Resultados del diseño de defensa ribereña

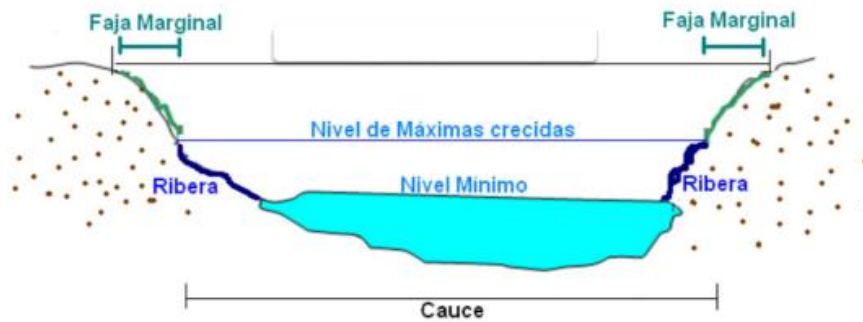
FS/Estructura	Gaviones		Muro de gravedad		Muro de concreto armado	
	Caudales máximos	Épocas de estiaje	Caudales máximos	Épocas de estiaje	Caudales máximos	Épocas de estiaje
FSD	1.69	2.09	2.65	1.79	3.48	2.64
FDV	4.07	4.04	3.64	3.73	6.78	6.38

5.2. Recomendaciones

Las recomendaciones se formularon en el orden de las conclusiones (específicas y general).

- **Recomendación 1**

Para las áreas comprendidas en las llanuras de inundación no se recomienda la construcción de viviendas o infraestructura sensible de ser afectada, por el motivo que dichas áreas tienen riesgo a inundación, los mismo que podrían ocasionar daños materiales y perdida humanas y para las personas que ya se encuentran en esas zonas se debe concientizar sobre los riesgos que involucra vivir a las orillas de río, principalmente la faja marginal (ANA), respetar las fajas marginales.



*Figura 44: Faja Marginal
Tomada de la Autoridad Nacional del Agua (ANA)*

- **Recomendación 2**

Se recomienda proyectar estructuras de defensa ribereña tomando en cuenta los tirantes generados para $Q=140$ años, tomando en cuenta los resultados de los tirantes máximos para el cálculo y diseño del muro de protección.

- **Recomendación 3**

Se recomienda tomar en cuenta los resultados de las velocidades máximas para el cálculo y diseño del muro de protección.

- **Recomendación 4**

Con la respectiva identificación de las zonas críticas, estas deben ser tomadas de manera preliminar para la elaboración de proyectos de prevención por parte de las autoridades locales.

Se propone la construcción de muros de concreto armado con las características propuestas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CENEPRED. 2014. *Manual para la evaluación de riesgos originados por inundaciones fluviales*. Lima : Dirección de gestión de procesos -subdirección de normas y lineamientos, 2014.
2. CENTRO DE OPERACIONES DE EMERGENCIA REGIONAL (COER). Reporte de peligro inminente n° 001 - 3/01/2021 / coen - indeci / 15:15 horas (reporte n° 1). Iircay - huancavelica : s.n., 2017.
3. FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE SOCIEDADES DE LA CRUZ ROJA Y DE LA MEDIALUNA ROJA (FICR). Informe mundial de desastres 2020 - Contra calor y marea. Chemin des Crêts 17, Petit-Saconnex, 1209 Ginebra, Suiza : Cruz Roja, 2020.
4. GÁLVEZ, Juan y PIMIENTO, David. Cálculo del caudal máximo de creciente de la quebrada laartesa que desemboca en la quebrada de ortega, en el municipio de güican (boyacá), con el método racional. Monografía (Título de Tecnólogo en Construcciones Civiles). Bogotá : Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2015, 63 pp.
5. PLANEACIÓN, Instituto Municipal de Investigación y Plan Sectorial de Manejo de Agua Pluvial. Ciudad Juárez, Chihuahua, México : IMIP, 2004.
6. LOPEZ, Misael. Diseño de obra de protección para el control de inundaciones en el río Ensolvo en el municipio de villa victoria; Estado de Mexico. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Estado de Mexico: Universidad Autónoma de México, 2012.
7. HERNÁNDEZ, Ruben, BARRIOS, Héctor y RAMÍREZ, Aldo. Análisis de riesgo por inundación: metodología y aplicación a la cuenca Atemajac. 2017, *Tecnología y ciencias del agua*, 8 (3), 5-25.
8. VÁZQUEZ, Héctor. Inundaciones en zonas urbanas. medidas preventivas y correctivas, acciones estructurales y no estructurales. Tesis (Grado de Maestro en Ingeniería). Mexico : Universidad autónoma de Mexico, 2016, 365 pp.
9. MATERÓN, Hernán, y otros. 2006. Modelación hidrológica e hidráulica aplicada a estudios de inundabilidad en cauces naturales caso de estudio: Río Nima, Colombia. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 5, 2006, 27-38.
10. CHINCHILLA, Jorge. Análisis y soluciones a problemas de inundaciones en el Cantón de Oreamuno, Cartago. Tesis (Grado de Licenciado en Ingeniería Agrícola). Costa Rica : Universidad de Costa Rica, 2016, 197 pp.
11. EVANGELISTA, Karla. Identificación de zonas inundables y propuesta de defensa ribereña del sector Salinas km 89 en el río Chancay – 2017. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima : Universidad César Vallejo, 2017, 195 pp.
12. CHAPOÑAN, Jefred. Modelamiento hidráulico para el diseño de defensa ribereña en el río Rímac, sector Batasol, distrito de Lurigancho-Chosica, Lima, 2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima : Universidad César Vallejo, 2019, 246 pp.

13. QUISPE, Dino y ROJAS, Jonathan. Modelamiento hidráulico del cauce en río Huaycoloro mediante el programa HecRas para mitigar las inundaciones en Huachipa, 2018. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima : Universidad César Vallejo, Lima, 2018, 173 pp.
14. NUREÑA, Diana y VÁSQUEZ, William. Identificación de áreas inundables mediante modelamiento hidráulico del Río Moche, tramo Puente Moche - desembocadura playa Buenos Aires, Trujillo-2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2020, 239 pp.
15. PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES, [PSI]. 2019. *Plan integral de control de Inundaciones y Movimientos de Masa en la cuenca del Río La Leche- Departamento de Lambayeque* . 2019.
16. HERNANDEZ, Jean Franco. Zonificación de áreas inundables de la localidad de Santa Bárbara ocasionado por avenidas extraordinarias de la Quebrada Sambarbamba - Baños del Inca . Tesis (Título de Ingeniero Hidráulico). Cajamarca - Peru: Universidad Nacional de Cajamarca, 2018, 156 pp.
17. MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ANGARAES, departamento de Huancavelica. 2020. *Informe de Evaluación de Riesgo originado por inundación fluvial, en el sector urbano del centro poblado de Chahuarma, distrito de Lircay, provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica*. Provincia de Angaraes : Municipalidad Provincial de Angaraes, Departamento de Huancavelica, 2020.
18. IBÁÑEZ, Sara, MORENO, Héctor y GISBERT, Juan. *Morfología de las cuencas hidrográficas*. Valencia - España : Universidad Politécnica de Valencia, 2011.
19. APARICIO, Francisco. *Fundamentos de hidrología de superficie*. Mexico : Grupo Noriega, Limusa, 1996.
20. MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Lima : Ministerio de transporte y comunicaciones, 2012.
21. ALIAGA, S. V. 1985. *Hidrología Estadística (1ra. ed.)*. s.l. : Universidad Nacional Mayor de San Marcos , 1985.
22. VEN TE CHOW, MAIDMENT, David y MAYS, Larry. *Hidrología Aplicada*. Bogota, Colombia, 1994. 958-600-171-7.
23. VILLÓN, Máximo. 2002. *Hidrología*. Lima : MaxSoft, 2002.
24. LAVAO, Sergio y CORREDOR, Jorge. Aplicación de la teoría del número de curva (CN) a una cuenca de montaña. Caso de estudio: cuenca del río Murca, mediante la utilización de sistemas de información geográfica. Diplomado SIG y sensores remotos aplicados a recursos hídricos. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada .
25. QUILLAMA, Adriel. Informe de evaluación del riesgo por inundación fluvial en ambas márgenes del río Huarmayo entre las localidades de Ninabamba y Accobamba del distrito

- de san miguel, provincia La Mar – Ayacucho. [En línea]Ayacucho, 2018.[Fecha de consulta: 23 de abril del 2024] Recuperado de: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//4486_informe-de-evaluacion-del-riesgo-por-inundacion-fluvial-en-ambas-margenes-del-rio-huarmamayo-entre-las-localidades-de-ninabamba-y-accobamba-del-distri.pdf
26. R. D.N.º 00056-2024-SENACE-PE/DEIN. Creación del servicio de protección contra inundaciones y movimiento de masas en las Quebradas San Jerónimo, Condoray, Jacayita y Picamarán en los distritos de Lunahuaná, Pacarán y Zuñiga de la Provincia de Cañete - Departamento de Lima. Lima, 2022. 142.
 27. LOPEZ, Javier. Simulación hidráulica de Inundación en la Zona urbana de la cuenca baja del río Higuera. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Huánuco - Perú: Universidad de Huánuco, 2014, 265 pp.
 28. TAPIA, Gustavo, y otros. *Metodología para la medición de la velocidad de flujo en un río en el diagnóstico de socavación en pilas de un puente, utilizando un dispositivo electrónico.* Ciudad de México : Instituto Mexicano del Transporte, 2012.
 29. VILLÓN, Máximo. 2011. *HEC RAS Ejemplos.* Lima : Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2011.
 30. HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER. EC-RAS. Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU. [En línea] [Citado el: 18 de 07 de 2022.] <https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>.
 31. SOTO, Jorge. Modelamiento hidráulico y diseño de defensas ribereñas del río Amojú, localidad El Parral – Jaén - Cajamarca. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cajamarca - Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017, 157 pp.
 32. MACCAFERRI. 2012. *Obras de sistematización fluvial en torrentes y ríos con espigones.* Brasil : Macafferri do Brasil, 2012.
 33. BALLÓN, Francisco, y ECHENIQUE, José. Análisis de estabilidad de muros de contención de acuerdo a las zonas sísmicas del Perú. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2017, 97 pp.
 34. BRAJA, Das. 2012. *Fundamentos de la ingeniería de cimentaciones.* Ciudad de México : Cengage Learning Editores, S.A., 2012.
 35. CHEREQUE, Wendor. 2003. *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil.* Lima : Concytec, 2003.
 36. ARIAS, Fidias. *Introducción a la metodología científica.* Caracas - República Bolivariana de Venezuela : Episteme, 2012. 980-07-8529-9.
 37. JIMENEZ, Rosa. 1998. *Metodología de la Investigación.* 1998.

38. HERNANDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. 2014. *Metodología de la investigación*. Mexico : McGraw-hill / Interamericana editores, S.A. DE C.V, 2014. 632.
39. TAMAYO, Mario. *El proceso de la investigación científica*. Mexico : Noriega editores, 2003. 968-18-5872-7.
40. OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio*. Chile : Universidad de la frontera, 2017. 232.
41. BERNAL, César. *Metodologia de la Investigaci3n*. México : Pearson Educaci3n, 2006. 970-26-0645-4.
42. CARRASCO, Sergio. *Metodologia de la Investigacion Cientifica* . Lima : San Marcos, 2005. 9972-34-242-5.
43. FUENTES, Oscar y FRANCO, Victor. Estudio hidrol3gico para obras de protecci3n - Manual de Ingenieria de Rios. Tesis (Título de Ingeniero Civil).Mexico : Universidad Autónoma de México, Instituto de Ingeniería, 1999. 156.
44. CAMPOS, Fernando, y otros. Guía Técnica GPDEN N° 14, Actividad Práctica: Modelaci3n Hidrodinámica usando el modelo HEC-RAS 2D. Porto Alegre : Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais, Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) - Universidad Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2020.
45. MORA, Wilfredo y GILBERTO, Rene. Modelacion de zonas de inundacion por medio de las herramientas Hec-ras, Geo-ras y Arcgis, para el sector comprendido entre los Municipios de Corrales - Paz de río a lo largo del río Chicamocha, en el departamento de Boyacá. Boyacá, Colombia : s.n., 2016. págs. 27-38.

ANEXOS


Anexo 1

Matriz de consistencia


Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Método
<p>Problema general: ¿Cuáles son las zonas inundables por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma, Lircay, Huancavelica 2021?</p> <p>Problemas específicos: ¿Cuánto es el área inundable por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma, Lircay, Huancavelica 2021?</p> <p>¿Qué valores alcanzan los tirantes de flujo por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma, Lircay, Huancavelica 2021?</p> <p>¿Cuál es la magnitud de las velocidades de flujo por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma, Lircay, Huancavelica 2021?</p>	<p>Objetivo general: Determinar las zonas inundables por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río chahuarma, lircay, huancavelica 2021</p> <p>Objetivos específicos: Cuantificar el área inundable por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río chahuarma, lircay, huancavelica 2021</p> <p>Estimar valores que alcanzan los tirantes de flujo por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río chahuarma, lircay, huancavelica 2021.</p> <p>Determinar la magnitud de las velocidades de flujo por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río chahuarma, lircay, huancavelica 2021.</p>	<p>Hipótesis general: Las zonas vulnerables a inundaciones por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río chahuarma son extensas, lircay, huancavelica 2021</p> <p>Hipótesis específicas: El área inundable por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río chahuarma es extenso Lircay, Huancavelica 2021</p> <p>Los tirantes de flujo por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma son profundos, Lircay, Huancavelica 2021.</p> <p>La magnitud de las velocidades de flujo por caudales máximos para proponer defensas ribereñas en un tramo del río Chahuarma son altas, Lircay, Huancavelica 2021</p>	<p>V1: Caudales máximos</p> <p>V2: Zonas inundables</p>	<p>D1: geomorfología de la cuenca</p> <p>D2: Precipitaciones máximas</p> <p>D3: Caudales de diseño</p> <p>D1: Áreas inundables</p> <p>D2: Tirantes de flujo</p> <p>D3: Velocidades de flujo</p>	<p>I1: Área</p> <p>I2: Longitud</p> <p>I3: Pendiente</p> <p>I1: Precipitación</p> <p>I2: Intensidad</p> <p>I3: periodo de retorno</p> <p>I1: Tiempo de concentración</p> <p>I2: Método Racional</p> <p>I3: Método HMS</p> <p>I1: Riesgo Bajo</p> <p>I2: Riesgo Medio</p> <p>I3: Riesgo Alto</p> <p>I4: Riesgo Muy Alto</p> <p>I5: Riesgo Extremo</p> <p>I1: 0 a 0.50 m</p> <p>I2: 0.50 a 1.00 m</p> <p>I3: 1.00 a 1.50 m</p> <p>I4: 1.50 a 2.00 m</p> <p>I5: Mayor a 2.00 m</p> <p>I1: 0 a 0.50 m/s</p> <p>I2: 0.50 a 0.75 m/s</p> <p>I3: 0.75 a 1.00 m/s</p> <p>I4: 1.00 a 1.50 m/s</p> <p>I5: Mayor a 1.50 m/s</p>	<p>Método: Científico.</p> <p>Tipo: Aplicada.</p> <p>Nivel: Explicativo.</p> <p>Diseño: No experimental de corte transversal</p> <p>Población: del río chahuarma.</p> <p>Muestreo No probabilístico.</p> <p>Muestra La muestra lo conforma un tramo del río chahuarma con una longitud (1.644 km)</p> <p>Técnica: Observación directa</p> <p>Instrumentos Ficha de recopilación de datos</p>

Anexo 2


Instrumentos de investigación validadas

 Universidad Continental		FICHA TECNICA				FACULTAD DE INGENIERIA	
ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS							
PROYECTO: "IDENTIFICACION DE ZONAS DE INUNDABLES POR CAUDALES MAXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RIO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCVELICA 2021"							
AUTORES: ESPINOZA VILA SYNTHIA GINA HUAMAN SACHA MONICA							
I.- INFORMACION GENERAL:							ASPECTO DE VALIDACION
UBICACIÓN: CHUPACA							
DISTRITO:	LIRCAY	ALTITUD:	3680 a 3708 m.s.n.m.				
PROVINCIA:	ANGARAES	LATITUD:	12° 59' 15" S				
REGION:	HUANCVELICA	LONGITUD:	74° 43' 08" O				
II.- AREAS INUNDABLES							0.95
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V2 ó D1V1:							
Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad	Indicador 3:	Unidad		
Riesgo Bajo	Km2	Riesgo Medio	Km2	Riesgo Alto	Km2		
Indicador 4:	Unidad	Indicador 5:	Unidad				
Riesgo Muy Alto	Km2	Riesgo Extremo	Km2				
III.- TIRANTE DE FLUJO							0.91
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V2 ó D2V1:							
Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad	Indicador 3:	Unidad		
0 a 0.50	metros	0.50 a 1.00	metros	1.00 a 1.50	metros		
Indicador 4:	Unidad	Indicador 5:	Unidad				
1.50 a 2.00	metros	Mayor a 2.00	metros				
IV.- VELOCIDADES DE FLUJO							0.90
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V2 ó D3V1:							
Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad	Indicador 3:	Unidad		
0 a 0.50	m/s	0.50 a 0.75	m/s	0.75 a 1.00	m/s		
Indicador 4:	Unidad	Indicador 5:	Unidad				
.00 a 1.50	m/s	Mayor a 1.50	m/s				
V.- GEOMORFOLOGIA DE LA CUENCA							0.82
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V1 ó D1V2:							
Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad	Indicador 3:	Unidad		
Área	km2	Longitud	mm/h	pendiente	%		
VI.- PRECIPITACIONES MAXIMAS							0.87
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V1 ó D2V2:							
Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad	Indicador 3:	Unidad		
Precipitacion	mm	Intensidad	mm/h	Periodo de retorno	años		
VII.- CAUDALES MAXIMOS							0.98
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V1 ó D3V2:							
Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad	Indicador 3:	Unidad		
Tiempo de concentracion	horas	Metodo racional modificado	m3/s	Metodo HEC HMS	m3/s		
APELLIDOS Y NOMBRES:	PIRCA MACETAS JONATHAN						
PROFESION	INGENIERO CIVIL						
REGISTRO CIP N°:	250044						
EMAIL:	JONATHAN10588@GMAIL.COM						
TELEFONO:	948912226						



 Universidad Continental		FICHA TECNICA			FACULTAD DE INGENIERIA		
ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS							
PROYECTO: "IDENTIFICACION DE ZONAS DE INUNDABLES POR CAUDALES MAXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RIO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCVELICA 2021"							
AUTORES:	ESPINOZA VILA SYNTHIA GINA HUAMAN SACHA MONICA						
I.-	INFORMACION GENERAL:					ASPECTO DE VALIDACION	
	UBICACIÓN: CHUPACA						
	DISTRITO:	LIRCAY	ALTITUD:	3680 a 3708 m.s.n.m.			
	PROVINCIA:	ANGARAES	LATITUD:	12° 59' 15" S			
	REGION:	HUANCVELICA	LONGITUD:	74° 43' 08" O			
II.-	AREAS INUNDABLES						
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V2 ó D1V1:						
	Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad	Indicador 3:	Unidad	
	Riesgo Bajo	Km2	Riesgo Medio	Km2	Riesgo Alto	Km2	
	Indicador 4:	Unidad	Indicador 5:	Unidad			
	Riesgo Muy Alto	Km2	Riesgo Extremo	Km2			
III.-	TIRANTE DE FLUJO						
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V2 ó D2V1:						
	Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad	Indicador 3:	Unidad	
	0 a 0.50	metros	0.50 a 1.00	metros	1.00 a 1.50	metros	
	Indicador 4:	Unidad	Indicador 5:	Unidad			
	1.50 a 2.00	metros	Mayor a 2.00	metros			
IV.-	VELOCIDADES DE FLUJO						
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V2 ó D3V1:						
	Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad	Indicador 3:	Unidad	
	0 a 0.50	m/s	0.50 a 0.75	m/s	0.75 a 1.00	m/s	
	Indicador 4:	Unidad	Indicador 5:	Unidad			
	.00 a 1.50	m/s	Mayor a 1.50	m/s			
V.-	GEOMORFOLOGIA DE LA CUENCA						
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V1 ó D1V2:						
	Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad	Indicador 3:	Unidad	
	Área	km2	Longitud	mm/h	pendiente	%	
VI.-	PRECIPITACIONES MAXIMAS						
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V1 ó D2V2:						
	Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad	Indicador 3:	Unidad	
	Precipitación	mm	Intensidad	mm/h	Periodo de retorno	años	
VII.-	CAUDALES MAXIMOS						
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V1 ó D3V2:						
	Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad	Indicador 3:	Unidad	
	Tiempo de concentracion	horas	Metodo racional modificado	m3/s	Metodo HEC HMS	m3/s	
APELLIDOS Y NOMBRES:	PAUCAR PEÑA KHEVIN OSCAR						
PROFESION	INGENIERO CIVIL						
REGISTRO CIP N°:	241799						
EMAIL:	KHEVIN_154@HOTMAIL.COM						
TELEFONO:	954026830						

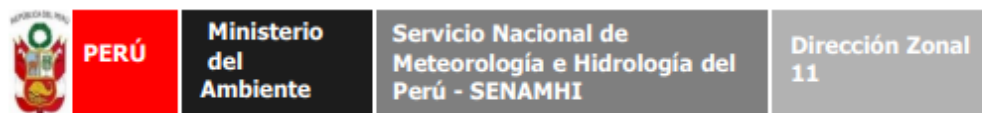

PAUCAR PEÑA KHEVIN OSCAR
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 241799

 Universidad Continental		FICHA TECNICA				FACULTAD DE INGENIERIA		
ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS								
PROYECTO: "IDENTIFICACION DE ZONAS DE INUNDABLES POR CAUDALES MAXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RIO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCVELICA 2021"								
AUTORES :		ESPINOZA VILA SYNTHIA GINA HUAMAN SACHA MONICA						
I.-		INFORMACION GENERAL:					ASPECTO DE VALIDACION	
		UBICACIÓN: CHUPACA						
		DISTRITO:	LIRCAY	ALTITUD:	3680 a 3708 m.s.n.m.			
		PROVINCIA:	ANGARAES	LATITUD:	12° 59' 15" S			
		REGION:	HUANCVELICA	LONGITUD :	74° 43' 08" O			
II.-		AREAS INUNDABLES						
		Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V2 ó D1V1:						
		Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad	Indicador 3:	Unidad	
		Riesgo Bajo	Km2	Riesgo Medio	Km2	Riesgo Alto	Km2	
		0.90						
		Indicador 4:	Unidad	Indicador 5:	Unidad			
		Riesgo Muy Alto	Km2	Riesgo Extremo	Km2			
III.-		TIRANTE DE FLUJO						
		Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V2 ó D2V1:						
		Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad	Indicador 3:	Unidad	
		0 a 0.50	metros	0.50 a 1.00	metros	1.00 a 1.50	metros	
		0.92						
		Indicador 4:	Unidad	Indicador 5:	Unidad			
		1.50 a 2.00	metros	Mayor a 2.00	metros			
IV.-		VELOCIDADES DE FLUJO						
		Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V2 ó D3V1:						
		Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad	Indicador 3:	Unidad	
		0 a 0.50	m/s	0.50 a 0.75	m/s	0.75 a 1.00	m/s	
		0.82						
		Indicador 4:	Unidad	Indicador 5:	Unidad			
		.00 a 1.50	m/s	Mayor a 1.50	m/s			
V.-		GEOMORFOLOGIA DE LA CUENCA						
		Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V1 ó D1V2:						
		Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad	Indicador 3:	Unidad	
		Área	km2	Longitud	mm/h	pendiente	%	
		0.85						
VI.-		PRECIPITACIONES MAXIMAS						
		Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V1 ó D2V2:						
		Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad	Indicador 3:	Unidad	
		Precipitación	mm	Intensidad	mm/h	Periodo de retorno	años	
		0.55						
VII.-		CAUDALES MAXIMOS						
		Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V1 ó D3V2:						
		Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad	Indicador 3:	Unidad	
		Tiempo de concentración	horas	Metodo racional modificado	m3/s	Metodo HEC HMS	m3/s	
		0.78						
APELLIDOS Y NOMBRES:		CHAMORRO MAQUERA ROLAND						
PROFESION		INGENIERO CIVIL						
REGISTRO CIP N°:		60178						
EMAIL:		ROLANDCHAMORRO@HOTMAIL.COM						
TELEFONO:		966000965						



Anexo 3

Información Hidrológica (Precipitaciones máximas a 24 horas mensuales)



LIRCAY

Latitud
12°58'53.24" Longitud
74°43'5.13"

Altitud (msnm)
3303

precipitación máxima 24 horas (mm)

año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1994	31.7	38.0	36.3	16.0	12.8	4.6	0.5	0.0	6.4	16.9	13.3	12.5
1995	20.5	37.1	14.6	8.0	10.8	0.0	3.4	7.0	8.2	12.6	13.7	12.5
1996	27.5	24.5	21.2	19.8	8.4	0.0	0.0	8.9	7.2	9.8	12.0	11.0
1997	32.5	26.5	10.5	19.8	5.9	1.9	0.0	9.0	20.7	7.9	16.1	33.3
1998	36.2	19.7	19.2	17.5	0.0	6.1	0.0	2.5	8.9	17.4	20.6	16.0
1999	13.4	13.3	13.8	20.0	16.3	6.4	18.1	0.0	5.6	12.5	10.2	14.9
2000	18.1	26.6	15.9	5.0	12.6	13.5	16.2	8.8	6.7	21.4	7.6	20.0
2001	29.2	19.0	16.3	17.4	15.0	2.5	5.2	6.6	17.2	10.1	12.4	29.9
2002	26.5	41.2	28.7	19.0	18.4	5.1	15.1	5.7	11.1	22.1	19.6	28.0
2003	20.2	27.4	18.3	10.0	14.5	0.4	3.2	8.2	8.8	9.2	19.3	21.7
2004	19.3	26.0	13.5	6.7	9.3	10.6	8.0	4.5	8.7	6.2	9.9	17.1
2005	13.1	22.1	21.3	13.8	14.6	1.4	13.6	2.7	13.2	19.6	6.4	17.7
2006	20.2	21.3	18.6	8.1	1.2	2.4	1.9	8.7	6.1	9.6	13.4	20.0
2007	19.3	11.2	29.7	10.3	10.4	0.0	17.9	1.2	5.6	9.3	9.1	18.4
2008	48.0	18.4	9.6	9.6	6.5	6.0	3.5	1.7	4.9	8.3	3.6	14.0
2009	22.0	23.1	14.9	15.2	6.3	1.1	13.6	2.5	7.8	14.0	33.6	24.5
2010	25.7	16.0	19.7	9.7	12.7	4.8	0.0	1.2	4.8	7.0	9.9	32.6
2011	21.1	35.5	28.5	14.5	8.0	2.4	8.3	5.2	11.2	9.4	10.9	7.9
2012	14.2	46.3	17.2	19.3	9.0	9.9	2.9	1.4	13.0	15.0	13.0	31.3
2013	15.4	15.5	21.1	7.1	14.2	2.9	3.1	9.5	3.6	12.2	6.2	17.5
2014	21.7	21.0	13.3	21.9	8.7	7.0	4.5	14.0	11.8	28.4	6.0	12.1
2015	20.3	16.9	24.2	12.6	10.5	2.3	3.6	9.5	3.2	6.2	8.6	22.1
2016	9.8	21.5	10.8	23.0	4.2	6.6	13.5	2.8	3.8	9.5	6.9	9.4
2017	33.4	27.3	17.1	16.3	9.4	2.8	14.8	4.1	14.8	18.6	7.0	23.5
2018	15.2	28.0	17.8	5.7	14.3	6.2	11.1	15.6	3.9	12.1	14.9	11.2
2019	24.7	21.6	27.9	12.5	7.8	3.7	7.9	0.0	5.7	15.3	28.2	25.5
2020	17.6	17.7	22.8									

INFORMACION PREPARADA PARA :

HUAMAN SACHA MONICA

FECHA: 16 DE NOVIEMBRE DEL 2021

PROHIBIDO SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL, USO EXCLUSIVO PARA EL ANALISIS Y ESTUDIO DEL PLAN DE

Anexo 4
Certificados de laboratorio



**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CON FINES DE CIMENTACIÓN**

PROYECTO:

*"MODELAMIENTO HIDRÁULICO
PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
ZONAS VULNERABLES A
INUNDACIONES POR CAUDALES
MÁXIMOS Y PROPUESTA DE
DEFENSA RIBEREÑA EN UN
TRAMO DEL RÍO CHAHUARMA,
LIRCAY, HUANCAVELICA 2021"*

UBICACIÓN:

LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA
DISTRITO : LIRCAY
PROVINCIA : ANGARAES
REGION : HUANCAVELICA

LABORATORIO DE MECÁNICA
DE SUELOS Y CONCRETO

GEOTECNIA
TOPOGRAFÍA Y CONSTRUCCIÓN

RUC: 20604505942

HUANCAVELICA - 2021

INFORME TÉCNICO

PROYECTO:

"MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA
LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS
VULNERABLES A INUNDACIONES POR
CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE
DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO
DEL RÍO CHAHUARMA, LIRCAY,
HUANCAVELICA 2021"

UBICACIÓN:

LIRCAY – ANGARAES - HUANCAVELICA

SOLICITANTES:

- BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA
- BACH. MONICA HUAMAN SACHA

Nº DE CALICATAS: 04

Nº DE MUESTRAS: 04

ENSAYOS SOLICITADOS:

- ❖ Análisis granulométrico por tamizado.
- ❖ Límites de consistencia.
- ❖ Contenido de humedad.
- ❖ Clasificación SUCS y AASHTO.
- ❖ Corte directo.


Denny E. Velásquez Osnayo
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 92380



ANEXOS



CALICATAS:

- ❖ CALICATA N° 01
- ❖ CALICATA N° 02
- ❖ CALICATA N° 03
- ❖ CALICATA N° 04



CALICATA N° 01

GEOATECNA

ENSAYOS:

- ❖ Análisis granulométrico por tamizado.
- ❖ Límites de consistencia.
- ❖ Contenido de humedad.
- ❖ Clasificación SUCS y AASHTO.
- ❖ Corte directo.

REGISTRO DE EXCAVACION - PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBERENA EN UN TRAMO DEL RÍO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCVELICA 2021"

UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCVELICA **CALICATA** : C-1
LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA **MUESTRA** : M-1

SOLICITANTE : BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA **COORDENADAS** : --

FECHA DE EXCAVACION : 13/09/2021 **PROFUNDIDAD TOTAL (m)** : 3,00
FECHA DE ENSAYO : 13/09/2021 **PROF. NIVEL FREÁTICO (m)** : --

PROF. (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO Clasificación técnica; grado de compacidad/consistencia; índice de plasticidad/compresibilidad; contenido de humedad y color. Otros: forma del material granular, presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos/cantos, etc.	SUCS	GRANULOMETRIA				L.L.	L.P.	H.N.	N° DE MUESTRA
			< 0,075 mm	0,075 a 4,750 mm	4,750 a 75 mm	%				
		AASHTO				%	%	%		
0,50	Material formado por: ARENA LIMOSA CON GRAVA De color: MARRÓN Material granular menor a: 2" Material: NO PLÁSTICO	SM A-1-b 0	16,96	43,26	39,79	17,48	15,50	4,42	M-1	
1,00										
1,50										
2,00										
2,50										
3,00										
4,00										

 **GEOTECNIA**
TOPOGRAFÍA Y CONSTRUCCIÓN

Denny E. Velásquez Osnaya
INGENIERO CIVIL
C.I.T. N° 82380

OBSERVACIONES: La muestra ha sido identificada, extraída y entregada por el solicitante.

Dirección: Av. Augusto B. Leguía N° 191 - Cercado - Huancavelica
E-mail: geotecnia.top.con@gmail.com

Teléfonos:
Claro 1 : 996018890
Claro 2 : 913868548
Bitel : 929539256

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBERENA EN UN TRAMO DEL RÍO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCVELICA 2021"

UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCVELICA CALICATA : C-1
LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA MUESTRA : M-1
SOLICITANTE : BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA COORDENADAS : ---
FECHA DE ENSAYO : 13/09/2021 PROFUNDIDAD (m) : 3,00

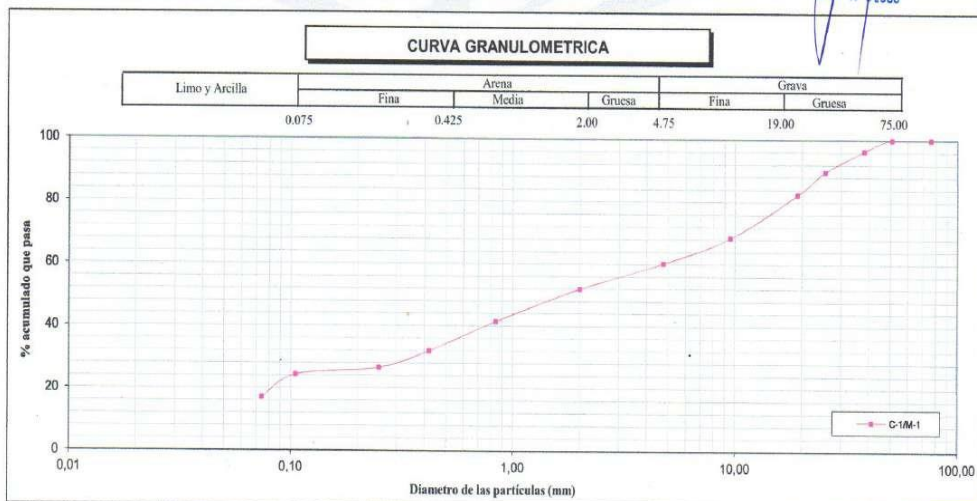
Coordenadas	---	
Calicata	C-1	
Muestra	M-1	
Profundidad (m)	3,00	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76,200
	2"	50,800
	1 1/2"	38,100
	1"	25,400
	3/4"	19,100
	3/8"	9,520
	N° 004	4,760
	N° 010	2,000
	N° 020	0,840
	N° 040	0,420
	N° 060	0,250
	N° 140	0,105
N° 200	0,074	
Contenido de Humedad (%)	4,42	
Límite Líquido (LL) (%)	17,48	
Límite Plástico (LP) (%)	15,50	
Índice Plástico (IP) (%)	1,98	
Clasificación (S.U.C.S.)	SM	ARENA LIMOSA CON GRAVA
Clasificación (AASHTO)	A-1-b	A-1-b (0)
Índice de Grupo	0	



DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA

% Grava	GG %	17,7
	GF %	22,1
% Arena	AG %	8,2
	AM %	20,0
% Finos	AF %	15,0
	LA %	17,0
		39,79
		43,26
		16,96


Denny E. Valásquez Osnayo
INGENIERO CIVIL
C.P. N° 2380



Observaciones: La muestra ha sido identificada, extraída y entregada por el solicitante.

Dirección: Av. Augusto B. Leguía N° 191 - Cercado - Huancavelica
E-mail: geotecnia.top.con@gmail.com

Teléfonos:
Claro 1 : 996018890
Claro 2 : 913868548
Bitel : 929539256



LÍMITES DE CONSISTENCIA Y CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D4318 - D2216)

PROYECTO: "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RÍO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCAMELICA 2021"

UBICACIÓN: LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA
LUGAR: C.P. DE CHAHUARMA
SOLICITANTE: BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA
FECHA: 13/09/2021

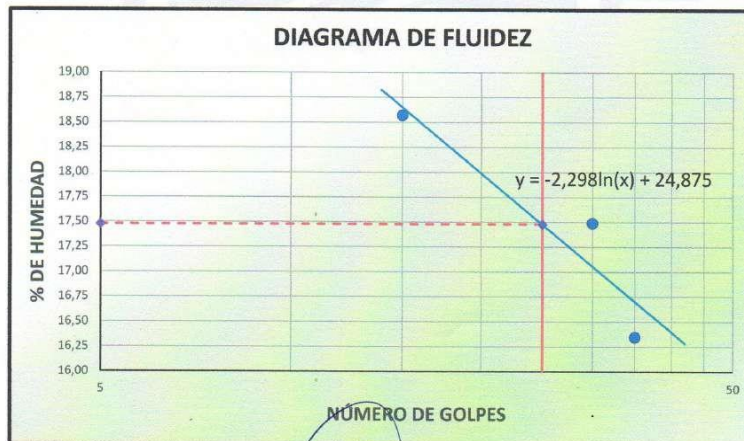
CALICATA: C-1
MUESTRA: M-1
COORDENADAS: ---
PROFUNDIDAD (m): 3,00

LÍMITE LÍQUIDO				
Nro. De Tarro	N°	T-5	T-14	T-20
T. + Suelo Húmedo	Gr.	50,51	39,84	48,81
T. + Suelo Seco	Gr.	46,09	37,01	44,96
Agua	Gr.	4,42	2,83	3,85
Peso del Tarro	Gr.	22,29	20,83	21,41
Suelo Seco	Gr.	23,80	16,18	23,55
% de Humedad	%	18,57	17,49	16,35
Nro. De Golpes	N°	15	30	35

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL				
Nro. De Tarro	N°	T-8	T-20	T-22
T. + Suelo Húmedo	Gr.	173,30	161,93	174,70
T. + Suelo Seco	Gr.	166,26	155,11	169,94
Agua	Gr.	7,04	6,82	4,76
Peso del Tarro	Gr.	21,20	21,42	26,32
Suelo Seco	Gr.	145,06	133,69	143,62
% de Humedad	%	4,85	5,10	3,31
Humedad Natural	%	4,42		

LÍMITE PLÁSTICO				
Nro. De Tarro	N°	TP-11	TP-12	TP-14
T. + Suelo Húmedo	Gr.	8,55	9,22	9,51
T. + Suelo Seco	Gr.	8,39	9,05	9,30
Agua	Gr.	0,16	0,17	0,21
Peso del Tarro	Gr.	7,33	7,97	7,96
Suelo Seco	Gr.	1,06	1,08	1,34
% de Humedad	%	15,09	15,74	15,67
Humedad Promedio	%	15,50		

LL =	Wn ^ (N/25) ^ 0.121
DONDE	
LL	: Límite líquido
Wn	: Contenido de humedad promedio
N	: Número de golpes
DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
L.L.	= 17,48 %
L.P.	= 15,50 %
I.P.	= 1,98 %



Observaciones: La muestra ha sido identificada, extraída y entregada por el solicitante.



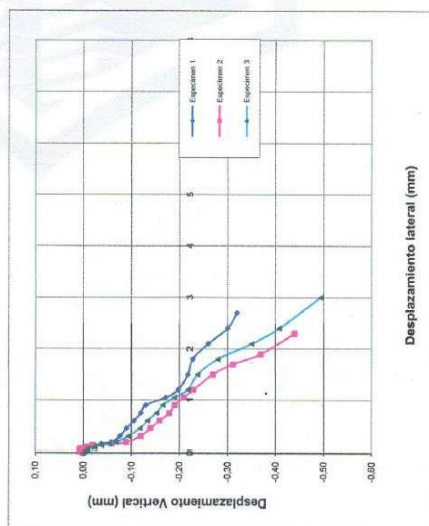
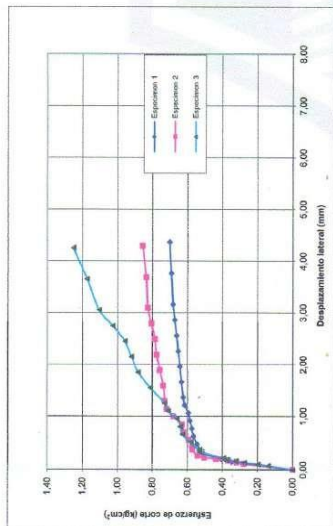
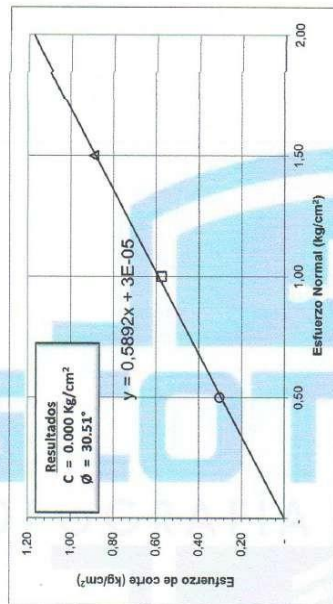
Denny E. Velásquez Osnayo
INGENIERO CIVIL
Crt. N° 92380

Dirección: Av. Augusto B. Leguía N° 191 - Cercado - Huancavelica
E-mail: geotecnia.top.con@gmail.com

Telefonos:
Claro 1 : 996018890
Claro 2 : 913868548
Bitel : 929539256



MÉTODO ESTÁNDAR PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(ASTM D3080)



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D3080

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBERENA EN UN TRAMO DEL RIO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCAMELICA 2021"

UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA
LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA
SOLICITANTE : BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA
FECHA : 13/09/2021

Calicata : C-1
Muestra : M-1
SUCS : SM

Resultados:

COHESIÓN (c): 0,000 kg/cm²
ANG. FRICCIÓN (φ): 30,51 °

Coordenadas: ---
Profundidad (m): 3,00

OBSERVACIONES: La muestra ha sido identificada, extraída y entregada por el solicitante.

Teléfonos:
Claro 1 : 996018890
Claro 2 : 913868548
Bitel : 929539256

Dirección: Av. Augusto B. Leguía N° 191 - Cercado - Huancavelica
E-mail: geotecnia.top.con@gmail.com

GEOTECNIA TOPOGRAFIA Y CONSTRUCCION
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 92380
Danny E. Velásquez Osriayo

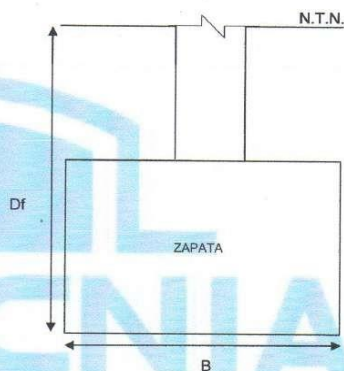


ANALISIS DE LA CAPACIDAD ULTIMA - CIMENTACION SUPERFICIAL

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RÍO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCVELICA 2021"

UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCVELICA **CALICATA :** C-1
LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA **MUESTRA :** M-1
SOLICITANTE : BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA **COORD. :** --
FECHA : 13/09/2021 **PROF. (m) :** 3,00

DATOS GENERALES		
Angulo de Fricción	30,51	°
Cohesión	0,00	ton/m2
Peso Especifico de Suelo por encima del N.C.	1,44	ton/m3
Peso Especifico de Suelo por debajo del N.C.	1,44	ton/m3
Relación Ancho Largo (B/L)	1	
Factor de Seguridad	3	



FORMA	FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA		
	Nc	Ny	Nq
Continua			
Cuadrada	31,40	24,16	19,50

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Tipo de Cimentación	Profundidad (Df) (m)	Ancho (B) (m)	Quit (Kg/cm2)	Qadm (kg/cm2)
Cuadrada	0,80	0,80	3,36	1,12
	0,80	1,00	3,64	1,21
	0,80	1,50	4,33	1,44
	0,80	1,80	4,75	1,58
	1,00	0,80	3,92	1,31
	1,00	1,00	4,20	1,40
	1,00	1,50	4,90	1,63
	1,00	1,80	5,31	1,77
	1,20	0,80	4,48	1,49
	1,20	1,00	4,76	1,59
	1,20	1,50	5,46	1,82
	1,20	1,80	5,88	1,96
	1,50	0,80	5,33	1,78
	1,50	1,00	5,60	1,87
	1,50	1,50	6,30	2,10
	1,50	1,80	6,72	2,24
	2,00	0,80	6,73	2,24
	2,00	1,00	7,01	2,34
2,00	1,50	7,70	2,57	
2,00	1,80	8,12	2,71	


GEOTECNIA
 TOPOGRAFIA Y CONSTRUCCION
 Denny E. Velásquez Osnayo
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 92340



CALICATA N° 02



ENSAYOS:

- ❖ Análisis granulométrico por tamizado.
- ❖ Límites de consistencia.
- ❖ Contenido de humedad.
- ❖ Clasificación SUCS y AASHTO.
- ❖ Corte directo.

REGISTRO DE EXCAVACION - PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RÍO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCVELICA 2021"

UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCVELICA CALICATA : C-2
LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA MUESTRA : M-1

SOLICITANTE : BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA COORDENADAS : --

FECHA DE EXCAVACION : 13/09/2021 PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 3,00
FECHA DE ENSAYO : 13/09/2021 PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : --

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCIÓN DEL SUELO Clasificación técnica; grado de compacidad/consistencia; índice de plasticidad/compresibilidad; contenido de humedad y color. Otros: forma del material granular, presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos/cantos, etc.	SUCS		GRANULOMETRIA				L.L.	L.P.	H.N.	N° DE MUESTRA
			SM	A-1-a	<	0,075	4,750	mm				
					0,075	mm	a					
		Material formado por: ARENA LIMOSA CON GRAVA De color: MARRÓN CLARO Material granular menor a: 1 1/2" Material: NO PLÁSTICO	SM	A-1-a	15,41	51,43	33,17	23,21	20,72	1,83	M-1	


GEOTECNIA
TOPOGRAFÍA Y CONSTRUCCIÓN
Denny E. Velásquez Osaya
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 92280

OBSERVACIONES: La muestra ha sido identificada, extraída y entregada por el solicitante.

Dirección: Av. Augusto B. Leguía N° 191 - Cercado - Huancavelica
E-mail: geotecnia.top.con@gmail.com

Teléfonos:
Claro 1 : 996018890
Claro 2 : 913868548
Bítel : 929539256



ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RÍO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCVELICA 2021"

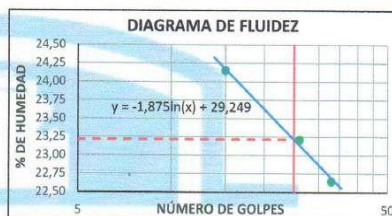
UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCVELICA
LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA

SOLICITANTE : BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA

FECHA DE ENSAYO : 13/09/2021

CALICATA : C-2
MUESTRA : M-1
COORDENADAS : ---
PROFUNDIDAD (m) : 3,00

Coordenadas	---		
Calicata	C-2		
Muestra	M-1		
Profundidad (m)	3,00		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3"	76,200	100,0
	2"	50,800	100,0
	1 1/2"	38,100	100,0
	1"	25,400	97,2
	3/4"	19,100	88,3
	3/8"	9,520	78,3
	N° 004	4,760	66,8
	N° 010	2,000	48,9
	N° 020	0,840	37,7
	N° 040	0,420	27,9
	N° 060	0,250	23,0
N° 140	0,105	20,6	
N° 200	0,074	15,4	
Contenido de Humedad (%)	1,83		
Límite Líquido (LL) (%)	23,21		
Límite Plástico (LP) (%)	20,72		
Índice Plástico (IP) (%)	2,49		
Clasificación (S.U.C.S.)	SM		
Clasificación (AASHTO)	A-1-a		
Índice de Grupo	0		



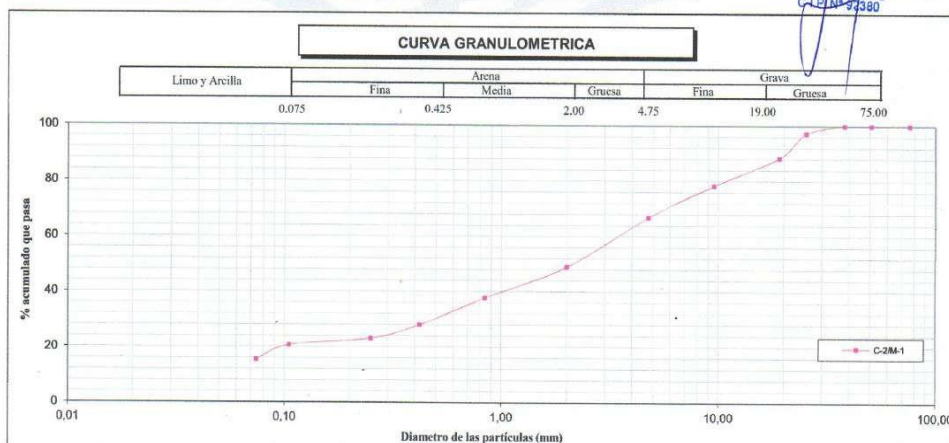
DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA

% Grava	GG %	11,7	
	GF %	21,5	33,17
	AG %	17,9	
% Arena	AM %	21,0	
	AF %	12,5	51,43
% Finos	LA %	15,4	15,4

ARENA LIMOSA CON GRAVA

A-1-a (0)


Denny E. Velásquez Osniayo
INGENIERO CIVIL
C.L.P.N° 94380



Observaciones: La muestra ha sido identificada, extraída y entregada por el solicitante.

Dirección: Av. Augusto B. Leguía N° 191 - Cercado - Huancavelica
E-mail: geotecnia.top.con@gmail.com

Teléfonos:
Claro 1 : 996018890
Claro 2 : 913868548
Bitel : 929539256



**LÍMITES DE CONSISTENCIA Y CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D4318 - D2216)**

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRAULICO PARA LA IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RÍO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCATELICA 2021"

UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCATELICA **CALICATA :** C-2

LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA **MUESTRA :** M-1

SOLICITANTE : BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA **COORDENADAS :** ---

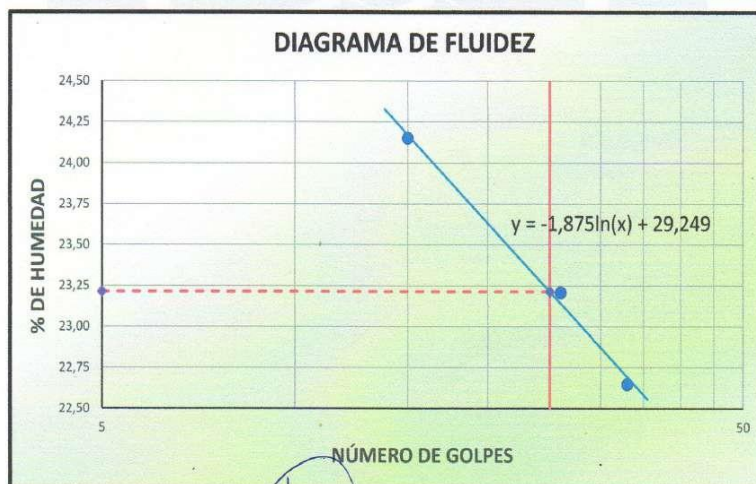
FECHA : 13/09/2021 **PROFUNDIDAD (m) :** 3,00

LÍMITE LÍQUIDO				
Nro. De Tarro	N°	T-4	T-7	T-18
T. + Suelo Húmedo	Gr.	43,78	43,71	41,64
T. + Suelo Seco	Gr.	39,51	39,60	37,79
Agua	Gr.	4,27	4,11	3,85
Peso del Tarro	Gr.	21,83	21,89	20,79
Suelo Seco	Gr.	17,68	17,71	17,00
% de Humedad	%	24,15	23,21	22,65
Nro. De Golpes	N°	15	26	33

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL				
Nro. De Tarro	N°	T-1	T-3	T-12
T. + Suelo Húmedo	Gr.	151,71	139,14	147,14
T. + Suelo Seco	Gr.	141,64	129,70	136,61
Agua	Gr.	10,07	9,44	10,53
Peso del Tarro	Gr.	29,42	22,40	22,14
Suelo Seco	Gr.	112,22	107,30	114,47
% de Humedad	%	8,97	8,80	9,20
Humedad Natural	%	8,99		

LÍMITE PLÁSTICO				
Nro. De Tarro	N°	TP-9	TP-10	TP-16
T. + Suelo Húmedo	Gr.	8,80	9,00	9,11
T. + Suelo Seco	Gr.	8,60	8,78	8,85
Agua	Gr.	0,20	0,22	0,26
Peso del Tarro	Gr.	7,62	7,73	7,60
Suelo Seco	Gr.	0,98	1,05	1,25
% de Humedad	%	20,41	20,95	20,80
Humedad Promedio	%	20,72		

LL =	Wn * (N/25) ^ 0.121
DONDE	
LL	: Límite líquido
Wn	: Contenido de humedad promedio
N	: Número de golpes
DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
L.L.	= 23,21 %
L.P.	= 20,72 %
I.P.	= 2,49 %



Observaciones: La muestra ha sido identificada, extraída y entregada por el solicitante.

 **GEOTECNIA**
TOPOGRAFÍA Y CONSTRUCCIÓN

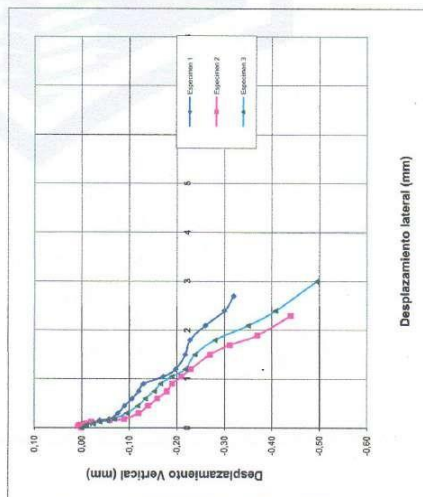
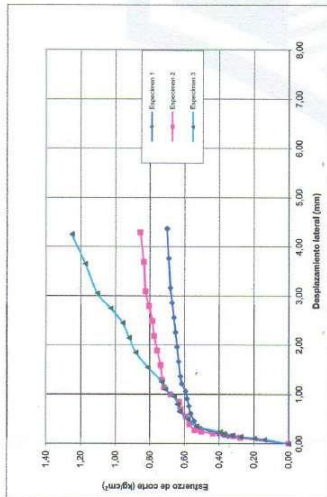
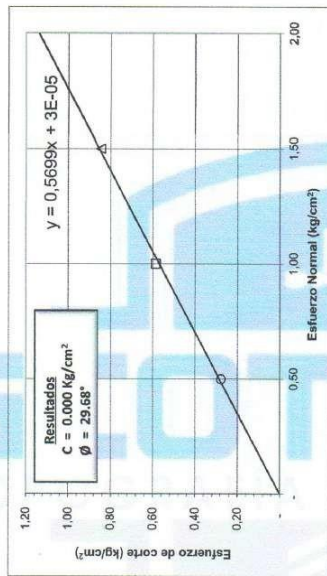
Denny E. Velásquez Osnayo
INGENIERO CIVIL
C.P. N° 92380

Dirección: Av. Augusto B. Leguía N° 191 - Cercado - Huancavelica
E-mail: geotecnia.top.con@gmail.com

Teléfonos:
Claro 1 : 996018890
Claro 2 : 913868548
Bitel : 929539256



MÉTODO ESTÁNDAR PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(ASTM D3080)



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D3080

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBERENA EN UN TRAMO DEL RÍO CHAHUARIMA, LIRCAY, HUANCAMELICA 2021"

UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA
LUGAR : C.P. DE CHAHUARIMA
SOLICITANTE : BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA
FECHA : 13/09/2021

Calicata : C-2
Muestra : M-1
SUCS : SM

Coordenadas : ---
Profundidad (m) : 3,00

Resultados:
COHESIÓN (c): 0,000 kg/cm²
ANG. FRICCIÓN (φ): 29,68 °


Denny Escobedo
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 92340

OBSERVACIONES: La muestra ha sido identificada, extraída y entregada por el solicitante.

Dirección: Av. Augusto B. Leguía N° 191 - Cercado - Huancavelica
E-mail: geotecnia.top.con@gmail.com

Teléfonos:
Claro 1 : 996018890
Claro 2 : 913868548
Bitel : 929539256



ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ULTIMA - CIMENTACION SUPERFICIAL

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RÍO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCAMELICA 2021"
UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA **CALICATA :** C-2
LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA **MUESTRA :** M-1
SOLICITANTE : BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA **PROG. (Km) :** ---
FECHA : 13/09/2021 **PROF. (m) :** 3,00

DATOS GENERALES		
Angulo de Fricción	29,68	°
Cohesión	0,00	ton/m ²
Peso Especifico de Suelo por encima del N.C.	1,13	ton/m ³
Peso Especifico de Suelo por debajo del N.C.	1,13	ton/m ³
Relación Ancho Largo (B/L)	1	
Factor de Seguridad	3	



FORMA	FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA		
	Nc	Ny	Nq
Continua	29,38	21,37	17,75
Cuadrada			

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Tipo de Cimentación	Profundidad (Df) (m)	Ancho (B) (m)	Quit (Kg/cm ²)	Qadm (kg/cm ²)
Cuadrada	0,80	0,80	2,38	0,79
	0,80	1,00	2,57	0,86
	0,80	1,50	3,05	1,02
	0,80	1,80	3,34	1,11
	1,00	0,80	2,78	0,93
	1,00	1,00	2,97	0,99
	1,00	1,50	3,45	1,15
	1,00	1,80	3,74	1,25
	1,20	0,80	3,18	1,06
	1,20	1,00	3,37	1,12
	1,20	1,50	3,86	1,29
	1,20	1,80	4,15	1,38
	1,50	0,80	3,78	1,26
	1,50	1,00	3,97	1,32
	1,50	1,50	4,46	1,49
	1,50	1,80	4,75	1,58
	2,00	0,80	4,78	1,59
	2,00	1,00	4,98	1,66
2,00	1,50	5,46	1,82	
2,00	1,80	5,75	1,92	


GEOTECNIA
 TOPOGRAFIA Y CONSTRUCCION
 Denny E. Velásquez Osnayo
 INGENIERO CIVIL
 O.T.P. N° 92380

Dirección: Av. Augusto B. Leguía N° 191 - Cercado - Huancavelica
E-mail: geotecnia.top.con@gmail.com

Teléfonos:
 Claro 1 : 996018890
 Claro 2 : 913868548
 Bitel : 929539256



CALICATA N° 03

GEOTECNIA

ENSAYOS:

- ❖ Análisis granulométrico por tamizado.
- ❖ Límites de consistencia.
- ❖ Contenido de humedad.
- ❖ Clasificación SUCS y AASHTO.
- ❖ Corte directo.



REGISTRO DE EXCAVACION - PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RÍO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCVELICA 2021"

UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCVELICA **CALICATA :** C-3

LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA **MUESTRA :** M-1

SOLICITANTE : BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA **COORDENADAS :** --

FECHA DE EXCAVACION : 13/09/2021 **PROFUNDIDAD TOTAL (m) :** 3,00

FECHA DE ENSAYO : 13/09/2021 **PROF. NIVEL FREATICO (m) :** --

G R A F I C O	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; grado de compacidad/consistencia; índice de plasticidad/compresibilidad; contenido de humedad y color. Otros: forma del material granular, presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos/cantos, etc.	SUCS	GRANULOMETRIA				L.L.	L.P.	H.N.	N° DE MUESTRA		
				<	0,075	4,750							
				mm	mm	mm	%					%	%
		Material formado por: ARENA LIMOSA CON GRAVA CON BLOQUES	SM	34,17	37,11	28,72	28,48	27,45	4,79	M-1			
		De color: BEIGE	A-2-4										
		Material granular menor a: 3"	0										
		Material: NO PLASTICO											


GEOTECNIA
TOPOGRAFIA Y CONSTRUCCION
Denny E. Velásquez Osnaya
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 92380

OBSERVACIONES: La muestra ha sido identificada, extraída y entregada por el solicitante.

Dirección: Av. Augusto B. Leguía N° 191 - Cercado - Huancavelica
E-mail: geotecnia.top.con@gmail.com

Teléfonos:
Claro 1 : 996018890
Claro 2 : 913868548
Bitel : 929539256

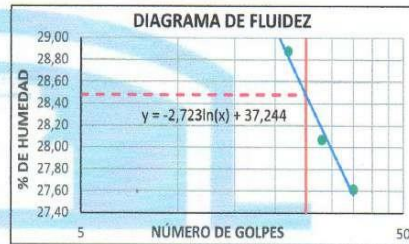
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RÍO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCVELICA 2021"

UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCVELICA
LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA
SOLICITANTE : BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA
FECHA DE ENSAYO : 13/09/2021

CALICATA : C-3
MUESTRA : M-1
COORDENADAS : ---
PROFUNDIDAD (m) : 3,00

Coordenadas	---		
Calicata	C-3		
Muestra	M-1		
Profundidad (m)	3,00		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3"	76,200	100,0
	2"	50,800	86,3
	1 1/2"	38,100	86,3
	1"	25,400	84,0
	3/4"	19,100	82,1
	3/8"	9,520	77,7
	N° 004	4,760	71,3
	N° 010	2,000	63,8
	N° 020	0,840	57,9
	N° 040	0,420	53,6
	N° 060	0,250	51,2
N° 140	0,105	48,8	
N° 200	0,074	34,2	
Contenido de Humedad (%)	4,79		
Límite Líquido (LL) (%)	28,48		
Límite Plástico (LP) (%)	27,45		
Índice Plástico (IP) (%)	1,03		
Clasificación (S.U.C.S.)	SM		
Clasificación (AASHTO)	A-2-4		
Índice de Grupo	0		

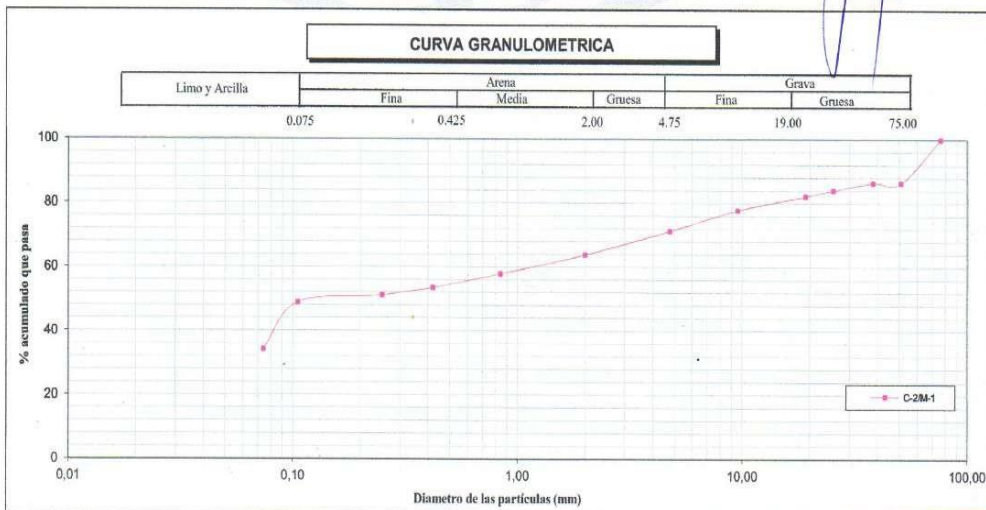


DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA

% Grava	GG %	17,9	
	GF %	10,8	28,72
	AG %	7,4	
% Arena	AM %	10,3	
	AF %	19,4	37,11
% Finos	LA %	34,2	34,17

ARENA LIMOSA CON GRAVA CON BLOQUES
A-2-4 (0)

 **GEOTECNIA**
TOPOGRAFÍA Y CONSTRUCCIÓN
Denny E. Velásquez Osrayo
INGENIERO CIVIL
C.I.F. N° 92680



Observaciones: La muestra ha sido identificada, extraída y entregada por el solicitante.

Dirección: Av. Augusto B. Leguía N° 191 - Cercado - Huancavelica
E-mail: geotecnia.top.con@gmail.com

Teléfonos:
Claro 1 : 996018890
Claro 2 : 913868548
Bitel : 929539256



**LÍMITES DE CONSISTENCIA Y CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D4318 - D2216)**

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RÍO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCAVELICA 2021"

UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAVELICA **CALICATA :** C-3
LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA **MUESTRA :** M-1

SOLICITANTE : BACH. SYNTIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA **COORDENADAS :** ---

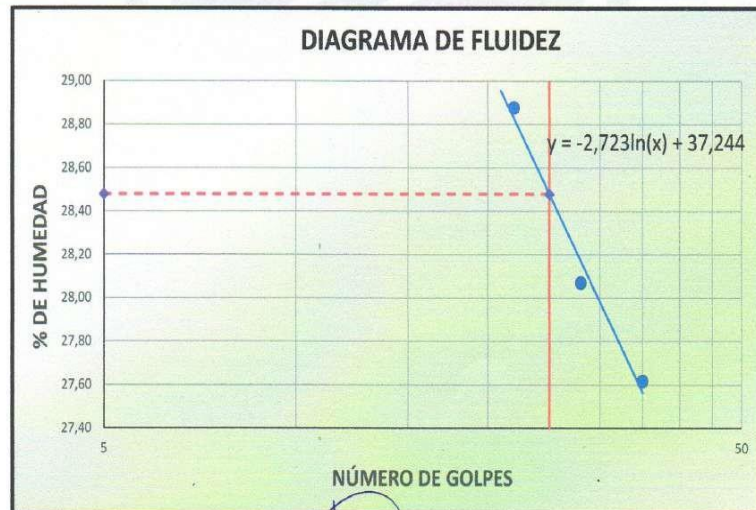
FECHA : 13/09/2021 **PROFUNDIDAD (m) :** 3,00

LÍMITE LÍQUIDO				
Nro. De Tarro	N°	T-1	T-19	T-22
T. + Suelo Húmedo	Gr.	49,27	53,53	46,18
T. + Suelo Seco	Gr.	44,82	48,57	41,88
Agua	Gr.	4,45	4,96	4,30
Peso del Tarro	Gr.	29,41	30,90	26,31
Suelo Seco	Gr.	15,41	17,67	15,57
% de Humedad	%	28,88	28,07	27,62
Nro. De Golpes	N°	22	28	35

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL				
Nro. De Tarro	N°	T-4	T-9	T-19
T. + Suelo Húmedo	Gr.	147,55	141,47	167,94
T. + Suelo Seco	Gr.	137,32	130,58	155,40
Agua	Gr.	10,23	10,89	12,54
Peso del Tarro	Gr.	21,84	20,54	30,91
Suelo Seco	Gr.	115,48	110,04	124,49
% de Humedad	%	8,86	9,90	10,07
Humedad Natural	%	9,61		

LÍMITE PLÁSTICO				
Nro. De Tarro	N°	TP-4	TP-18	TP-23
T. + Suelo Húmedo	Gr.	9,66	9,19	9,37
T. + Suelo Seco	Gr.	9,39	8,89	9,10
Agua	Gr.	0,27	0,30	0,27
Peso del Tarro	Gr.	8,39	7,80	8,13
Suelo Seco	Gr.	1,00	1,09	0,97
% de Humedad	%	27,00	27,52	27,84
Humedad Promedio	%	27,45		

LL =	Wn * (N/25) ^ 0.121
DONDE	
LL	: Límite líquido
Wn	: Contenido de humedad promedio
N	: Número de golpes
DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
L.L.	= 26,48 %
L.P.	= 27,45 %
I.P.	= 1,03 %



Observaciones: La muestra ha sido identificada, extraída y entregada por el solicitante.



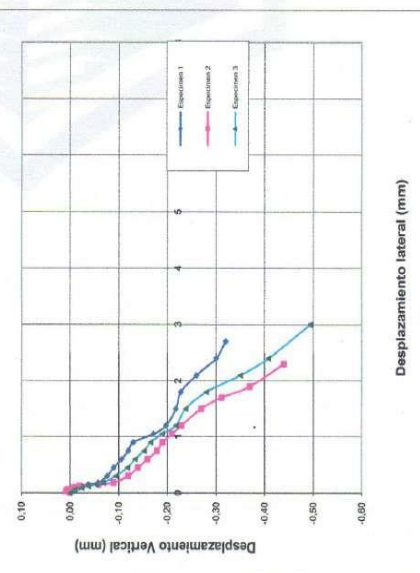
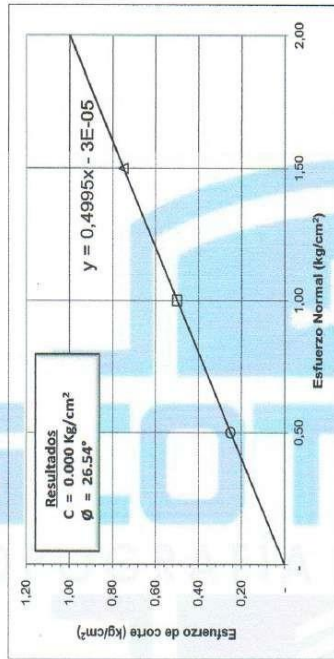
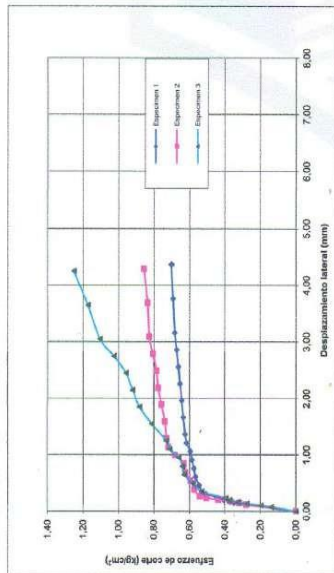
Denny E. Velásquez Osnayo
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 92390

Dirección: Av. Augusto B. Leguía N° 191 - Cercado - Huancavelica
E-mail: geotecnia.top.con@gmail.com

Teléfonos:
Claro 1 : 996018890
Claro 2 : 913868548
Bitel : 929539256



MÉTODO ESTANDAR PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(ASTM D3080)



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D3080

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBERENA EN UN TRAMO DEL RIO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCAMELICA 2021"

UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA
LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA
SOLICITANTE : BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA
FECHA : 13/09/2021

Calicata : C-3 Coordenadas : ---
Muestra : M-1 Profundidad (m) : 3,00
SUCS : SM

Resultados:
COHESIÓN (c): 0,000 kg/cm2
ANG. FRICCIÓN (φ): 26,5 °


Denny E. Velazquez Osmaño
INGENIERO Civil
C.N.V. 133386

OBSERVACIONES:

La muestra ha sido identificada, extraída y entregada por el solicitante.

Dirección: Av. Augusto B. Leguía N° 191 - Cercado - Huancavelica
E-mail: geotecnia.top.con@gmail.com

Teléfonos:
Claro 1 : 996018890
Claro 2 : 913868548
Bitel : 929539256



ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ULTIMA - CIMENTACION SUPERFICIAL

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RÍO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCVELICA 2021"

UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCVELICA **CALICATA :** C-3
LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA **MUESTRA :** M-1
SOLICITANTE : BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA **PROG. (Km) :** ---
FECHA : 13/09/2021 **PROF. (m) :** 3,00

DATOS GENERALES		
Angulo de Fricción	26,54	°
Cohesión	0,00	ton/m ²
Peso Específico de Suelo por encima del N.C.	1,46	ton/m ³
Peso Específico de Suelo por debajo del N.C.	1,46	ton/m ³
Relación Ancho Largo (B/L)	1	
Factor de Seguridad	3	



FORMA	FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA		
	Nc	Ny	Nq
Continua			
Cuadrada	23,15	13,55	12,56

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Tipo de Cimentación	Profundidad (Df) (m)	Ancho (B) (m)	Qult (Kg/cm ²)	Qadm (kg/cm ²)
Cuadrada	0,80	0,80	2,10	0,70
	0,80	1,00	2,26	0,75
	0,80	1,50	2,65	0,88
	0,80	1,80	2,89	0,96
	1,00	0,80	2,47	0,82
	1,00	1,00	2,62	0,87
	1,00	1,50	3,02	1,01
	1,00	1,80	3,26	1,09
	1,20	0,80	2,83	0,94
	1,20	1,00	2,99	1,00
	1,20	1,50	3,39	1,13
	1,20	1,80	3,62	1,21
	1,50	0,80	3,38	1,13
	1,50	1,00	3,54	1,18
	1,50	1,50	3,94	1,31
	1,50	1,80	4,17	1,39
2,00	0,80	4,30	1,43	
2,00	1,00	4,46	1,49	
2,00	1,50	4,85	1,62	
2,00	1,80	5,09	1,70	


Denny E. Velásquez Osnaño
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 92280



CALICATA N° 04

GEOTECNIA

ENSAYOS:

- ❖ Análisis granulométrico por tamizado.
- ❖ Límites de consistencia.
- ❖ Contenido de humedad.
- ❖ Clasificación SUCS y AASHTO.
- ❖ Corte directo.



REGISTRO DE EXCAVACION - PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RÍO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCVELICA 2021"

UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCVELICA **CALICATA** : C-4
LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA **MUESTRA** : M-1

SOLICITANTE : BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA **COORDENADAS** : ---

FECHA DE EXCAVACION : 13/09/2021 **PROFUNDIDAD TOTAL (m)** : 3,00
FECHA DE ENSAYO : 13/09/2021 **PROF. NIVEL FREATICO (m)** : ---

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; grado de compacidad/consistencia; índice de plasticidad/compresibilidad; contenido de humedad y color. Otros: forma del material granular, presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos/cantos, etc.	SUCS		GRANULOMETRIA			L.L.	L.P.	H.N.	N° DE MUESTRA
			AASHTO		<	0,075	4,750				
					mm	mm	mm				
0,50		Material formado por: ARENA LIMOSA CON GRAVA CON BLOQUES	SM	49,16	26,30	24,54	17,02	14,86	4,02	M-1	
1,00		De color: MARRÓN CLARO	A-4								
1,50		Material granular menor a: 3"	3								
2,00		Material: NO PLÁSTICO									
2,50											
3,00											
4,00											


Denny E. Vasquez Osnayo
INGENIERO CIVIL
C.I.F. N° 92380

OBSERVACIONES: La muestra ha sido identificada, extraída y entregada por el solicitante.

Dirección: Av. Augusto B. Leguía N° 191 - Cercado - Huancavelica
E-mail: geotecnia.top.con@gmail.com

Teléfonos:
Claro 1 : 996018890
Claro 2 : 913868548
Bitel : 929539256

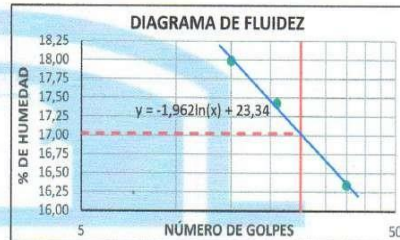


ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RÍO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCVELICA 2021"

UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCVELICA CALICATA : C-4
LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA MUESTRA : M-1
SOLICITANTE : BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA COORDENADAS : ---
FECHA DE ENSAYO : 13/09/2021 PROFUNDIDAD (m) : 3,00

Coordenadas	---		
Calicata	C-4		
Muestra	M-1		
Profundidad (m)	3,00		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3"	76,200	100,0
	2"	50,800	96,9
	1 1/2"	38,100	94,6
	1"	25,400	91,6
	3/4"	19,100	87,4
	3/8"	9,520	81,1
	N° 004	4,760	75,5
	N° 010	2,000	70,4
	N° 020	0,840	66,7
	N° 040	0,420	62,5
	N° 060	0,250	57,5
	N° 140	0,105	55,7
N° 200	0,074	49,2	
Contenido de Humedad (%)	4,02		
Límite Líquido (LL) (%)	17,02		
Límite Plástico (LP) (%)	14,86		
Índice Plástico (IP) (%)	2,17		
Clasificación (S.U.C.S.)	SM		
Clasificación (AASHTO)	A-4		
Índice de Grupo	3		



DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA

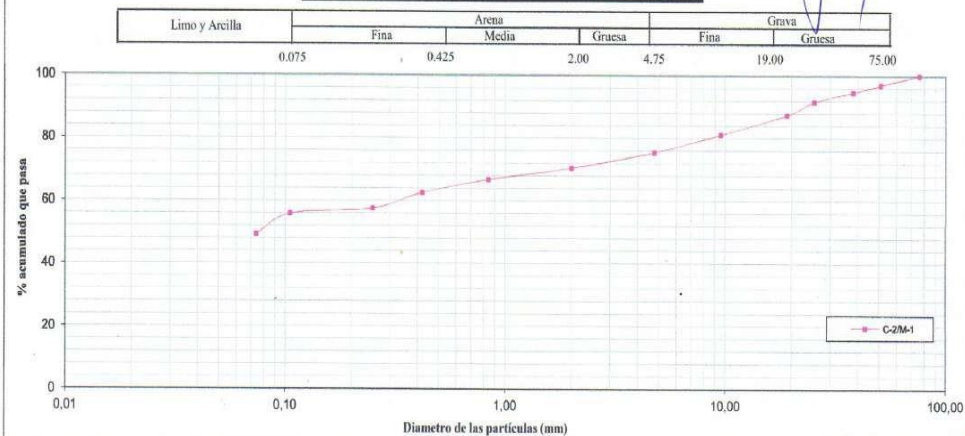
% Grava	GG %	12,6	24,54
	GF %	11,9	
% Arena	AG %	5,0	26,30
	AM %	7,9	
% Finos	AF %	13,4	49,16
	LA %	49,2	

ARENA LIMOSA CON GRAVA CON BLOQUES

A-4 (3)


Denny E. Velásquez Osnayo
INGENIERO CIVIL
C.P. N° 82360

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones: La muestra ha sido identificada, extraída y entregada por el solicitante.

Dirección: Av. Augusto B. Leguía N° 191 - Cercado - Huancavelica
E-mail: geotecnia.top.con@gmail.com

Teléfonos:
Claro 1 : 996018890
Claro 2 : 913868548
Bitel : 929539256



LÍMITES DE CONSISTENCIA Y CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D4318 - D2216)

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RÍO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCVELICA 2021"

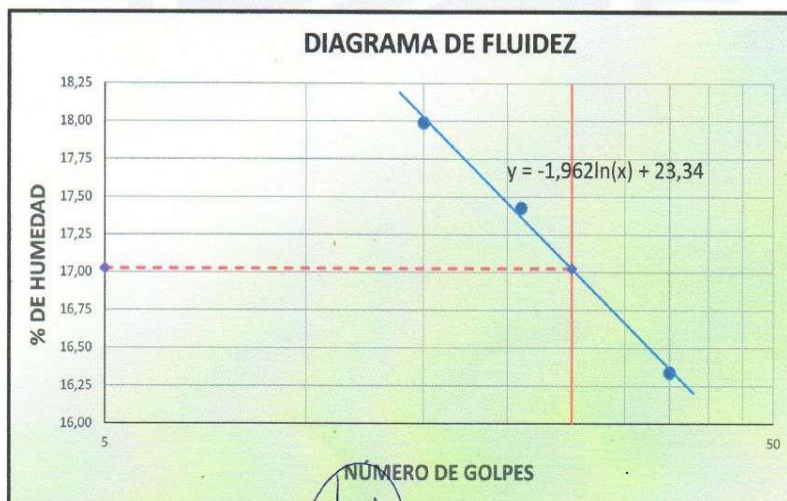
UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCVELICA CALICATA : C-4
LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA MUESTRA : M-1
SOLICITANTE : BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA COORDENADAS : --
FECHA : 13/09/2021 PROFUNDIDAD (m) : 3,00

LÍMITE LÍQUIDO				
Nro. De Tarro	Nº	T-3	T-6	T-8
T. + Suelo Húmedo	Gr.	48,57	45,38	45,48
T. + Suelo Seco	Gr.	44,58	42,63	42,07
Agua	Gr.	3,99	2,75	3,41
Peso del Tarro	Gr.	22,40	26,85	21,20
Suelo Seco	Gr.	22,18	15,78	20,87
% de Humedad	%	17,99	17,43	16,34
Nro. De Golpes	Nº	15	21	35

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL				
Nro. De Tarro	Nº	T-6	T-17	T-18
T. + Suelo Húmedo	Gr.	202,18	178,98	162,51
T. + Suelo Seco	Gr.	195,65	172,52	156,63
Agua	Gr.	6,53	6,46	5,88
Peso del Tarro	Gr.	26,85	21,90	20,80
Suelo Seco	Gr.	168,80	150,62	135,83
% de Humedad	%	3,87	4,29	4,33
Humedad Natural	%		4,16	

LÍMITE PLÁSTICO				
Nro. De Tarro	Nº	TP-2	TP-6	TP-19
T. + Suelo Húmedo	Gr.	9,41	9,91	9,71
T. + Suelo Seco	Gr.	9,24	9,72	9,52
Agua	Gr.	0,17	0,19	0,19
Peso del Tarro	Gr.	8,06	8,47	8,25
Suelo Seco	Gr.	1,18	1,25	1,27
% de Humedad	%	14,41	15,20	14,96
Humedad Promedio	%		14,86	

LL =		Wn * (N/25) ^ 0.121	
DONDE			
LL	:	Limite líquido	
Wn	:	Contenido de humedad promedio	
N	:	Número de golpes	
DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD			
L.L.	=	17,02	%
L.P.	=	14,86	%
I.P.	=	2,17	%



Observaciones: La muestra ha sido identificada, extraída y entregada por el solicitante.

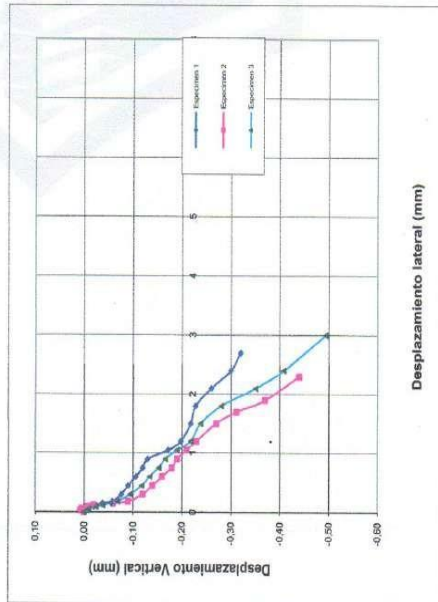
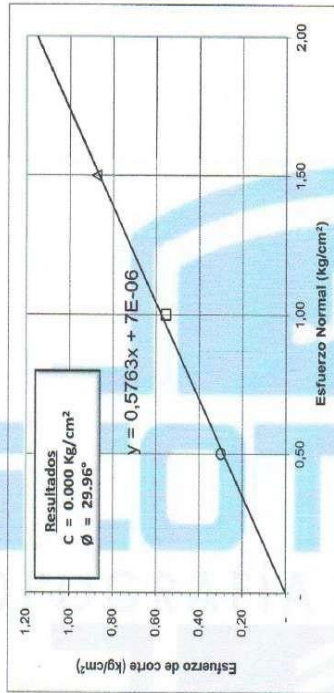
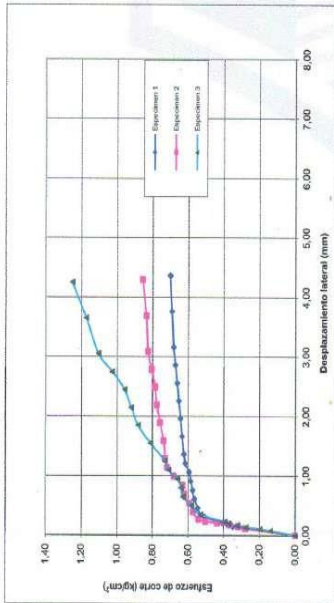

Denny E. Velásquez Osnayo
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 92180

Dirección: Av. Augusto B. Leguía N° 191 - Cercado - Huancavelica
E-mail: geotecnia.top.con@gmail.com

Teléfonos:
Claro 1 : 996018890
Claro 2 : 913868548
Bitel : 929539256



**MÉTODO ESTÁNDAR PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(ASTM D3080)**



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D3080**

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBERENA EN UN TRAMO DEL RIO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCAMELICA 2021"

UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCAMELICA

LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA

SOLICITANTE : BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA

FECHA : 13/09/2021

Calicata : C-4 **Coordenadas:** ---

Muestra : M-1 **Profundidad (m):** 3,00

SUCS : SM

Resultados:

COHESIÓN (c): 0,000 kg/cm²

ANG. FRICCIÓN (φ): 29,96 °

GEOTECNIA
TOPOGRAFIA Y CONSTRUCCION

GEOTECNIA
TOPOGRAFIA Y CONSTRUCCION

Denny E. Velásquez Osnayo
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 93380

OBSERVACIONES: La muestra ha sido identificada, extraída y entregada por el solicitante.

Dirección: Av. Augusto B. Leguía N° 191 - Cercado - Huancavelica
E-mail: geotecnia.top.con@gmail.com

Teléfonos:

Claro 1 : 996018890

Claro 2 : 913868548

Bitel : 929539256



ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ULTIMA - CIMENTACION SUPERFICIAL

PROYECTO : "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES POR CAUDALES MÁXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBERENA EN UN TRAMO DEL RÍO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCVELICA 2021"

UBICACIÓN : LIRCAY - ANGARAES - HUANCVELICA **CALICATA :** C-4
LUGAR : C.P. DE CHAHUARMA **MUESTRA :** M-1
SOLICITANTE : BACH. SYNTHIA GINA ESPINOZA VILCA Y BACH. MONICA HUAMAN SACHA **PROG. (Km) :** --
FECHA : 13/09/2021 **PROF. (m) :** 3,00

DATOS GENERALES		
Angulo de Fricción	29,96	°
Cohesión	0,00	ton/m ²
Peso Especifico de Suelo por encima del N.C.	1,41	ton/m ³
Peso Especifico de Suelo por debajo del N.C.	1,41	ton/m ³
Relación Ancho Largo (B/L)	1	
Factor de Seguridad	3	



FORMA	FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA		
	Nc	Nγ	Nq
Continua			
Cuadrada	30,04	22,27	18,32

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Tipo de Cimentación	Profundidad (Df) (m)	Ancho (B) (m)	Qult (Kg/cm ²)	Qadm (kg/cm ²)
Cuadrada	0,80	0,80	3,07	1,02
	0,80	1,00	3,32	1,11
	0,80	1,50	3,95	1,32
	0,80	1,80	4,33	1,44
	1,00	0,80	3,59	1,20
	1,00	1,00	3,84	1,28
	1,00	1,50	4,47	1,49
	1,00	1,80	4,84	1,61
	1,20	0,80	4,10	1,37
	1,20	1,00	4,36	1,45
	1,20	1,50	4,98	1,66
	1,20	1,80	5,36	1,79
	1,50	0,80	4,88	1,63
	1,50	1,00	5,13	1,71
	1,50	1,50	5,76	1,92
	1,50	1,80	6,14	2,05
	2,00	0,80	6,17	2,06
	2,00	1,00	6,42	2,14
	2,00	1,50	7,05	2,35
	2,00	1,80	7,43	2,48


Denny E. Velásquez Osnayo
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 92580

Anexo 5

Cálculo de los parámetros hidrológicos

CALCULO DE LOS PARAMETROS HIDROLOGICOS

CUADRON °1: REGISTRO HISTORICO

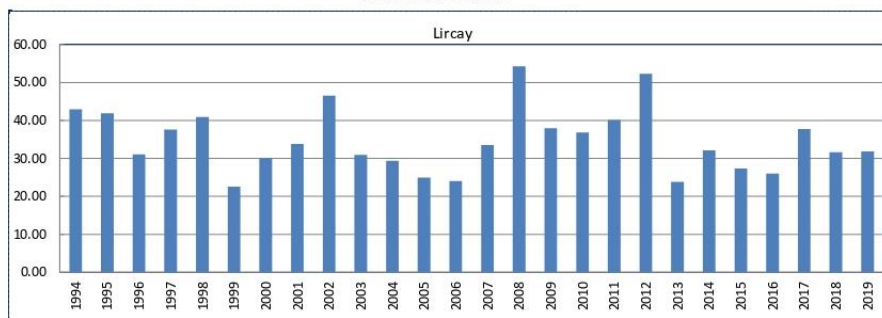
ESTACION LIRCAY

Estación : LIRCAY **Longitud :** 12°58'53.24"
Parámetro : PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm) **Latitud :** 74°43'5.13"
Altitud : 3303 msnm **Dpto. :** Huancavelica
Prov. : Angaraes
Dist. : Lircay

ANO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	MAXIMO	CORR
1994	31.7	38	36.3	16	12.8	4.6	0.5	0	6.4	16.9	13.3	12.5	38.0	42.94
1995	20.5	37.1	14.6	8	10.8	0	3.4	7	8.2	12.6	13.7	12.5	37.1	41.92
1996	27.5	24.5	21.2	19.8	8.4	0	0	8.9	7.2	9.8	12	11	27.5	31.08
1997	32.5	26.5	10.5	19.8	5.9	1.9	0	9	20.7	7.9	16.1	33.3	33.3	37.63
1998	36.2	19.7	19.2	17.5	0	6.1	0	2.5	8.9	17.4	20.6	16	36.2	40.91
1999	13.4	13.3	13.8	20	16.3	6.4	18.1	0	5.6	12.5	10.2	14.9	20.0	22.60
2000	18.1	26.6	15.9	5	12.6	13.5	16.2	8.8	6.7	21.4	7.6	20	26.6	30.06
2001	29.2	19	16.3	17.4	15	2.5	5.2	6.6	17.2	10.1	12.4	29.9	29.9	33.79
2002	26.5	41.2	28.7	19	18.4	5.1	15.1	5.7	11.1	22.1	19.6	28	41.2	46.56
2003	20.2	27.4	18.3	10	14.5	0.4	3.2	8.2	8.8	9.2	19.3	21.7	27.4	30.96
2004	19.3	26	13.5	6.7	9.3	10.6	8	4.5	8.7	6.2	9.9	17.1	26.0	29.38
2005	13.1	22.1	21.3	13.8	14.6	1.4	13.6	2.7	13.2	19.6	6.4	17.7	22.1	24.97
2006	20.2	21.3	18.6	8.1	1.2	2.4	1.9	8.7	6.1	9.6	13.4	20	21.3	24.07
2007	19.3	11.2	29.7	10.3	10.4	0	17.9	1.2	5.6	9.3	9.1	18.4	29.7	33.56
2008	48	18.4	9.6	9.6	6.5	6	3.5	1.7	4.9	8.3	3.6	14	48.0	54.24
2009	22	23.1	14.9	15.2	6.3	1.1	13.6	2.5	7.8	14	33.6	24.5	33.6	37.97
2010	25.7	16	19.7	9.7	12.7	4.8	0	1.2	4.8	7	9.9	32.6	32.6	36.84
2011	21.1	35.5	28.5	14.5	8	2.4	8.3	5.2	11.2	9.4	10.9	7.9	35.5	40.12
2012	14.2	46.3	17.2	19.3	9	9.9	2.9	1.4	13	15	13	31.3	46.3	52.32
2013	15.4	15.5	21.1	7.1	14.2	2.9	3.1	9.5	3.6	12.2	6.2	17.5	21.1	23.84
2014	21.7	21	13.3	21.9	8.7	7	4.5	14	11.8	28.4	6	12.1	28.4	32.09
2015	20.3	16.9	24.2	12.6	10.5	2.3	3.6	9.5	3.2	6.2	8.6	22.1	24.2	27.35
2016	9.8	21.5	10.8	23	4.2	6.6	13.5	2.8	3.8	9.5	6.9	9.4	23.0	25.99
2017	33.4	27.3	17.1	16.3	9.4	2.8	14.8	4.1	14.8	18.6	7	23.5	33.4	37.74
2018	15.2	28	17.8	5.7	14.3	6.2	11.1	15.6	3.9	12.1	14.9	11.2	28.0	31.64
2019	24.7	21.6	27.9	12.5	7.8	3.7	7.9	0	5.7	15.3	28.2	25.5	28.2	31.87
DES. EST.	8.5	8.7	6.6	5.4	4.5	3.4	6.2	4.3	4.4	5.6	6.9	7.4	7.4	8.4
MÁXIMO	48.0	46.3	36.3	23.0	18.4	13.5	18.1	15.6	20.7	28.4	33.6	33.3	48.0	54.2
MÍNIMO	9.8	11.2	9.6	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	6.2	3.6	7.9	20.0	22.6
Nº Datos	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0

FUENTE: SENAMHI.

Histograma Histórico
ESTACION LIRCAY



CUADRO N°2: DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS

ESTACIÓN LIRCAY

Nº	AÑO	P24	log(P24)
1	1994	42.94	1.6329
2	1995	41.92	1.6225
3	1996	31.08	1.4924
4	1997	37.63	1.5755
5	1998	40.91	1.6118
6	1999	22.60	1.3541
7	2000	30.06	1.4780
8	2001	33.79	1.5287
9	2002	46.56	1.6680
10	2003	30.96	1.4908
11	2004	29.38	1.4681
12	2005	24.97	1.3975
13	2006	24.07	1.3815
14	2007	33.56	1.5258
15	2008	54.24	1.7343
16	2009	37.97	1.5794
17	2010	36.84	1.5663
18	2011	40.12	1.6033
19	2012	52.32	1.7187
20	2013	23.84	1.3774
21	2014	32.09	1.5064
22	2015	27.35	1.4369
23	2016	25.99	1.4148
24	2017	37.74	1.5768
25	2018	31.64	1.5002
26	2019	31.87	1.5033

	P24	Log (P24)
Numero de datos n	26	26
Suma Σ	902.4	39.7453
Máximo	54.2	1.7343
Mínimo	22.6	1.3541
Promedio \bar{x}	34.7	1.5287
Desviación estándar s	8.3880	0.1026
Coficiente asimetría Cs	0.6851	0.1855
Cs/6 k	0.1142	0.0309

PRUEBA DE DATOS DUDOSOS (Método Water Resources Council)

n = 26
Kn = 2.50

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

⇒ Umbral de datos dudosos **altos** (x_H : unid. logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + Kn \cdot s \Rightarrow x_H = 1.7854$$

Precipitación máxima aceptada

$$Y_H = 10^{x_H} \Rightarrow PH = 61.00 \text{ mm}$$

⇒ Umbral de datos dudosos **bajos** (x_L : unid. logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - Kn \cdot s \Rightarrow x_L = 1.2719788$$

Precipitación mínima aceptada

$$Y_L = 10^{x_L} \Rightarrow PL = 18.7 \text{ mm}$$

Nota: Se observa que todos los valores 'P24' están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 18.70 y 61.00 mm. **No existen datos dudosos.**

* Referencia: Tabla 12.5.3 - Hidrología Aplicada, Ven Te Chow (pag 416)



Resultados

Ajuste de una serie de datos a la distribución Normal

Serie de datos X:

Nº	X
1	42.94
2	41.923
3	31.075
4	37.629
5	40.906
6	22.6
7	30.058
8	33.787
9	46.556
10	30.962
11	29.38
12	24.973
13	24.069
14	33.561
15	54.24
16	37.968
17	36.838
18	40.115
19	52.319
20	23.843
21	32.092
22	27.346
23	25.99
24	37.742
25	31.64
26	31.866

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	22.6	0.0370	0.0744	0.0760	0.0374
2	23.843	0.0741	0.0976	0.0994	0.0235
3	24.069	0.1111	0.1023	0.1041	0.0088
4	24.973	0.1481	0.1229	0.1248	0.0253
5	25.99	0.1852	0.1493	0.1512	0.0359
6	27.346	0.2222	0.1900	0.1919	0.0322
7	29.38	0.2593	0.2626	0.2643	0.0034
8	30.058	0.2963	0.2896	0.2911	0.0066
9	30.962	0.3333	0.3276	0.3288	0.0058
10	31.075	0.3704	0.3324	0.3337	0.0379
11	31.64	0.4074	0.3573	0.3583	0.0502
12	31.866	0.4444	0.3674	0.3684	0.0771
13	32.092	0.4815	0.3776	0.3785	0.1039
14	33.561	0.5185	0.4456	0.4460	0.0729
15	33.787	0.5556	0.4563	0.4566	0.0993
16	36.838	0.5926	0.6002	0.5994	0.0076
17	37.629	0.6296	0.6362	0.6351	0.0065
18	37.742	0.6667	0.6412	0.6401	0.0255
19	37.968	0.7037	0.6512	0.6501	0.0525
20	40.115	0.7407	0.7404	0.7387	0.0003
21	40.906	0.7778	0.7700	0.7682	0.0078
22	41.923	0.8148	0.8051	0.8033	0.0097
23	42.94	0.8519	0.8368	0.8349	0.0151
24	46.556	0.8889	0.9211	0.9194	0.0322
25	52.319	0.9259	0.9821	0.9814	0.0562
26	54.24	0.9630	0.9901	0.9896	0.0271

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1039, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución normal:

Con momentos ordinarios:
 Parámetro de localización (Xm)= 34.7084
 Parámetro de escala (S)= 8.388

Con momentos lineales:
 Media lineal (Xl)= 34.7084
 Desviación estándar lineal (Sl)= 8.4546

Resultados

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 2 parámetros

Serie de datos X:

N°	X
1	42.94
2	41.923
3	31.075
4	37.629
5	40.906
6	22.6
7	30.058
8	33.787
9	46.556
10	30.962
11	29.38
12	24.973
13	24.069
14	33.561
15	54.24
16	37.968
17	36.838
18	40.115
19	52.319
20	23.843
21	32.092
22	27.346
23	25.99
24	37.742
25	31.64
26	31.866

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	22.6	0.0370	0.0444	0.0489	0.0118
2	23.843	0.0741	0.0701	0.0756	0.0015
3	24.069	0.1111	0.0756	0.0813	0.0298
4	24.973	0.1481	0.1004	0.1066	0.0415
5	25.99	0.1852	0.1335	0.1400	0.0452
6	27.346	0.2222	0.1855	0.1920	0.0303
7	29.38	0.2593	0.2773	0.2826	0.0234
8	30.058	0.2963	0.3105	0.3152	0.0189
9	30.962	0.3333	0.3561	0.3598	0.0265
10	31.075	0.3704	0.3619	0.3654	0.0049
11	31.64	0.4074	0.3908	0.3937	0.0137
12	31.866	0.4444	0.4024	0.4050	0.0394
13	32.092	0.4815	0.4141	0.4163	0.0651
14	33.561	0.5185	0.4890	0.4893	0.0292
15	33.787	0.5556	0.5003	0.5003	0.0552
16	36.838	0.5926	0.6431	0.6395	0.0469
17	37.629	0.6296	0.6761	0.6717	0.0420
18	37.742	0.6667	0.6807	0.6761	0.0095
19	37.968	0.7037	0.6896	0.6849	0.0188
20	40.115	0.7407	0.7666	0.7606	0.0198
21	40.906	0.7778	0.7911	0.7848	0.0070
22	41.923	0.8148	0.8197	0.8132	0.0016
23	42.94	0.8519	0.8451	0.8386	0.0133
24	46.556	0.8889	0.9128	0.9069	0.0180
25	52.319	0.9259	0.9680	0.9643	0.0383
26	54.24	0.9630	0.9775	0.9745	0.0115

Ajuste con momentos lineales:

Como el delta teórico 0.0651, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución logNormal:

Con momentos ordinarios:
 Parámetro de escala (μ_y)= 3.5199
 Parámetro de forma (S_y)= 0.2362

Con momentos lineales:
 Parámetro de escala (μ_l)= 3.5199
 Parámetro de forma (S_l)= 0.2427

Resultados

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 3 parámetros

Serie de datos X:

N°	X
1	42.94
2	41.923
3	31.075
4	37.629
5	40.906
6	22.6
7	30.058
8	33.787
9	46.556
10	30.962
11	29.38
12	24.973
13	24.069
14	33.561
15	54.24
16	37.968
17	36.838
18	40.115
19	52.319
20	23.843
21	32.092
22	27.346
23	25.99
24	37.742
25	31.64
26	31.866

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	Z	F(Z)	Delta
1	22.6	0.0370	-1.9426	0.0260	0.0110
2	23.843	0.0741	-1.6221	0.0524	0.0217
3	24.069	0.1111	-1.5680	0.0584	0.0527
4	24.973	0.1481	-1.3619	0.0866	0.0615
5	25.99	0.1852	-1.1484	0.1254	0.0598
6	27.346	0.2222	-0.8887	0.1871	0.0351
7	29.38	0.2593	-0.5427	0.2937	0.0344
8	30.058	0.2963	-0.4370	0.3311	0.0348
9	30.962	0.3333	-0.3025	0.3811	0.0478
10	31.075	0.3704	-0.2861	0.3874	0.0170
11	31.64	0.4074	-0.2060	0.4184	0.0110
12	31.866	0.4444	-0.1747	0.4307	0.0138
13	32.092	0.4815	-0.1437	0.4429	0.0386
14	33.561	0.5185	0.0490	0.5195	0.0010
15	33.787	0.5556	0.0774	0.5309	0.0247
16	36.838	0.5926	0.4330	0.6675	0.0749
17	37.629	0.6296	0.5177	0.6977	0.0680
18	37.742	0.6667	0.5295	0.7018	0.0351
19	37.968	0.7037	0.5531	0.7099	0.0062
20	40.115	0.7407	0.7669	0.7784	0.0377
21	40.906	0.7778	0.8414	0.7999	0.0222
22	41.923	0.8148	0.9341	0.8249	0.0101
23	42.94	0.8519	1.0236	0.8470	0.0049
24	46.556	0.8889	1.3186	0.9064	0.0175
25	52.319	0.9259	1.7283	0.9580	0.0321
26	54.24	0.9630	1.8515	0.9680	0.0050

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.0749, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución lognormal:

Parámetro de posición (x_0)= 13.2515
 Parámetro de escala (μy)= 2.992
 Parámetro de forma (Sy)= 0.3896

Resultados

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 2 parámetros

Serie de datos X:

N°	X
1	42.94
2	41.923
3	31.075
4	37.629
5	40.906
6	22.6
7	30.058
8	33.787
9	46.556
10	30.962
11	29.38
12	24.973
13	24.069
14	33.561
15	54.24
16	37.968
17	36.838
18	40.115
19	52.319
20	23.843
21	32.092
22	27.346
23	25.99
24	37.742
25	31.64
26	31.866

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	22.6	0.0370	0.0497	0.1458	0.0126
2	23.843	0.0741	0.0742	0.1795	0.0001
3	24.069	0.1111	0.0794	0.1860	0.0317
4	24.973	0.1481	0.1025	0.2128	0.0456
5	25.99	0.1852	0.1331	0.2447	0.0521
6	27.346	0.2222	0.1812	0.2894	0.0410
7	29.38	0.2593	0.2672	0.3598	0.0079
8	30.058	0.2963	0.2988	0.3837	0.0025
9	30.962	0.3333	0.3425	0.4157	0.0092
10	31.075	0.3704	0.3481	0.4197	0.0223
11	31.64	0.4074	0.3762	0.4397	0.0312
12	31.866	0.4444	0.3876	0.4476	0.0569
13	32.092	0.4815	0.3990	0.4556	0.0825
14	33.561	0.5185	0.4734	0.5066	0.0451
15	33.787	0.5556	0.4848	0.5144	0.0707
16	36.838	0.5926	0.6317	0.6140	0.0392
17	37.629	0.6296	0.6665	0.6380	0.0368
18	37.742	0.6667	0.6713	0.6414	0.0046
19	37.968	0.7037	0.6808	0.6481	0.0229
20	40.115	0.7407	0.7632	0.7078	0.0224
21	40.906	0.7778	0.7896	0.7281	0.0119
22	41.923	0.8148	0.8205	0.7528	0.0057
23	42.94	0.8519	0.8480	0.7758	0.0038
24	46.556	0.8889	0.9204	0.8450	0.0315
25	52.319	0.9259	0.9759	0.9192	0.0499
26	54.24	0.9630	0.9844	0.9359	0.0215

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.0825, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Los 2 parámetros de la distribución Gamma:

Con momentos ordinarios:
 Parámetro de forma (gamma)= 18.6186
 Parámetro de escala (beta)= 1.8642

Con momentos lineales:
 Parámetro de forma (gammal)= 8.5709
 Parámetro de escala (betal)= 4.0496

Resultados

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 3 parámetros

Serie de datos X:

Nº	X
1	42.94
2	41.923
3	31.075
4	37.629
5	40.906
6	22.6
7	30.058
8	33.787
9	46.556
10	30.962
11	29.38
12	24.973
13	24.069
14	33.561
15	54.24
16	37.968
17	36.838
18	40.115
19	52.319
20	23.843
21	32.092
22	27.346
23	25.99
24	37.742
25	31.64
26	31.866

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	22.6	0.0370	0.0476	0.0429	0.0106
2	23.843	0.0741	0.0749	0.0728	0.0008
3	24.069	0.1111	0.0807	0.0792	0.0305
4	24.973	0.1481	0.1065	0.1077	0.0417
5	25.99	0.1852	0.1403	0.1450	0.0449
6	27.346	0.2222	0.1928	0.2018	0.0294
7	29.38	0.2593	0.2838	0.2979	0.0246
8	30.058	0.2963	0.3165	0.3316	0.0202
9	30.962	0.3333	0.3610	0.3770	0.0277
10	31.075	0.3704	0.3667	0.3827	0.0037
11	31.64	0.4074	0.3949	0.4110	0.0125
12	31.866	0.4444	0.4062	0.4223	0.0382
13	32.092	0.4815	0.4175	0.4336	0.0640
14	33.561	0.5185	0.4904	0.5053	0.0281
15	33.787	0.5556	0.5014	0.5160	0.0541
16	36.838	0.5926	0.6408	0.6495	0.0482
17	37.629	0.6296	0.6732	0.6800	0.0435
18	37.742	0.6667	0.6776	0.6842	0.0110
19	37.968	0.7037	0.6865	0.6925	0.0172
20	40.115	0.7407	0.7627	0.7640	0.0219
21	40.906	0.7778	0.7872	0.7869	0.0094
22	41.923	0.8148	0.8159	0.8138	0.0010
23	42.94	0.8519	0.8415	0.8379	0.0104
24	46.556	0.8889	0.9105	0.9037	0.0216
25	52.319	0.9259	0.9677	0.9611	0.0417
26	54.24	0.9630	0.9775	0.9717	0.0146

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.06396, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Los 3 parámetros de la distribución Gamma:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de localización (X_0)= 10.2229

Parámetro de forma (gamma)= 8.5213

Parámetro de escala (beta)= 2.8735

Con momentos lineales:

Parámetro de localización (X_0)= 15.0731

Parámetro de forma (gamma)= 5.138

Parámetro de escala (beta)= 3.8216

Resultados

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel

Serie de datos X:

N°	X
1	42.94
2	41.923
3	31.075
4	37.629
5	40.906
6	22.6
7	30.058
8	33.787
9	46.556
10	30.962
11	29.38
12	24.973
13	24.069
14	33.561
15	54.24
16	37.968
17	36.838
18	40.115
19	52.319
20	23.843
21	32.092
22	27.346
23	25.99
24	37.742
25	31.64
26	31.866

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	22.6	0.0370	0.0280	0.0383	0.0090
2	23.843	0.0741	0.0520	0.0657	0.0221
3	24.069	0.1111	0.0575	0.0717	0.0536
4	24.973	0.1481	0.0831	0.0992	0.0650
5	25.99	0.1852	0.1189	0.1363	0.0663
6	27.346	0.2222	0.1772	0.1946	0.0451
7	29.38	0.2593	0.2814	0.2959	0.0221
8	30.058	0.2963	0.3188	0.3317	0.0225
9	30.962	0.3333	0.3695	0.3799	0.0362
10	31.075	0.3704	0.3758	0.3860	0.0055
11	31.64	0.4074	0.4076	0.4161	0.0001
12	31.866	0.4444	0.4202	0.4280	0.0243
13	32.092	0.4815	0.4327	0.4399	0.0488
14	33.561	0.5185	0.5122	0.5151	0.0064
15	33.787	0.5556	0.5239	0.5263	0.0316
16	36.838	0.5926	0.6667	0.6623	0.0741
17	37.629	0.6296	0.6982	0.6926	0.0686
18	37.742	0.6667	0.7025	0.6968	0.0359
19	37.968	0.7037	0.7110	0.7049	0.0073
20	40.115	0.7407	0.7822	0.7742	0.0415
21	40.906	0.7778	0.8044	0.7960	0.0266
22	41.923	0.8148	0.8300	0.8214	0.0152
23	42.94	0.8519	0.8526	0.8439	0.0007
24	46.556	0.8889	0.9123	0.9045	0.0235
25	52.319	0.9259	0.9627	0.9575	0.0368
26	54.24	0.9630	0.9721	0.9677	0.0091

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.0741, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución Gumbel:

Con momentos ordinarios:
 Parámetro de posición (μ)= 30.9334
 Parámetro de escala (alfa)= 6.5401
 Con momentos lineales:
 Parámetro de posición (μ_l)= 30.7362
 Parámetro de escala (alfal)= 6.8816

Resultados

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Pearson tipo III

Serie de datos X:

N°	X
1	42.94
2	41.923
3	31.075
4	37.629
5	40.906
6	22.6
7	30.058
8	33.787
9	46.556
10	30.962
11	29.38
12	24.973
13	24.069
14	33.561
15	54.24
16	37.968
17	36.838
18	40.115
19	52.319
20	23.843
21	32.092
22	27.346
23	25.99
24	37.742
25	31.64
26	31.866

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	22.6	0.0370	0.0384	0.0418	0.0047
2	23.843	0.0741	0.0646	0.0694	0.0047
3	24.069	0.1111	0.0704	0.0754	0.0357
4	24.973	0.1481	0.0964	0.1024	0.0457
5	25.99	0.1852	0.1315	0.1384	0.0468
6	27.346	0.2222	0.1868	0.1945	0.0278
7	29.38	0.2593	0.2840	0.2914	0.0321
8	30.058	0.2963	0.3188	0.3258	0.0295
9	30.962	0.3333	0.3661	0.3723	0.0390
10	31.075	0.3704	0.3721	0.3781	0.0078
11	31.64	0.4074	0.4018	0.4073	0.0001
12	31.866	0.4444	0.4137	0.4189	0.0255
13	32.092	0.4815	0.4256	0.4305	0.0510
14	33.561	0.5185	0.5013	0.5042	0.0143
15	33.787	0.5556	0.5127	0.5152	0.0403
16	36.838	0.5926	0.6531	0.6514	0.0588
17	37.629	0.6296	0.6849	0.6822	0.0526
18	37.742	0.6667	0.6892	0.6865	0.0198
19	37.968	0.7037	0.6979	0.6948	0.0089
20	40.115	0.7407	0.7712	0.7662	0.0254
21	40.906	0.7778	0.7944	0.7889	0.0111
22	41.923	0.8148	0.8213	0.8153	0.0005
23	42.94	0.8519	0.8453	0.8389	0.0130
24	46.556	0.8889	0.9092	0.9026	0.0137
25	52.319	0.9259	0.9630	0.9580	0.0321
26	54.24	0.9630	0.9728	0.9685	0.0055

Ajuste con momentos lineales:

Como el delta teórico 0.05881, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución Log-Pearson tipo 3, con un nivel de significación del 5%

Los 3 parámetros de la distribución Log-Pearson tipo 3:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de localización (X₀)= 0.9735

Parámetro de forma (gamma)= 116.2441

Parámetro de escala (beta)= 0.0219

Con momentos lineales:

Parámetro de localización (X₀)= 1.3547

Parámetro de forma (gamma)= 79.3356

Parámetro de escala (beta)= 0.0273

Resultados

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Gumbel o distribución de Fréchet

Serie de datos X:

Nº	X
1	42.94
2	41.923
3	31.075
4	37.629
5	40.906
6	22.6
7	30.058
8	33.787
9	46.556
10	30.962
11	29.38
12	24.973
13	24.069
14	33.561
15	54.24
16	37.968
17	36.838
18	40.115
19	52.319
20	23.843
21	32.092
22	27.346
23	25.99
24	37.742
25	31.64
26	31.866

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	22.6	0.0370	0.0069	0.0136	0.0302
2	23.843	0.0741	0.0241	0.0378	0.0499
3	24.069	0.1111	0.0291	0.0440	0.0820
4	24.973	0.1481	0.0553	0.0750	0.0929
5	25.99	0.1852	0.0972	0.1204	0.0880
6	27.346	0.2222	0.1705	0.1947	0.0517
7	29.38	0.2593	0.3018	0.3204	0.0425
8	30.058	0.2963	0.3470	0.3628	0.0507
9	30.962	0.3333	0.4061	0.4178	0.0728
10	31.075	0.3704	0.4133	0.4245	0.0430
11	31.64	0.4074	0.4488	0.4575	0.0414
12	31.866	0.4444	0.4627	0.4703	0.0182
13	32.092	0.4815	0.4763	0.4829	0.0052
14	33.561	0.5185	0.5590	0.5597	0.0404
15	33.787	0.5556	0.5707	0.5707	0.0152
16	36.838	0.5926	0.7042	0.6962	0.1116
17	37.629	0.6296	0.7316	0.7224	0.1020
18	37.742	0.6667	0.7353	0.7259	0.0686
19	37.968	0.7037	0.7426	0.7329	0.0389
20	40.115	0.7407	0.8019	0.7904	0.0611
21	40.906	0.7778	0.8199	0.8081	0.0421
22	41.923	0.8148	0.8405	0.8285	0.0257
23	42.94	0.8519	0.8585	0.8465	0.0066
24	46.556	0.8889	0.9063	0.8952	0.0174
25	52.319	0.9259	0.9492	0.9405	0.0232
26	54.24	0.9630	0.9580	0.9502	0.0050

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1116, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución logGumbel, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución logGumbel:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de posición (μ)= 3.4136
Parámetro de escala (alfa)= 0.1841

Con momentos lineales:

Parámetro de posición (μ)= 3.4059
Parámetro de escala (alfa)= 0.1975

4: PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE KOLMOGOROV - SMIRNOV

ESTACIÓN LIRCAY

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

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

	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.2066%	0.10393
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.7677%	0.10300
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.8855%	0.06458
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.8030%	0.06718
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	76.0168%	0.12201
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	76.1560%	0.12184
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.1495%	0.07591
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.9003%	0.06396
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.9575%	0.06048
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.3497%	0.07407
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	68.9831%	0.13038
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	37.5415%	0.16958
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	80.2810%	0.11668
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.9028%	0.06385
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.9925%	0.05471
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.5314%	0.08008
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.9585%	0.06039
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.9975%	0.05177
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.6824%	0.06971
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	80.6842%	0.11616
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	38.9834%	0.16750
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	81.3591%	0.11528
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.1610%	0.07581
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	74.1429%	0.12428
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	68.7391%	0.13066
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	87.3088%	0.10693
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	69.1763%	0.13015

X	34.71
S	8.39
CS	0.69

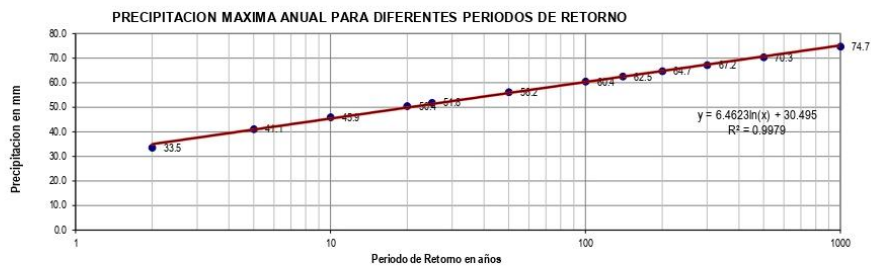
	Normal	Log Normal	Pearson III	Log Pearson III	Gumbell
Dmáx	0.10393	0.10300	0.06396	0.06048	0.07407
α	0.05				
Dcrítico	0.25994				
Mejor Ajuste	5	4	2	1	3

5: PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES EN 24 HORAS

ESTACIÓN LIRCAY

Promedio : x = 34.7084 y = 1.5287
 Desviación estándar : s = 8.3880 sy = 0.1026
 Cs/6 : k = 0.1142 k = 0.0309

T (años)	P(X≤x _T)	DISTRIB. NORMAL		DISTRIB. GUMBELL		DISTRIB. LOGNORMAL			DISTRIB. PEARSON III		DISTRIB. LOG PEARSON III		P _{MAX} mm	
		K _T	x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	10 ⁴ x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	10 ⁴ x _T	
2	0.500	0.0000	34.7	-0.1643	33.3	0.00	1.5287	33.8	-0.1127	33.8	-0.0309	1.5255	33.5	33.5
5	0.800	0.8416	41.8	0.7195	40.7	0.84	1.6150	41.2	0.7895	41.3	0.8312	1.6139	41.1	41.1
10	0.900	1.2816	45.5	1.3046	45.7	1.28	1.6601	45.7	1.3299	45.9	1.2996	1.6620	45.9	45.9
20	0.950	1.6449	48.5	1.8658	50.4	1.64	1.6974	49.8	1.8138	49.9	1.6958	1.7026	50.4	50.4
25	0.960	1.7507	49.4	2.0438	51.9	1.75	1.7082	51.1	1.9614	51.2	1.8128	1.7146	51.8	51.8
50	0.980	2.0537	51.9	2.5923	56.5	2.05	1.7393	54.9	2.4009	54.8	2.1520	1.7494	56.2	56.2
100	0.990	2.3263	54.2	3.1367	61.0	2.33	1.7673	58.5	2.8180	58.3	2.4622	1.7812	60.4	60.4
140	0.993	2.4500	55.3	3.4001	63.2	2.45	1.7800	60.3	3.0142	60.0	2.6045	1.7958	62.5	62.5
200	0.995	2.5758	56.3	3.6791	65.6	2.58	1.7929	62.1	3.2184	61.7	2.7504	1.8108	64.7	64.7
300	0.997	2.7131	57.5	3.9959	68.2	2.71	1.8069	64.1	3.4464	63.6	2.9107	1.8272	67.2	67.2
500	0.998	2.8782	58.9	4.3947	71.6	2.88	1.8239	66.7	3.7281	66.0	3.1052	1.8472	70.3	70.3
1000	0.999	3.0902	60.6	4.9355	76.1	3.09	1.8456	70.1	4.1020	69.1	3.3578	1.8731	74.7	74.7



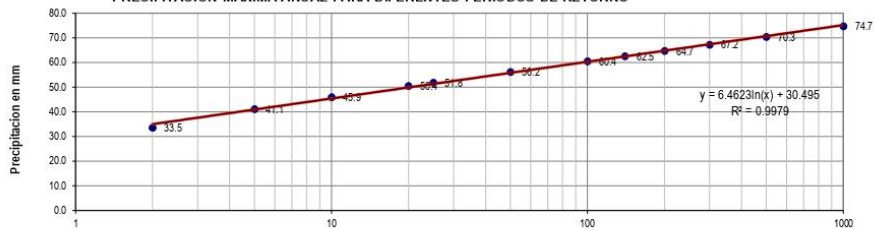
5: PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES EN 24 HORAS

ESTACIÓN LIRCAY

Promedio : $x = 34.7084$ $y = 1.5287$
 Desviación estándar : $s = 8.3880$ $sy = 0.1026$
 Cs/6 : $k = 0.1142$ $k = 0.0309$

T (años)	P(X≤x _T)	DISTRIB. NORMAL		DISTRIB. GUMBELL		DISTRIB. LOGNORMAL			DISTRIB. PEARSON III		DISTRIB. LOG PEARSON III			P _{max} mm
		K _T	x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	10 ³ x _T	K _T	x _T	K _T	x _T	10 ³ x _T	
2	0.500	0.0000	34.7	-0.1643	33.3	0.00	1.5287	33.8	-0.1127	33.8	-0.0309	1.5255	33.5	33.5
5	0.800	0.8416	41.8	0.7195	40.7	0.84	1.6150	41.2	0.7895	41.3	0.8312	1.6139	41.1	41.1
10	0.900	1.2816	45.5	1.3046	45.7	1.28	1.6601	45.7	1.3299	45.9	1.2996	1.6620	45.9	45.9
20	0.950	1.6449	48.5	1.8658	50.4	1.64	1.6974	49.8	1.8138	49.9	1.6958	1.7026	50.4	50.4
25	0.960	1.7507	49.4	2.0438	51.9	1.75	1.7082	51.1	1.9614	51.2	1.8128	1.7146	51.8	51.8
50	0.980	2.0537	51.9	2.5923	56.5	2.05	1.7393	54.9	2.4009	54.8	2.1520	1.7494	56.2	56.2
100	0.990	2.3263	54.2	3.1367	61.0	2.33	1.7673	58.5	2.8180	58.3	2.4622	1.7812	60.4	60.4
140	0.993	2.4500	55.3	3.4001	63.2	2.45	1.7800	60.3	3.0142	60.0	2.6045	1.7958	62.5	62.5
200	0.995	2.5758	56.3	3.6791	65.6	2.58	1.7929	62.1	3.2184	61.7	2.7504	1.8108	64.7	64.7
300	0.997	2.7131	57.5	3.9959	68.2	2.71	1.8069	64.1	3.4464	63.6	2.9107	1.8272	67.2	67.2
500	0.998	2.8782	58.9	4.3947	71.6	2.88	1.8239	66.7	3.7281	66.0	3.1052	1.8472	70.3	70.3
1000	0.999	3.0902	60.6	4.9355	76.1	3.09	1.8456	70.1	4.1020	69.1	3.3578	1.8731	74.7	74.7

PRECIPITACION MAXIMA ANUAL PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO



6: PRECIPITACION DE DISEÑO PARA DURACIONES MENORES A 24 HORAS

DICK AND PESCKE

(mm)

DURACION		ESTACIÓN: LIRCAY									
		PERIODO DE RETORNO (años)									
Hr	min	2	5	10	20	25	50	100	140	200	500
0.17	10.00	9.68	11.87	13.25	14.56	14.96	16.21	17.44	18.04	18.67	20.30
0.33	20.00	11.51	14.11	15.76	17.31	17.79	19.28	20.74	21.45	22.20	24.15
0.50	30.00	12.74	15.62	17.44	19.16	19.69	21.33	22.96	23.74	24.57	26.72
0.67	40.00	13.69	16.78	18.75	20.58	21.16	22.93	24.67	25.51	26.41	28.71
0.83	50.00	14.48	17.74	19.82	21.76	22.37	24.24	26.08	26.98	27.92	30.36
1.00	60.00	15.15	18.57	20.75	22.78	23.42	25.37	27.30	28.23	29.22	31.78
1.50	90.00	16.77	20.55	22.96	25.21	25.92	28.08	30.21	31.25	32.34	35.17
2.00	120.00	18.02	22.09	24.67	27.09	27.85	30.17	32.47	33.57	34.75	37.79
4.00	240.00	21.43	26.27	29.34	32.22	33.12	35.88	38.61	39.93	41.33	44.94
6.00	360.00	23.71	29.07	32.47	35.65	36.65	39.71	42.73	44.19	45.74	49.73
7.00	420.00	24.64	30.21	33.74	37.05	38.09	41.27	44.41	45.92	47.53	51.69
8.00	480.00	25.48	31.23	34.89	38.31	39.38	42.67	45.91	47.48	49.15	53.44
10.00	600.00	26.94	33.03	36.89	40.51	41.64	45.12	48.55	50.21	51.97	56.51
11.00	660.00	27.59	33.82	37.78	41.49	42.65	46.21	49.72	51.42	53.22	57.87
12.00	720.00	28.20	34.57	38.61	42.40	43.59	47.22	50.81	52.55	54.39	59.14
24.00	1440.00	33.53	41.11	45.92	50.42	51.83	56.16	60.42	62.49	64.68	70.33

7: INTENSIDADES DE DISEÑO PARA DURACIONES MENORES A 24 HORAS

(mm/hr)

ESTACIÓN: LIRCAY											
DURACIÓN		PERIODO DE RETORNO (años)									
Hr	min	2	5	10	20	25	50	100	140	200	500
0.17	10.00	58.08	71.20	79.53	87.33	89.78	97.26	104.66	108.24	112.03	121.82
0.33	20.00	34.54	42.34	47.29	51.93	53.38	57.83	62.23	64.36	66.61	72.44
0.50	30.00	25.48	31.23	34.89	38.31	39.38	42.67	45.91	47.48	49.15	53.44
0.67	40.00	20.54	25.17	28.12	30.88	31.74	34.39	37.00	38.27	39.61	43.07
0.83	50.00	17.37	21.29	23.78	26.12	26.85	29.09	31.30	32.37	33.50	36.43
1.00	60.00	15.15	18.57	20.75	22.78	23.42	25.37	27.30	28.23	29.22	31.78
1.50	90.00	11.18	13.70	15.31	16.81	17.28	18.72	20.14	20.83	21.56	23.44
2.00	120.00	9.01	11.04	12.34	13.55	13.92	15.09	16.23	16.79	17.38	18.89
4.00	240.00	5.36	6.57	7.33	8.05	8.28	8.97	9.65	9.98	10.33	11.23
6.00	360.00	3.95	4.84	5.41	5.94	6.11	6.62	7.12	7.36	7.62	8.29
7.00	420.00	3.52	4.32	4.82	5.29	5.44	5.90	6.34	6.56	6.79	7.38
8.00	480.00	3.19	3.90	4.36	4.79	4.92	5.33	5.74	5.94	6.14	6.68
10.00	600.00	2.69	3.30	3.69	4.05	4.16	4.51	4.85	5.02	5.20	5.65
11.00	660.00	2.51	3.07	3.43	3.77	3.88	4.20	4.52	4.67	4.84	5.26
12.00	720.00	2.35	2.88	3.22	3.53	3.63	3.94	4.23	4.38	4.53	4.93
24.00	1440.00	1.40	1.71	1.91	2.10	2.16	2.34	2.52	2.60	2.70	2.93

CURVA INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA

$$I = \frac{10^k T^m}{t^n} \quad \rightarrow \quad I = \frac{10^{2.5018} T^{0.1775}}{t^{0.75}}$$

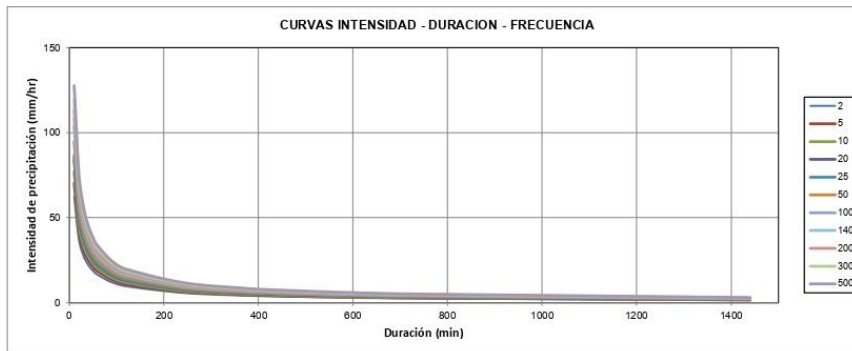
I: Intensidad máxima (mm/h)
 T: Período de retorno en años
 t: Duración de la precipitación (min)

8: CURVAS IDF

DURACION		PERIODO DE RETORNO										
Hr	min	2	5	10	20	25	50	100	140	200	300	500
0.17	10.00	62.4	70.3	76.9	84.1	86.6	94.7	103.6	108.2	113.3	119.4	127.6
0.33	20.00	37.1	41.8	45.7	50.0	51.5	56.3	61.6	64.4	67.4	71.0	75.9
0.50	30.00	27.4	30.9	33.8	36.9	38.0	41.6	45.5	47.5	49.8	52.4	56.0
0.67	40.00	22.1	24.9	27.2	29.8	30.6	33.5	36.7	38.3	40.1	42.3	45.2
0.83	50.00	18.7	21.0	23.0	25.2	25.9	28.4	31.0	32.4	33.9	35.8	38.2
1.00	60.00	16.3	18.4	20.1	22.0	22.6	24.7	27.1	28.3	29.6	31.2	33.3
1.50	90.00	12.0	13.5	14.8	16.2	16.7	18.3	20.0	20.9	21.8	23.0	24.6
2.00	120.00	9.7	10.9	11.9	13.1	13.4	14.7	16.1	16.8	17.6	18.6	19.8
4.00	240.00	5.8	6.5	7.1	7.8	8.0	8.8	9.6	10.0	10.5	11.0	11.8
6.00	360.00	4.3	4.8	5.2	5.7	5.9	6.5	7.1	7.4	7.7	8.1	8.7
7.00	420.00	3.8	4.3	4.7	5.1	5.3	5.8	6.3	6.6	6.9	7.3	7.8
8.00	480.00	3.4	3.9	4.2	4.6	4.8	5.2	5.7	5.9	6.2	6.6	7.0
10.00	600.00	2.9	3.3	3.6	3.9	4.0	4.4	4.8	5.0	5.3	5.6	5.9
11.00	660.00	2.7	3.0	3.3	3.6	3.7	4.1	4.5	4.7	4.9	5.2	5.5
12.00	720.00	2.5	2.9	3.1	3.4	3.5	3.8	4.2	4.4	4.6	4.8	5.2
24.00	1440.00	1.5	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3	2.5	2.6	2.7	2.9	3.1

DICK AND PESCKE

(mm)



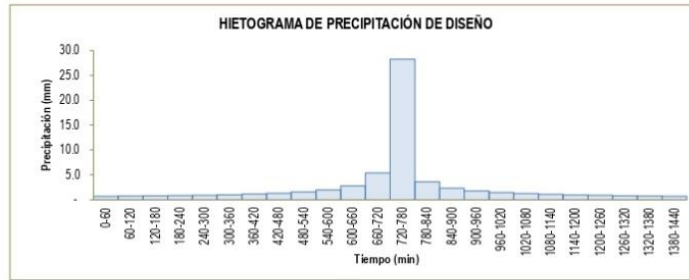
9: HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO

K = 320.51
 T = 140
 m = 0.13
 n = 0.75

METODO DEL BLOQUE ALTERNO					
DURACION	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACION
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
60	28.258	28.258	28.258	0-60	0.665
120	16.809	33.619	5.360	60-120	0.711
180	12.405	37.214	3.595	120-180	0.765
240	9.999	39.996	2.782	180-240	0.829
300	8.459	42.296	2.300	240-300	0.908
360	7.379	44.273	1.977	300-360	1.007
420	6.574	46.017	1.744	360-420	1.136
480	5.948	47.583	1.566	420-480	1.311
540	5.445	49.008	1.425	480-540	1.566
600	5.032	50.319	1.311	540-600	1.977
660	4.685	51.535	1.216	600-660	2.782
720	4.389	52.671	1.136	660-720	5.360
780	4.134	53.738	1.067	720-780	28.258
840	3.910	54.746	1.007	780-840	3.595
900	3.713	55.700	0.955	840-900	2.300
960	3.538	56.608	0.908	900-960	1.744
1020	3.381	57.475	0.867	960-1020	1.425
1080	3.239	58.304	0.829	1020-1080	1.216
1140	3.110	59.099	0.795	1080-1140	1.067
1200	2.993	59.864	0.765	1140-1200	0.955
1260	2.886	60.600	0.736	1200-1260	0.867
1320	2.787	61.311	0.711	1260-1320	0.795
1380	2.696	61.998	0.687	1320-1380	0.736
1440	2.611	62.662	0.665	1380-1440	0.687

CURVA INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA

I: Intensidad máxima (mm/h)
 T: Período de retorno en años = 500 años
 t: Duración de la precipitación (min)



10: ELECCION DEL PERIODO DE RETORNO

$$(R = 1 - (1 - \frac{1}{r})^n)$$

Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (%)
Puentes	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinales)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

Fuente: (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2012)

Vida útil considerado

TIPO DE OBRA	VIDA UTIL EN AÑOS
Puentes y Defensas Ribereñas	40 años
Alcantarillas de quebradas importantes	25 años
Alcantarillas de quebradas menores	15 años
Drenaje de la plataforma y subdrenes	15 años

Fuente: (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2012)

Datos:
n = 40 años
Riesgo adm = 25%

TIPO DE OBRA	T	n(años)	RIESGO CALCULADO (%)	RIESGO ADMISIBLE (%)
Defensa ribereña	140	40	24.93	25

 **TR = 140 años**

11: CALCULO DEL CAUDAL MÁXIMO POR EL METODO RACIONAL MODIFICADO

$$Q = 0.278 * CIAK$$

DATOS:

A(Area de la Cuenca) = 241.71 KM2
L(Longitud del rio mas largo) = 34.5600 KM
n(coeficiente de Rugosidad del Cauce) = 0.069
Cota Superior = 5,140.00 msnm
Cota Inferior = 2,735.00 msnm
Pendiente = 0.02 m/m
Tc(Tiempo de concentracion) = 2.83 horas
CN(Numero de curva) = 81

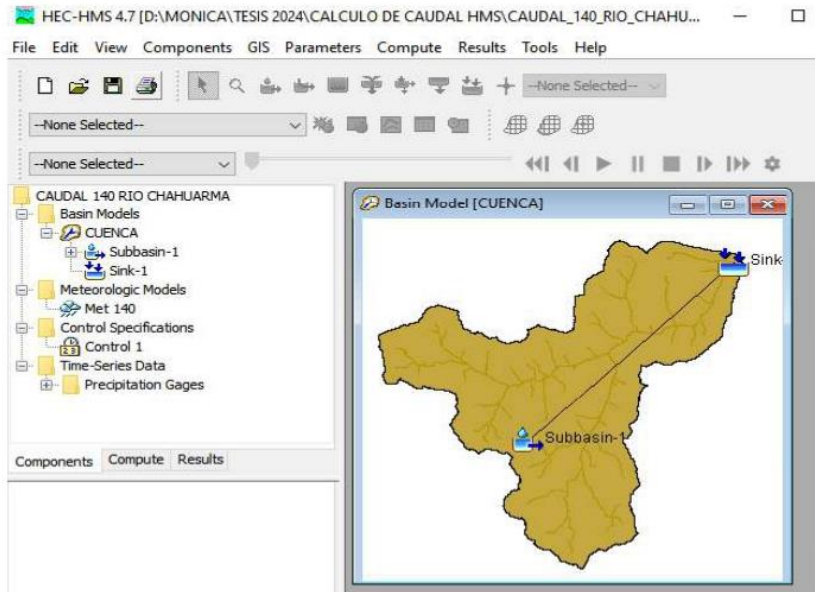
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$
K =	1.208
COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD O FACTOR REDUCTOR	$K_A = 1 - \left(\frac{\log_{10} A}{15}\right)$
KA =	0.841
UMBRAL DE ESCORRENTIA	$P_o = \left(\frac{5000}{CN} - 50\right)$
Po =	11.73

METODO RACIONAL MODIFICADO

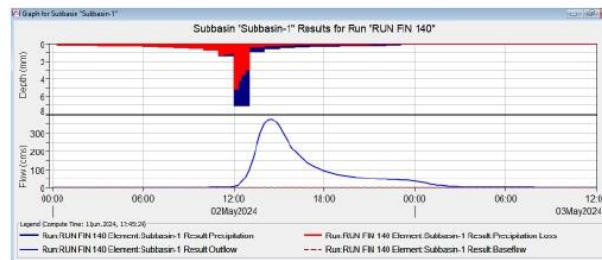
T	Pd	Pcorreg	I	C	K	Q
2	33.53	28.207	6.650	0.250	1.208	135.089
5	41.11	34.576	8.152	0.316	1.208	208.764
10	45.92	38.621	9.105	0.353	1.208	260.610
20	50.42	42.409	9.999	0.385	1.208	312.210
25	51.83	43.598	10.279	0.394	1.208	328.947
50	56.16	47.233	11.136	0.422	1.208	381.635
100	60.42	50.824	11.982	0.448	1.208	435.677
140	62.49	52.561	12.392	0.460	1.208	462.482
200	64.68	54.404	12.826	0.472	1.208	491.339
300	67.18	56.503	13.321	0.485	1.208	524.725
500	70.33	59.160	13.948	0.502	1.208	567.709

12: CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO CON EL PROGRAMA HEC-HMS

1. Insercion de datos necesario para inicial la simulacion



2. Resultados del hidrograma



3. Resultados del caudal de diseño

Global Summary Results for Run "RUN FN 140"

Project: CAUDAL 140 RIO CHAHUARMA Simulation Run: RUN FN 140

Start of Run: 02may.2024, 00:00 Basin Model: CUENCA

End of Run: 03may.2024, 12:00 Meteorologic Model: Met 140

Compute Time: 11jun.2024, 17:45:24 Control Specifications: Control 1

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

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	241.71	376.3	02may.2024, 14:30	22.81
Sink-1	241.71	376.3	02may.2024, 14:30	22.81

4. Resumen de los resultados del caudal máximo y caudal de diseño

periodo de retorno (años) T	caudal maximo (m3/s)	
	Racional modificado	HEC HMS
140	462.48	376.30

Anexo 6

Cálculo de los parámetros hidráulicos

CALCULO DE LOS PARAMETROS HIDRAULICOS

1. SECCION ESTABLE O AMPLITUD DEL CAUCE (B)

A. Recomendación Práctica:

RECOMENDACIÓN PRACTICA	
Q (M3/S)	ANCHO ESTABLE (B)
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70

B (metros) =	59.578
---------------------	---------------

B. Método Altunin y Petit

$$B = 4.44 * Q^{1/2}$$

Datos:

Q = 376.30 m3/seg

B (metros) =	86.13
---------------------	--------------

C. Método Simons Hederson (1976)

$$B = k * Q^{1/2}$$

Datos:

k = 2.9

B (metros) =	56.26
---------------------	--------------

D. Método Blench y Altunin (1941)

$$B = 1.81 * \left(\frac{Q * Fb}{Fs} \right)^{1/2}$$

Datos:

Fb = 1.2

Fs = 0.1

B (metros) =	121.63
---------------------	---------------

E. Método Manning Strickler (1962)

$$B = \frac{Q^{1/2} * (n * K^{5/3})^{3/5}}{S^{1/5}}$$

Datos:

S = 0.02063

n = 0.069

K = 10

B (metros) =	72.14
---------------------	--------------

B PROMEDIO =	79.15 metros
---------------------	---------------------

VALOR ADOPTADO = 35.00 METROS

2. CALCULO DEL TIRANTE DE MAXIMA AVENIDA

A. METODO DE MANNING Y STRICKLER

$$Y = t = \left(\frac{Q}{K_s * B * S^2} \right)^{\frac{3}{5}}$$

Donde:

S (m/m)	=	0.02063
Y (m)	=	
Ks	=	33
Q (m3/seg)	=	376.3
B (m)	=	35.00

Y (m)	=	1.63
--------------	----------	-------------

3. PROFUNDIDAD DE SOCAVACION

Velocidad media (m3/s)	$V = K_s * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$
V =	8.64
Área (m2)	$A = b * \gamma * Y^2$
A =	88.74
Perimetro (m)	$P = b + 2\gamma * 2^{0.5}$
P =	36.04
Radio hidraulico (m)	$R = A/P$
R =	2.46
Ks (Tabla)	33

A. MÉTODO DE LISCHTVAN LEVEDIEV

$$ts = \left[\frac{axt^{5/3}}{0.68 * Dm^{0.28} * \beta} \right]^{\frac{1}{x+1}} \quad Hs = ts - t$$

Datos:

Dm (m)	=	0.5
x	=	0.41
1/(x+1)	=	0.71
β (Tr=140)	=	1.01
tm	=	2.54

$\mu = 1 - 0.387 * \frac{Vm}{B}$	➔	$\mu =$	0.90
$a = \frac{Q}{b_o * \mu * t_m^{5/3}}$	➔	$a =$	2.52
		ts =	2.74
		Hs =	1.11
		Hs =	1.20 metros

Anexo 7

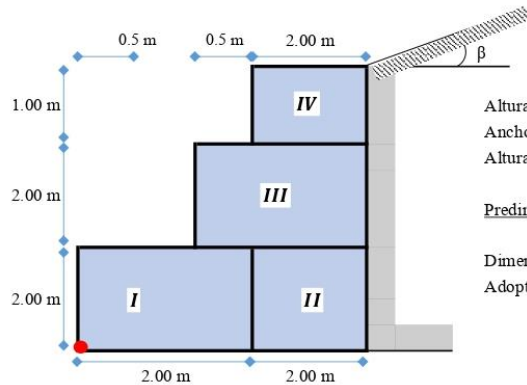
Hoja de cálculo de defensa ribereña (gaviones, muro de gravedad, muros de concreto armado)

DISEÑO DE MURO CON GAVIONES

DATOS PARA EL DISEÑO:

- Peso del terreno	:	$\gamma_s = 1.95 \text{ tn/m}^3$
- Peso de la piedra	:	$\gamma_r = 1.95 \text{ tn/m}^3$
- Ángulo de fricción	:	$\phi = 29.16^\circ$
- Ángulo que forma el relleno	:	$\beta = 0.00^\circ$
- Capacidad portante	:	$\sigma_s = 1.51 \text{ kg/cm}^2$

GEOMETRÍA DEL MURO:



Altura de cada bloque	:	$h_B = 2.00 \text{ m}$
Ancho de cada bloque	:	$b_B = 2.00 \text{ m}$
Altura total del muro	:	$H_T = 5.00 \text{ m}$
Predimensionado de la base:		$B = \frac{1}{2}(1 + H_T)$
Dimensión de la base	:	$A_B = 4.00 \text{ m}$
Adoptamos una base de	:	$B = 4.00 \text{ m}$

CÁLCULO DEL EMPUJE:

- EMPUJE ACTIVO:

Coeficiente de empuje activo:

$$K_a = \cos \beta \cdot \left(\frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta^2 - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta^2 - \cos^2 \phi}} \right)$$

$$K_a = 0.344763712$$

Cálculo del empuje activo:

$$E_A = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma_s \cdot H_T^2$$

$$E_A = 8.4036 \text{ tn}$$

Altura de aplicación del empuje activo:

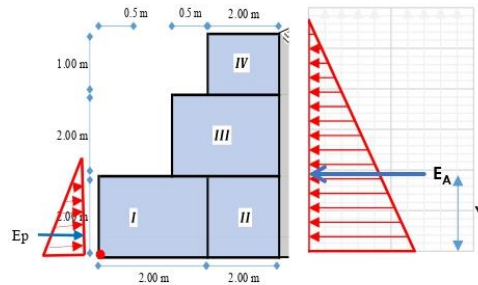
$$Y = \frac{H_T}{3} = 1.667 \text{ m}$$

- EMPUJE PASIVO:

Coeficiente de empuje activo:

$$K_p = \cos \beta \cdot \left(\frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta^2 - \cos^2 \phi}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta^2 - \cos^2 \phi}} \right)$$

$$K_p = 2.90053728$$



Cálculo del empuje activo:

$$E_p = \frac{1}{2} * K_p * \gamma_a * H_T^2$$

$$E_p = 1.0774 \text{ tn}$$

$$M_p = 0.8978 \text{ tn}$$

Altura de aplicación del empuje activo:

$$Y = \frac{H_T}{3} = 0.833 \text{ m}$$

ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD:

- CÁLCULO DEL PESO TOTAL Y MOMENTO RESISTENTE:

FIG.	TIPO	ÁREA (m ²)	PESO UNITARIO	PESO PARCIAL	BRAZO X (m)	MOMENTO (tn-m)
I	Gavión	4.000	1.95 tn/m ³	7.80 tn/m	1.000	7.8000
II	Gavión	4.000	1.95 tn/m ³	7.80 tn/m	3.000	23.4000
III	Gavión	5.000	1.95 tn/m ³	9.75 tn/m	1.750	17.0625
IV	Gavión	2.000	1.95 tn/m ³	3.90 tn/m	2.000	7.8000
			$\Sigma =$	29.25 tn/m	$\Sigma =$	56.063

$$P = 29.25 \text{ tn}$$

$$M_r = 56.1 \text{ tn-m}$$

- CÁLCULO DE LAS FUERZAS ACTUANTES EN EL MURO DE CONTENCIÓN:

Momento producido por el empuje activo:

$$M_A = E_A * Y$$

$$M_A = 8.404 \text{ tn} \times 1.667 \text{ m}$$

$$M_A = 14.006 \text{ tn-m}$$

- VERIFICACIÓN POR DESLIZAMIENTO:

$$FSD = 1.50$$

$$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD \quad ; \quad \text{donde:} \quad f = tg\theta \leq 0.60$$

$$f = 0.450$$

$$FSD = 1.69 > 1.50 \quad \dots \text{ Conforme}$$

- VERIFICACIÓN POR VOLTEO:

$$FSD = 2.00$$

$$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$$

$$FSV = 4.07 > 2.00 \quad \dots \text{ Conforme}$$

- VERIFICACIÓN DE PRESIONES SOBRE EL TERRENO:

Punto de aplicación de la fuerza resultante:

$$X_0 = \frac{M_r - M_A}{P} = 1.47 \text{ m}$$

Excentricidad de la fuerza resultante:

$$e = \frac{B}{2} - X_0 = 0.5315 \text{ m}$$

$$\text{Se debe cumplir que:} \quad e < \frac{B}{6} = 0.67 \text{ m} \quad \dots \text{ Ok: cae dentro del tercio central}$$

Verificamos las presiones de contacto entre el suelo y el muro:

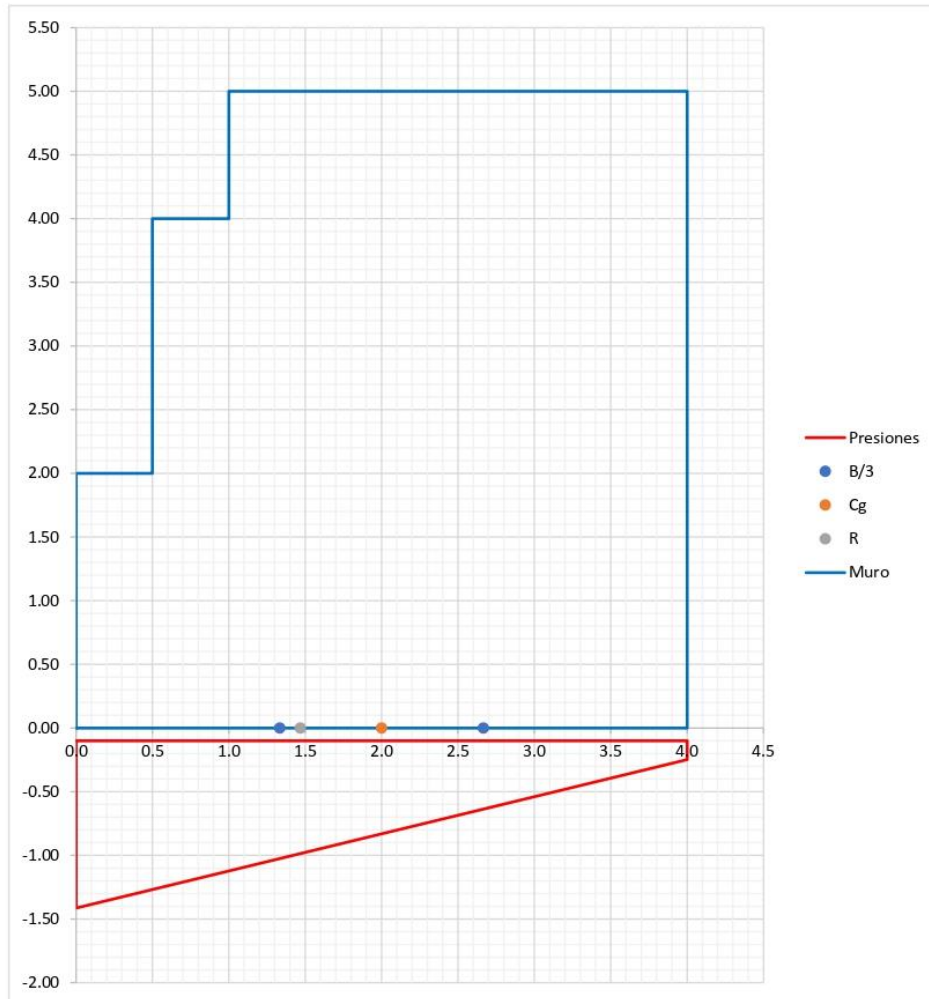
$$\sigma = \frac{P}{B} \left[1 \pm \frac{6 * e}{B} \right]$$



$$\sigma_1 = 1.31 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s = 1.51 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots \text{Conforme}$$

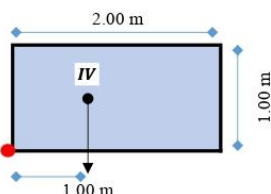
$$\sigma_2 = 0.15 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_s = 1.51 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots \text{Conforme}$$

- **ESQUEMA DE PRESIONES:**



VERIFICACIÓN ENTRE BLOQUE Y BLOQUE:

- PRIMER BLOQUE:



Fuerzas estabilizantes :

$$\text{Peso (IV)} = 2.00 \times 1.00 \times 1.95 = 3.90000 \text{ tn}$$

$$\text{Momento (IV)} = 3.90 \text{ tn} \times 1.00 = 3.90000 \text{ tn-m}$$

Fuerzas desestabilizantes :

$$\text{Empuje} = E_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_S * H_T^2 = 0.3361 \text{ tn}$$

$$\text{Momento} = M_A = E_A * Y = 0.11205 \text{ tn-m}$$

Verificación por deslizamiento: FSD = 1.50

$$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD \quad f = 0.500$$

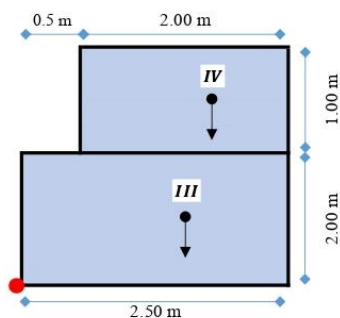
FSD = 5.80 > 1.50 ... **Conforme**

Verificación por volteo: FSV = 2.00

$$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$$

FSV = 34.81 > 2.00 ... **Conforme**

- SEGUNDO BLOQUE:



Fuerzas estabilizantes :

$$\text{Peso (IV)} = 2.00 \times 1.00 \times 1.95 = 3.90000 \text{ tn}$$

$$\text{Peso (III)} = 2.00 \times 2.50 \times 1.95 = \underline{9.75000 \text{ tn}}$$

$$\Sigma = 13.65000 \text{ tn}$$

$$\text{Momento (IV)} = 3.90 \text{ tn} \times 1.50 \text{ m} = 5.85000 \text{ tn-m}$$

$$\text{Momento (III)} = 9.75 \text{ tn} \times 1.25 \text{ m} = \underline{12.18750 \text{ tn-m}}$$

$$\Sigma = 18.0375 \text{ tn-m}$$

Fuerzas desestabilizantes :

$$\text{Empuje} = E_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_S * H_T^2 = 3.0253 \text{ tn}$$

$$\text{Momento} = M_A = E_A * Y = 3.02530 \text{ tn-m}$$

Verificación por deslizamiento: FSD = 1.50

$$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD \quad f = 0.500$$

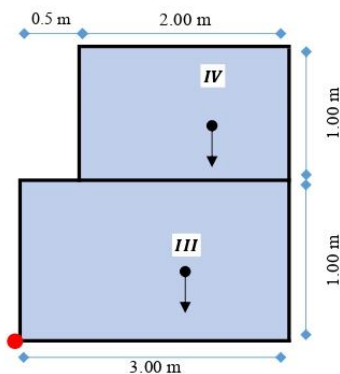
FSD = 2.26 > 1.50 ... **Conforme**

Verificación por volteo: FSV = 2.00

$$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$$

FSV = 5.96 > 2.00 ... **Conforme**

- TERCER BLOQUE:



Fuerzas estabilizantes :

$$\text{Peso (IV)} = 2.00 \times 1.00 \times 1.95 = 3.90000 \text{ tn}$$

$$\text{Peso (II)} = 1.00 \times 1.50 \times 1.95 = \underline{2.92500 \text{ tn}}$$

$$\text{Peso (III)} = 2.00 \times 2.00 \times 1.95 = \underline{7.80000 \text{ tn}}$$

$$\Sigma = 14.62500 \text{ tn}$$

$$\text{Momento (IV)} = 3.90 \text{ tn} \times 1.50 \text{ m} = 5.85000 \text{ tn-m}$$

$$\text{Momento (II)} = 2.93 \text{ tn} \times 0.75 \text{ m} = \underline{2.19375 \text{ tn-m}}$$

$$\text{Momento (III)} = 7.80 \text{ tn} \times 1.00 \text{ m} = \underline{7.80000 \text{ tn-m}}$$

$$\Sigma = 15.8438 \text{ tn-m}$$

Fuerzas desestabilizantes :

$$\text{Empuje} = E_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma_S * H_T^2 = 3.0253 \text{ tn}$$

$$\text{Momento} = M_A = E_A * Y = 3.02530 \text{ tn-m}$$

Verificación por deslizamiento: FSD = 1.50

$$\frac{f * P}{E_A} \geq FSD \quad f = 0.500$$

FSD = 2.42 > 1.50 ... **Conforme**

Verificación por volteo: FSV = 2.00

$$\frac{M_r}{M_A} \geq FSV$$

FSV = 5.24 > 2.00 ... **Conforme**

DISEÑO DE MURO DE GRAVEDAD

I) DATOS DE DISEÑO

1) DATOS DEL SUELO A CONTENER:

h	3.50	m	→	Altura de cimentación a corona
β	0.00	°	→	Angulo de inclinación del relleno
γ _{relleno}	1.95	Tn/m ³	→	Peso específico del suelo de relleno

2) DATOS DEL SUELO DE CIMENTACION:

σ _t	15.2	kg/cm ²	→	Capacidad portante del suelo
Df	1.50	m	→	profundidad de excavación según EMS
φ	29.16	°	→	Angulo de fricción interna
γ _{suelo}	1.38	Tn/m ³	→	Peso específico del suelo de cimentación
Suelo	Arená limosa con grava			

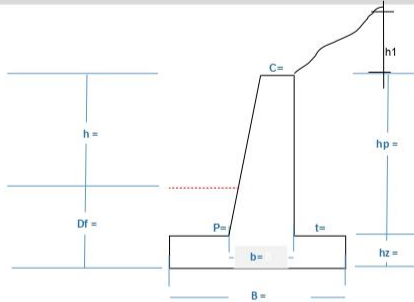
3) DATOS DEL MURO:

F'c	175	kg/cm ²	→	Resistencia a la compresion del concreto
γc*	2.2	Tn/m ³	→	Peso específico del concreto

II) DESARROLLO DEL DISEÑO

1) PREDIMENSIONAMIENTO:

- Altura del Muro:** H = 5.20 m
- Corona:** C = 0.30 m
- Ancho:** B = 2.60 m
- Peralte:** hz = 0.52 m
- Punta:** p = 0.52 m
- Talón:** t = 1.56 m



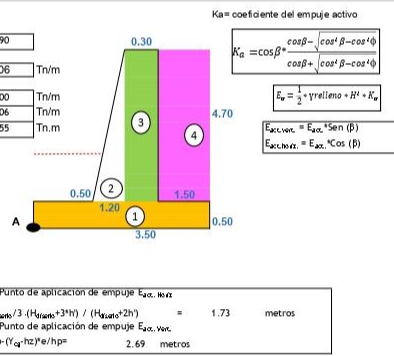
2) CÁLCULO DE FUERZAS:

2.1 Empuje activo (Ea)

Ka	0.34
Ea	9.09 Tn/m
Pv	0.00 Tn/m
Ph	9.09 Tn/m
Memp	15.75 Tn.m

2.1 Empuje pasivo (Ep)

Kp	2.90
Ep	9.06 Tn/m
Pv	0.00 Tn/m
Ph	9.06 Tn/m
Memp	7.55 Tn.m



CODIGO	Pi(tn)	BRAZO Xi(m)	Mi(Tn-m)
1	3.85	1.75	6.74
2	6.20	1.30	8.07
3	3.10	1.85	5.74
4	13.75	2.75	37.81
S/C	0.00	2.75	0.00
E _{act.}	0.00	2.69	0.00
Σ F _{vert.}	26.90	M _{estabiliz.}	58.35

CODIGO	Pi(tn)	BRAZO Xi(m)	Mi(Tn-m)
E _{act.}	9.09	1.73	15.75
Σ F _{horiz.}	9.09	M _{volteo}	15.75

3) VERIFICACIONES

Cálculo del coeficiente de fricción interna del suelo

$\mu = 0.56$ $\mu = \tan(\phi)$
 $0.4 < \mu < 0.6$

Estabilidad frente a las presiones sobre el terreno

$qadm = \frac{N}{B-L} \pm \frac{6M}{B-L^2} \leq \sigma_t$	N	26.90	Tn
	B	3.50	m
	L	1.00	m
	M	-3.06	Tn.m
	qadm	2.43	Tn/m ²

$\sigma_t = 15.2$ Tn/m²

$x = \frac{NE - M'}{N}$
 $x = 1.86$ m

$\frac{B}{3} \leq x \leq \frac{2B}{3}$
 $1.17 \leq 1.86 \leq 2.33$

$e = \frac{B}{2} - x = -0.11$ m < $e = \frac{B}{6} = 0.58$ m **¡CUMPLE!**

$M = N * e = -3.06$ Tn-m

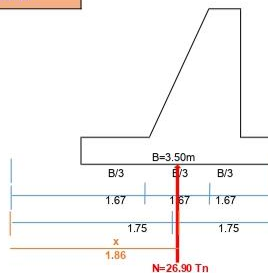
Factor de seguridad para estabilizar frente al Desplamiento Horizontal

$F.S.D = \frac{F_{vert} * H}{F_{horiz}} \geq 1.5$ 2.65 Tn > 1.5 **¡CUMPLE!**

Factor de seguridad para estabilizar frente al volteo

$F.S.V = \frac{M_{estabiliz.}}{M_{volteo}} \geq 2$ 4.18 Tn > 2 **¡CUMPLE!**

¡CUMPLE!



DISEÑO DE MURO DE CONCRETO ARMADO

I) DATOS DE DISEÑO

1) DATOS DEL SUELO A CONTENER:

h	3.50	m	→	Altura de suelo a corona
β	0.00	°	→	Angulo de inclinación del relleno
γ _{relleno}	1.95	Tn/m ³	→	Peso específico del suelo de relleno

2) DATOS DEL SUELO DE CIMENTACION:

σ _t	1.52	kg/cm ²	15.2	Tn/m ²	→	Capacidad portante del suelo
Df	1.50	m	→	Profundidad de excavación según EMS		
φ	29.16	°	→	Angulo de fricción interna		
Suelo	Arena limosa con grava y bloques				→	Tipo de suelo según EMS

3) DATOS DEL MURO:

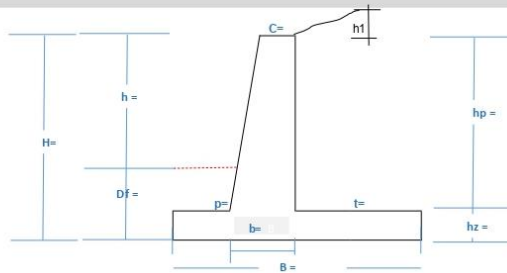
F'c	210	kg/cm ²	→	Resistencia a la compresión del concreto
γ	2.4	tn/m ³	→	Peso específico del concreto
f _y	2400	kg/cm ²	→	Resistencia a a fluencia del acero

II) DESARROLLO DEL DISEÑO

VALORES
ASUMIDOS

1) PREDIMENSIONAMIENTO:

• Altura del Muro:	H	5.20	m	→	H = Df + h	5.20	m
• Corona:	C	0.30	m	→	Mínimo = 0.30 o H/12	0.30	m
• Ancho:	B	3.12	m	→	B = 0.50H a 0.70H	4.40	m
• Peralte:	hz	0.52	m	→	hz = 0.1H	0.55	m
• Punta:	p	0.52	m	→	0.1H	0.55	m
• Talón:	t	2.08	m	→	t = B - (p + hz)	3.30	m
	b	0.52	m	→	b = 0.1H	0.55	m



2) CÁLCULO DE FUERZAS:

2.1 Empuje activo: (Ea)

Ka	0.34	m
Ea	9.09	Tn
Pv	0.00	Tn/m
Ph	9.09	Tn/m
Mact	15.75	

2.1.1 Cálculo del empuje pasivo

Kp	2.90	
Ep	9.06	Tn
Pv	0.00	Tn/m
Ph	9.06	Tn/m
Memp	7.55	

Ka = coeficiente del empuje activo

$$K_a = \cos^2 \beta \frac{\cos \beta - \cos^2 \beta - \cos^2 \phi}{\cos \beta + \cos^2 \beta - \cos^2 \phi}$$

$$E_{act, act.} = E_{act} \cdot 5 \text{ cm } (\beta)$$

$$E_{act, pasiv.} = E_{act} \cdot \cos(\beta)$$

$$K_p = \cos^2 \beta \frac{\cos \beta + \cos^2 \beta - \cos^2 \phi}{\cos \beta - \cos^2 \beta - \cos^2 \phi}$$

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot \text{relleno} \cdot H^2 + K_p$$

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot \text{relleno} \cdot H^2 + K_p$$

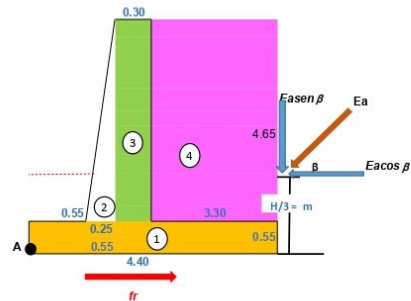
2.1 Cálculo de Fuerzas y Momentos

CÁLCULO DEL MOMENTO ESTABILIZADOR

ODDIGO	Pi(tn)	BRAZO Xi(m)	Mi(Tn-m)
1	5.81	2.2	12.78
2	1.40	0.72	1.00
3	3.35	0.95	3.18
4	29.92	2.75	82.29
E _{act, pasiv.}	0.00	3.79	0
S/C	0.00	2.75	0
Σ F _{VERT}	40.47		M _{ESTABILIZ.} = 99.25

CÁLCULO DEL MOMENTO DE VOLTEO

ODDIGO	Pi(tn)	BRAZO Xi(m)	Mi(Tn-m)
E _{act, pasiv.}	9.09	1.73	15.75
Σ F _{HORIZ.}	9.09		M _{VOLTEO} = 15.75



3) VERIFICACIONES

Cálculo del coeficiente de fricción interna del suelo

μ	0.56	μ = tang(θ)
0.4 < μ < 0.6		

Factor de seguridad para estabilizar frente al Desplamiento Horizontal

$$F.S.D = \frac{F_{VERT} \cdot \mu}{F_{HORIZ}} \geq 1.5 \quad 3.32 \quad Tn \quad > \quad 1.5 \quad \text{¡CUMPLE!}$$

Factor de seguridad para estabilizar frente al volteo

$$F.S.V = \frac{M_{estabiliza}}{M_{volteo}} \geq 2 \quad 6.78 \quad Tn \quad > \quad 2 \quad \text{¡CUMPLE!}$$

Punto de aplicación de empuje E_{act, pasiv.}

$$Y_{ca} = H_{relleno} / 3 \cdot (H_{relleno} + 3 \cdot h) / (H_{relleno} + 2 \cdot h) = 1.73$$

Punto de aplicación de empuje E_{act, act.}

$$X_{ca} = B - p - (V_{ca} \cdot hz) / hp = 3.79 \text{ metros}$$

Estabilidad frente a las presiones sobre el terreno

$$qadm = \frac{N}{B \cdot L} \pm \frac{6M}{B \cdot L^2} \leq \sigma_c$$

N	40.47	Tn
B	4.40	m
L	1.00	m
M	2.00	Tn.m
qadm	11.93	Tn/m2

< σ_c **[CUMPLE!]**

σ_c	15.2	Tn/m2
------------	------	-------

$$x = \frac{NE - MV}{N}$$

x	2.25	m
---	------	---

$$\frac{B}{3} \leq x \leq \frac{2B}{3}$$

1.47 2.25 2.93

OK

$$e = \frac{B}{2} - x$$

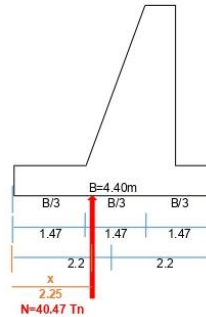
e	0.05	m
---	------	---

$$e = \frac{B}{6}$$

e	0.733	m
---	-------	---

$$M = N \cdot e$$

M	2.00	Tn-m
---	------	------



4 CÁLCULO DE ACERO

4.1 Cálculo del Momento Último (Mu)

$$Mu = 1.4 \cdot \frac{\gamma \cdot hp^3 + Ka}{6}$$

γ suelo	1.95	Tn/m3
hp	4.65	m
Ka	0.34	m
Mu	15.77	Tn-m

Mu(hp)	0.16	hp^3 Tn-m
--------	------	-----------

4.2 Verificación del peralte por flexión (d=hz-re)

$$Mu = \phi \cdot b \cdot d^2 \cdot f'c \cdot \omega (1 - 0.59 + \omega)$$

$$d = \sqrt{\frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot f'c \cdot \omega (1 - 0.59 + \omega)}}$$

ϕ	0.90	
b	100.00	cm
ω	0.09	
Mu	1577213.99	kg-cm
d	31.29	cm

50.00 cm ¡CORRECTO!

hz	0.56	m
dreal	0.47	m

8cm- recubrimiento en muros

4.3 Cálculo de la longitud crítica (Lc)

$$\frac{Mu}{Lc} = Mu(hp) \cdot (hp - he)^{-3}$$

$$he = hp - \left(\frac{Mu}{Lc \cdot Mu(hp)}\right)^{1/3}$$

Mu(hp)	0.15	hp^3 Tn-m
hp	5.85	m
he	1.20	m
Lc	1.67	m

4.4 Cálculo de acero vertical - cara interior (ASV) - Pantalla (lado derecho de la pantalla)

$$As = \frac{Mu}{\phi \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot f'c \cdot b}$$

$$Asmin = \frac{0.7 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d}{fy}$$

$$Asmin = \frac{14}{fy} \cdot b \cdot d$$

Mu	1577213.99	kg-cm
d	62	cm
b	100	cm
f'c	210	kg/cm2
fy	4200	kg/cm2

Mu	15.77	Tn-m
Ku	4.10	
p	0.0028	
As requerido	17.36	cm2
Asmin	14.57	cm2
As colocado	19.88	7Ø3/4"

n = As req/Area de acero	Cant de varillas = n	6.11	=	7.00	varillas
s = $\frac{100 - 2r - (diam\phi)}{n - 1}$	Espaciamento = s	13.68	=	12.50	cm

Por lo tanto
Asth = 1 Ø 3/4" @ 12.5 cm

4.5 Cálculo de acero horizontal y vertical (Ash) y (Asv):

Tipo de refuerzo	Barras en malla corrugadas o Lisas fy<=420Mpa	Astemp	11.16	cm2
------------------	---	--------	-------	-----

4.5.1 Cálculo de acero horizontal cara interior (Ash=1/3Ast): Lado derecho de la pantalla

Ast	3.72	cm2
Ascolado	4.26	Ø3/8"

n = As req/Area de acero	Cant de varillas = n	5.24	=	6.00	varillas
s = $\frac{100 - 2r - (diam\phi)}{n - 1}$	Espaciamento = s	16.66	=	15.00	cm

Por lo tanto
Asth = 1 Ø 3/8" @ 15 cm

4.5.2 Cálculo de acero horizontal y vertical -Cara exterior (Ast=2/3Ast)

Ast	7.44	cm ²
Ascolcado	7.74	6ø1/2"

$n = \frac{As \text{ req/Area de acero}}{\text{Cant de varillas} = n}$	5.77	=	6.00	varillas	
$s = \frac{100 - 2r - (\text{diam}\phi)}{n - 1}$	Espaciamento = s	16.55	=	15.00	cm

Por lo tanto
Asth = 1 ø 1/2" @ 15 cm

5 VERIFICACIÓN POR CORTE

Cálculo del cortante último

$$Vu = 1.4Vd = 1.7 * \left[\frac{1}{2} * Ka * ys * (hp - d)^2 \right]$$

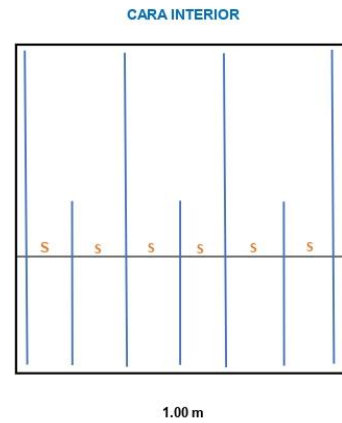
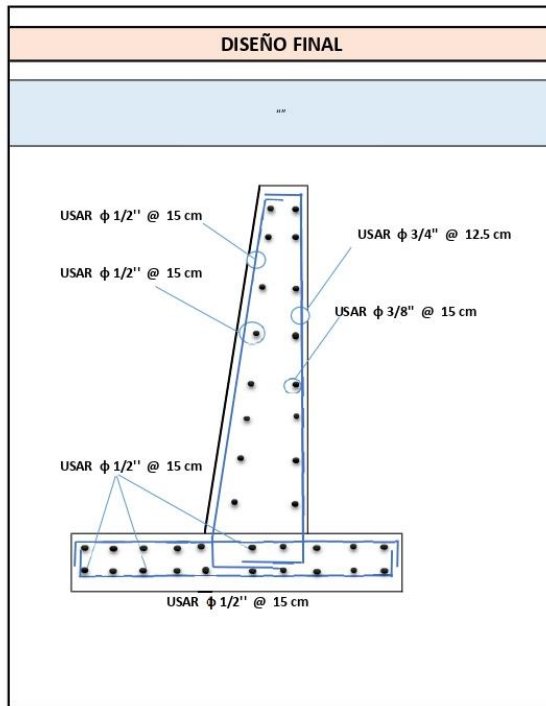
Vu	16.54	Tn
----	-------	----

Cálculo del cortante del concreto

$$Vc = 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

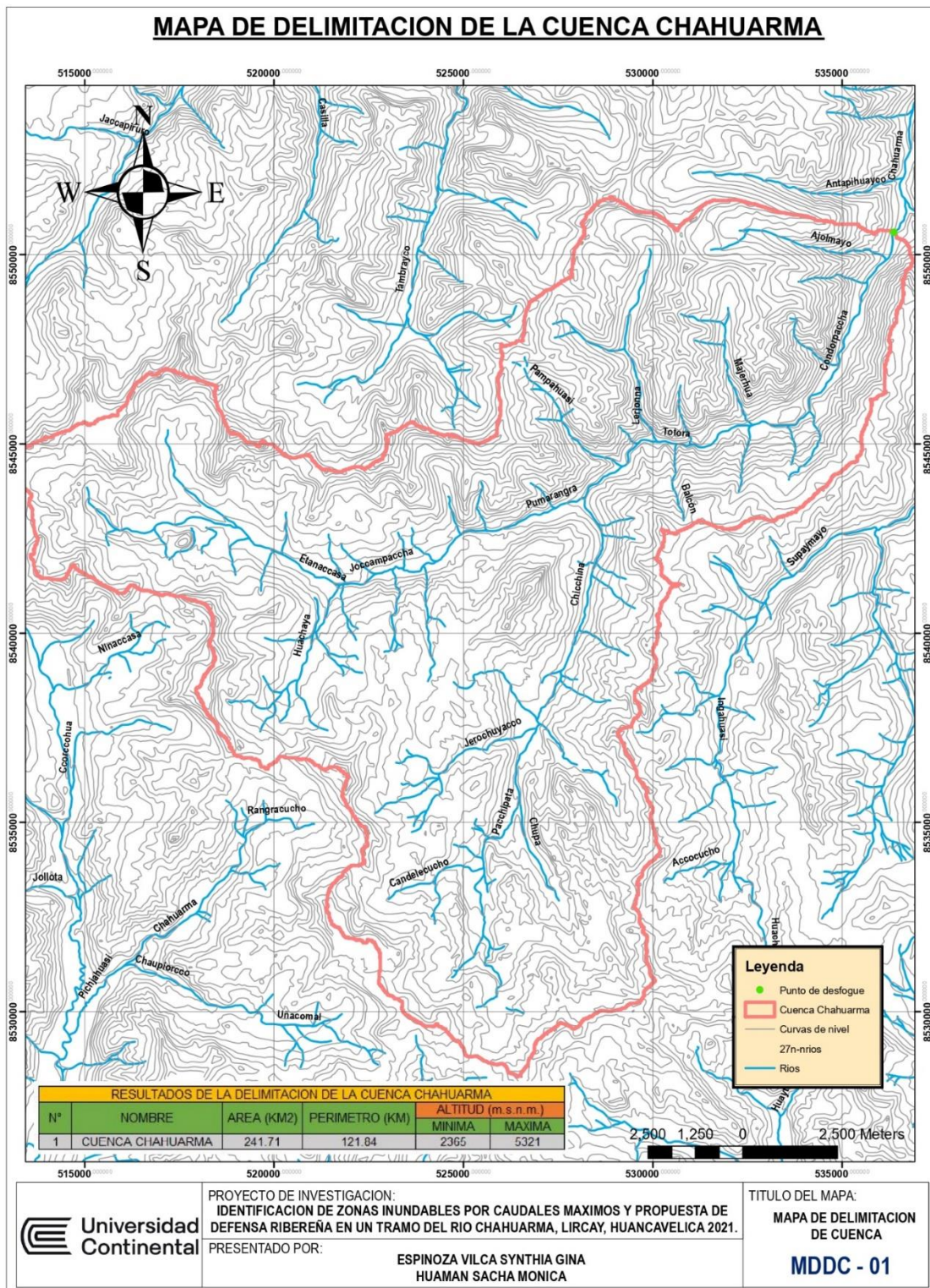
Vc	47618.66	Kg
Vc	47.62	Tn

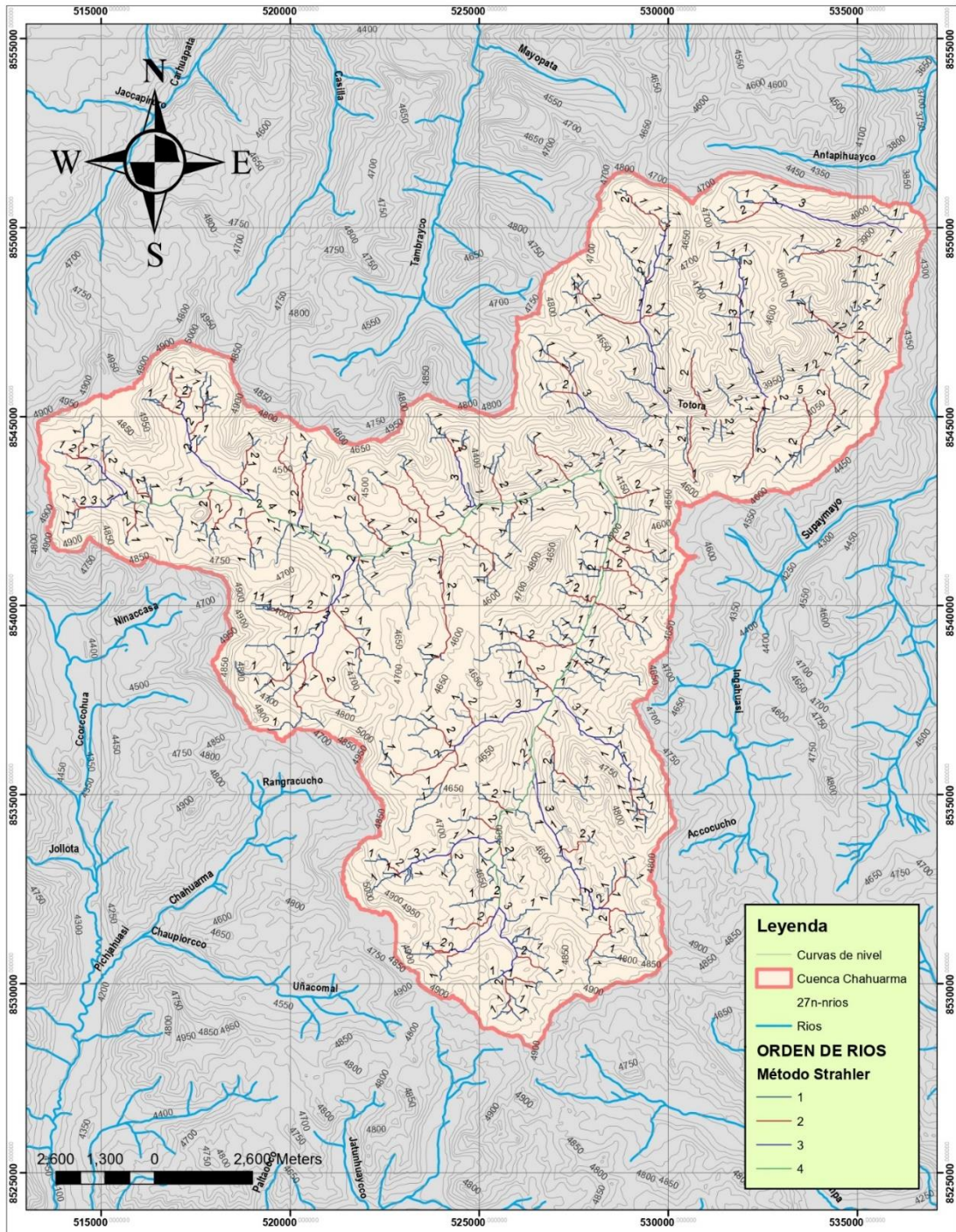
Vu	≤	φ Vc	φ=0.85
16.54	≤	40.48	¡CUMPLE!



Anexo 8

Mapas de delimitación de cuenca



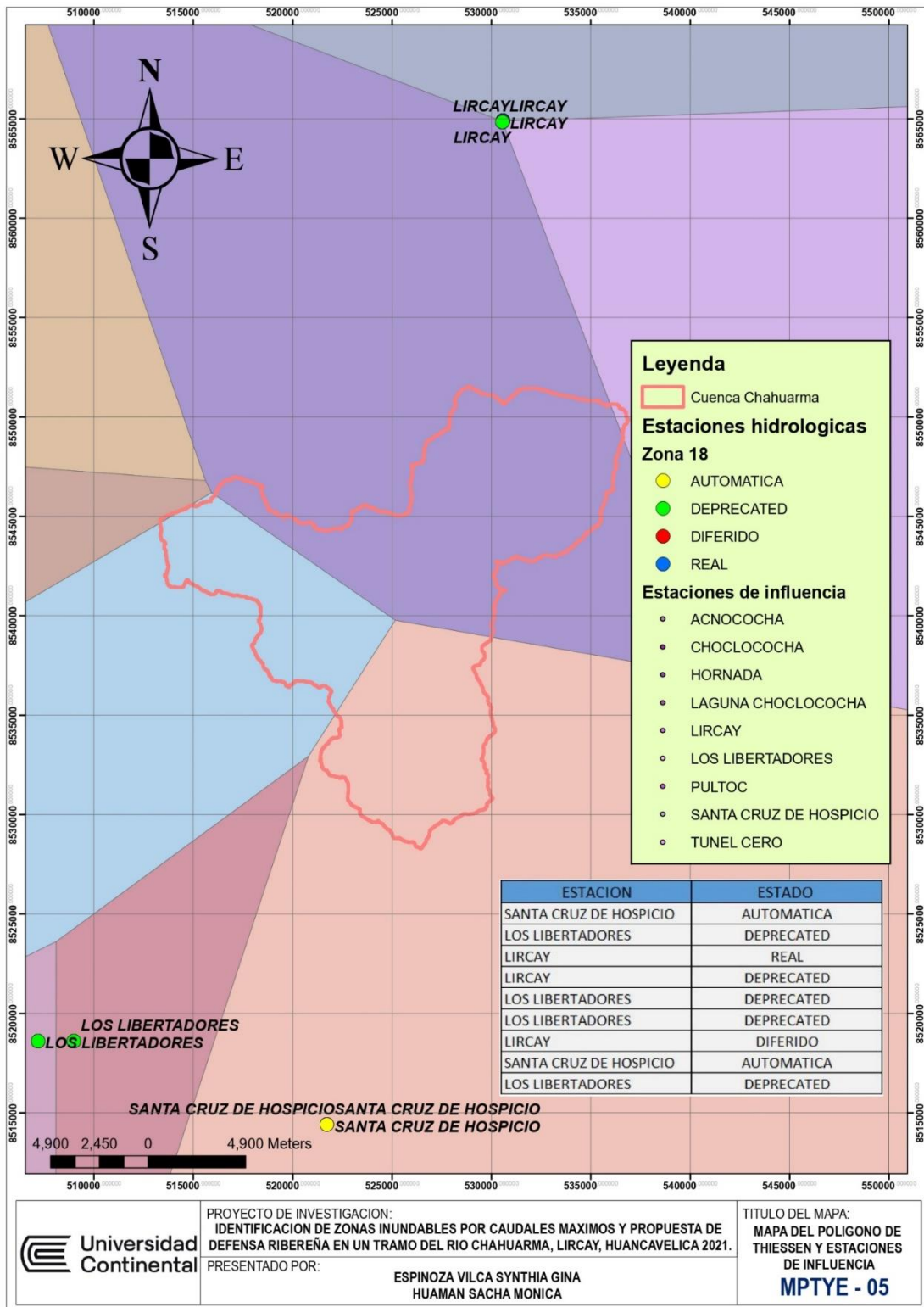


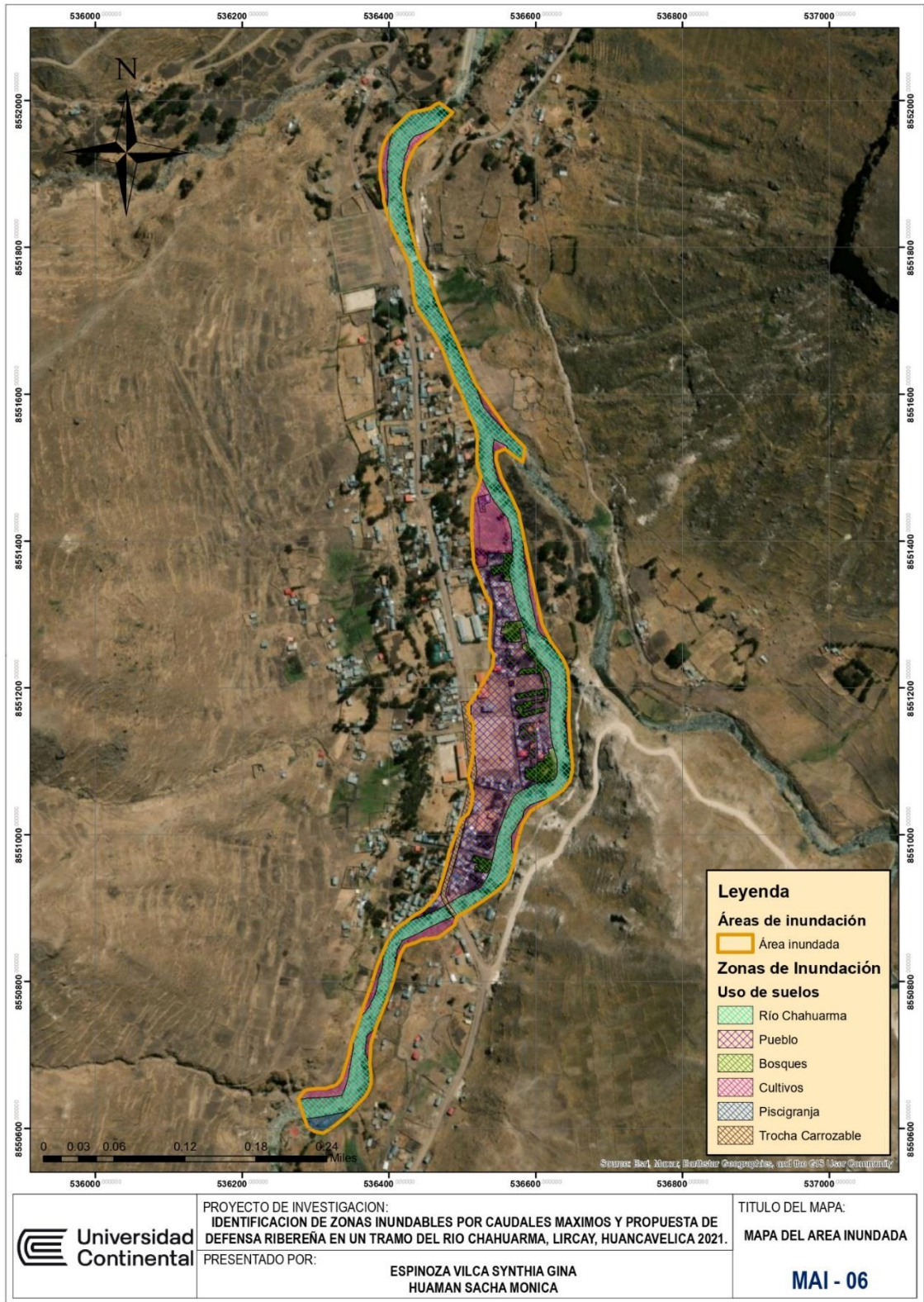
PROYECTO DE INVESTIGACION:
IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES POR CAUDALES MAXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RIO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCAMELICA 2021.
 PRESENTADO POR:

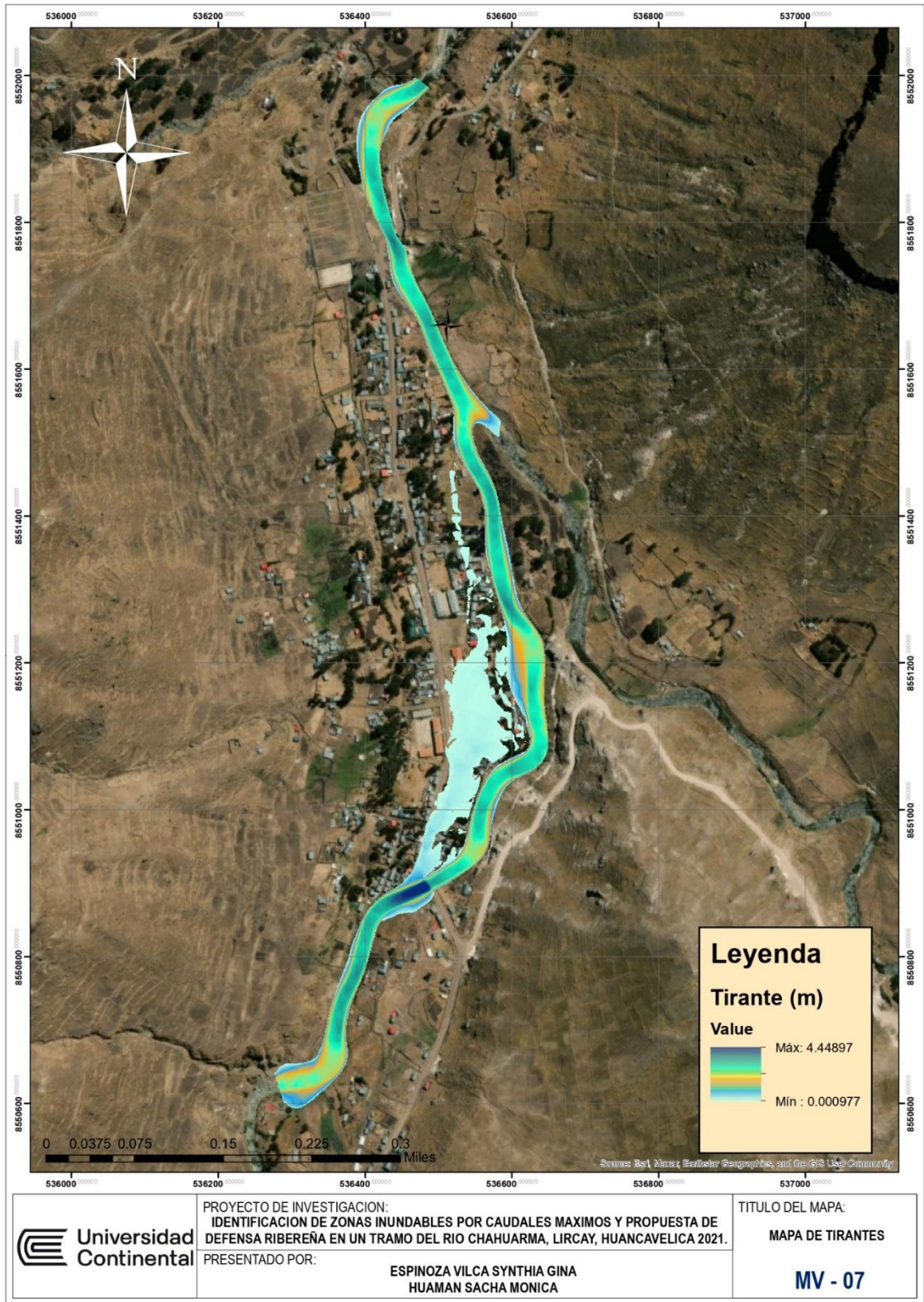
ESPINOZA VILCA SYNTHIA GINA
HUAMAN SACHA MONICA

TITULO DEL MAPA:
MAPA DE ORDEN DE RIOS DE LA CUENCA CHAHUARMA

MOR - 04







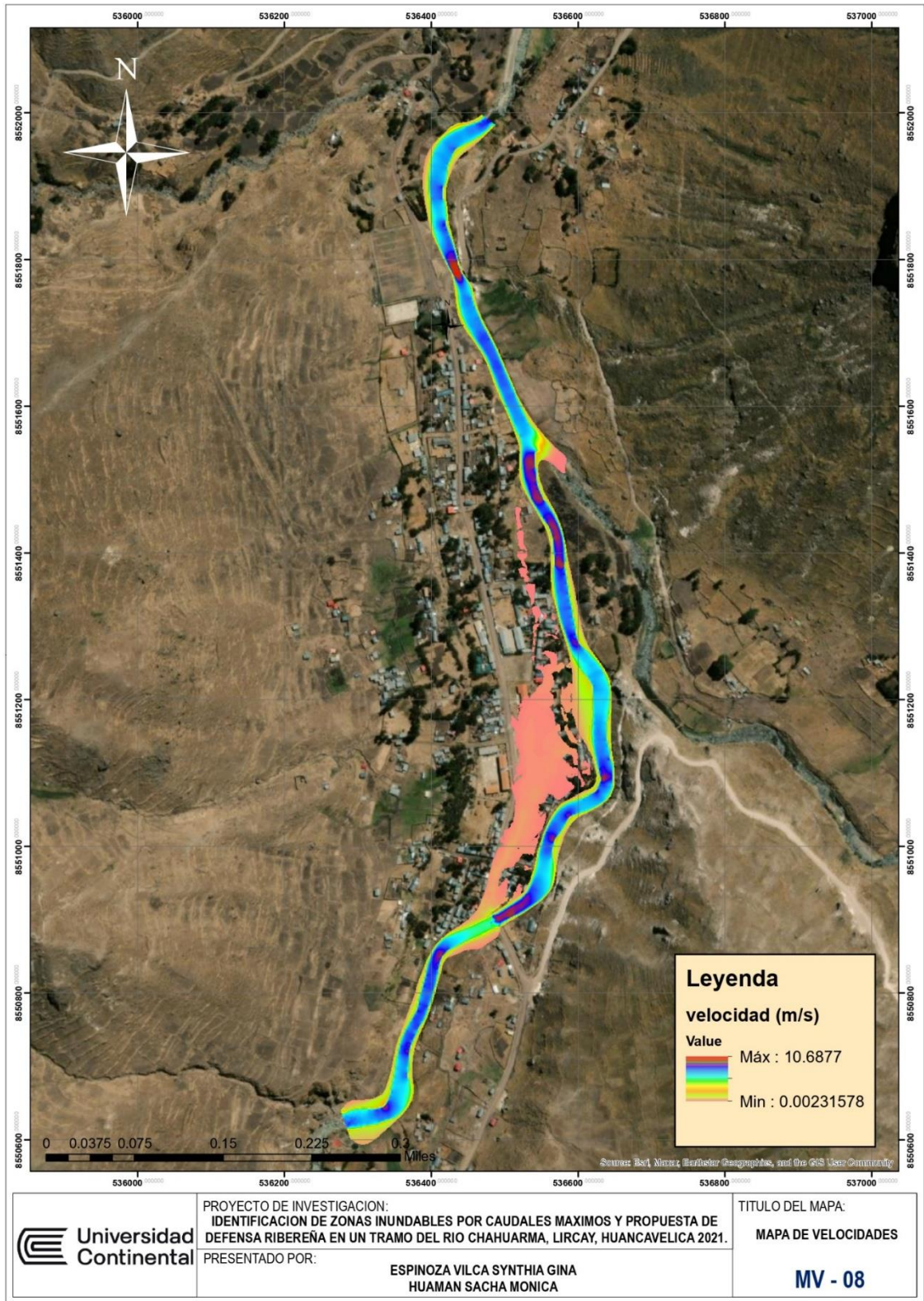
Universidad Continental

PROYECTO DE INVESTIGACION:
 IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES POR CAUDALES MAXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RIO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCVELICA 2021.
 PRESENTADO POR:

ESPINOZA VILCA SYNTHIA GINA
 HUAMAN SACHA MONICA

TITULO DEL MAPA:
 MAPA DE TIRANTES

MV - 07



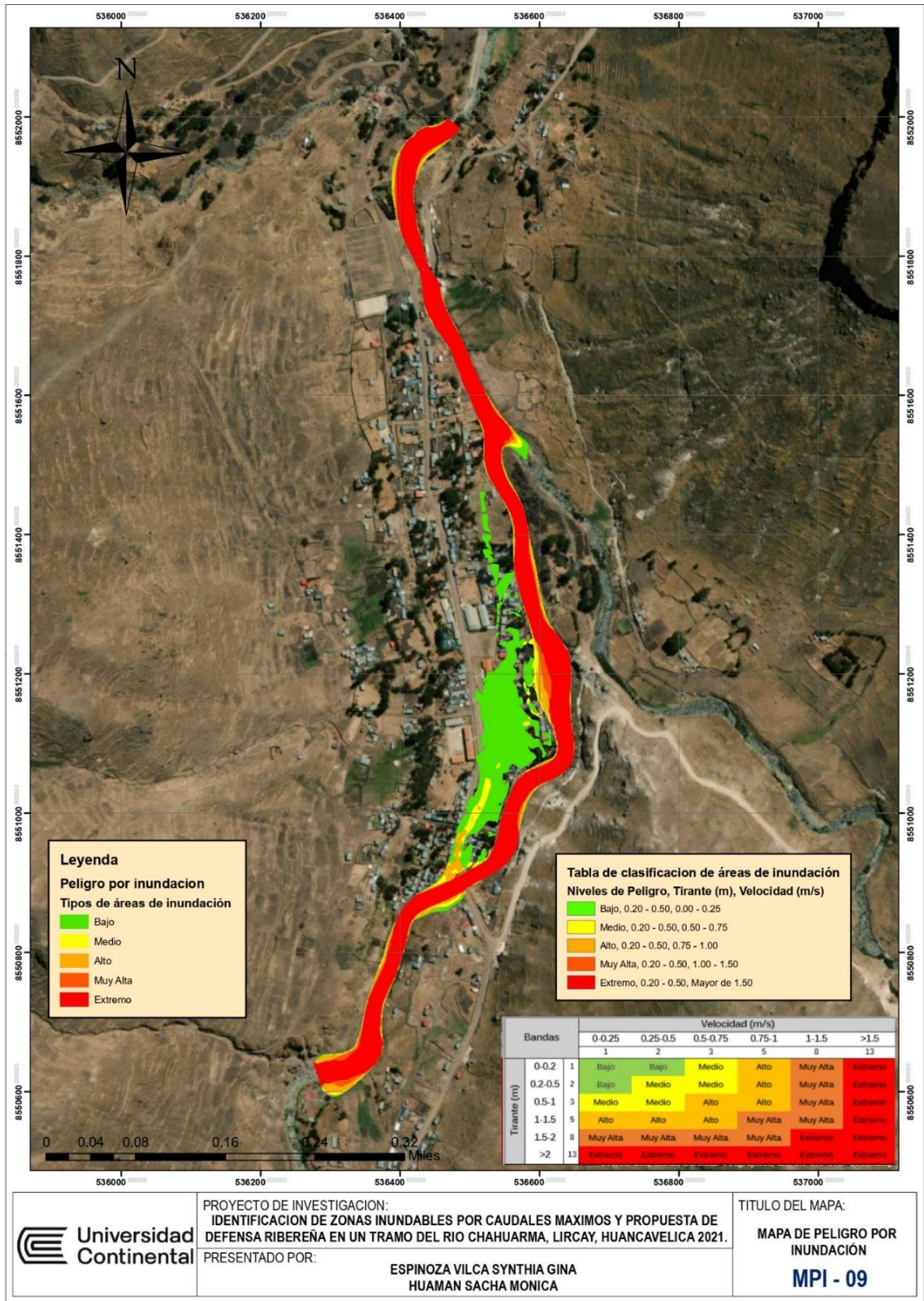
 **Universidad
Continental**

PROYECTO DE INVESTIGACION:
**IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES POR CAUDALES MAXIMOS Y PROPUESTA DE
 DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RIO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCATELICA 2021.**
 PRESENTADO POR:

**ESPINOZA VILCA SYNTHIA GINA
 HUAMAN SACHA MONICA**

TITULO DEL MAPA:
MAPA DE VELOCIDADES

MV - 08



Universidad Continental

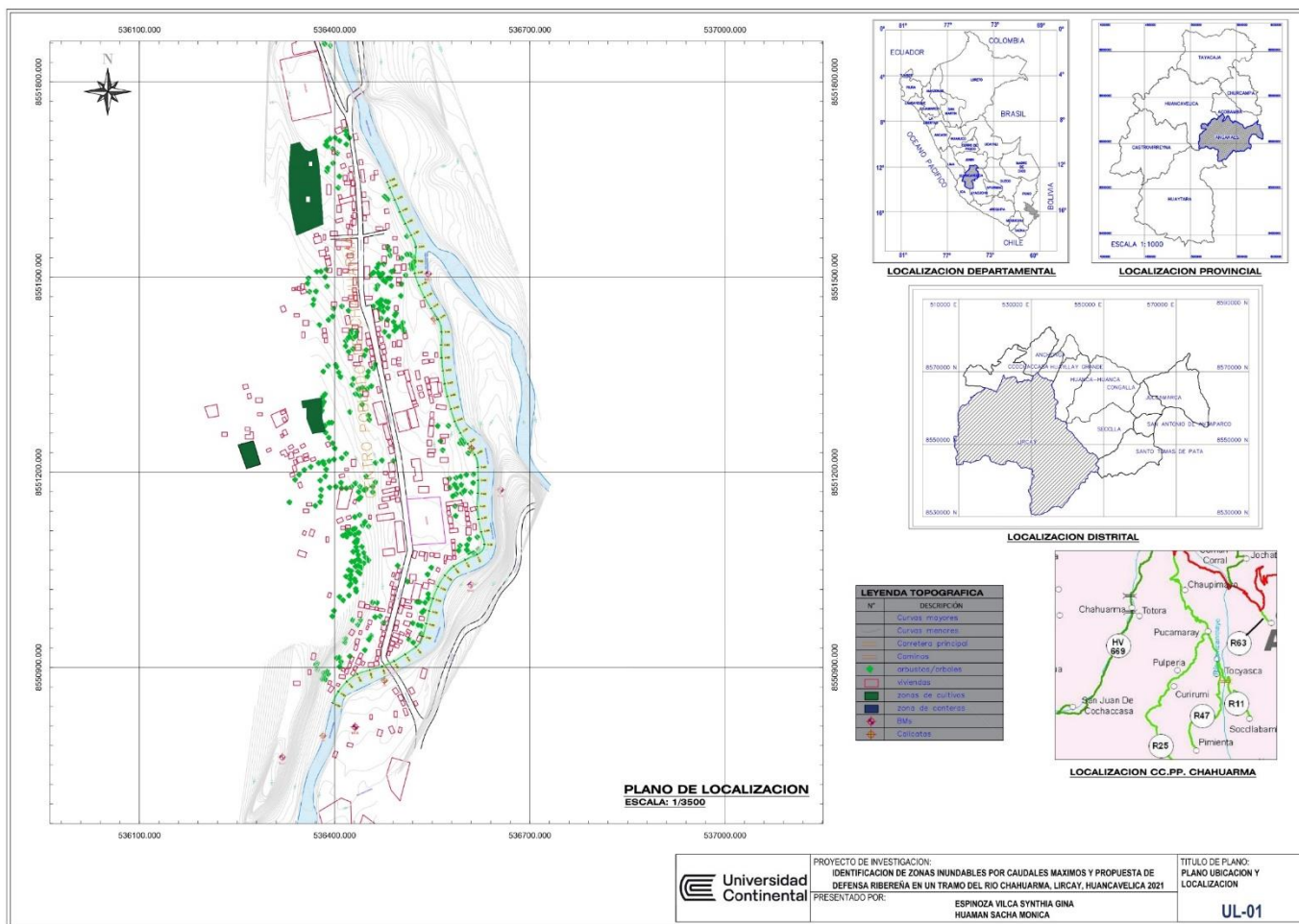
PROYECTO DE INVESTIGACION:
IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES POR CAUDALES MAXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBEREÑA EN UN TRAMO DEL RIO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCAMELCA 2021.
 PRESENTADO POR:

ESPINOZA VILCA SYNTHIA GINA
HUAMAN SACHA MONICA

TITULO DEL MAPA:
MAPA DE PELIGRO POR INUNDACION
MPI - 09

Anexo 9

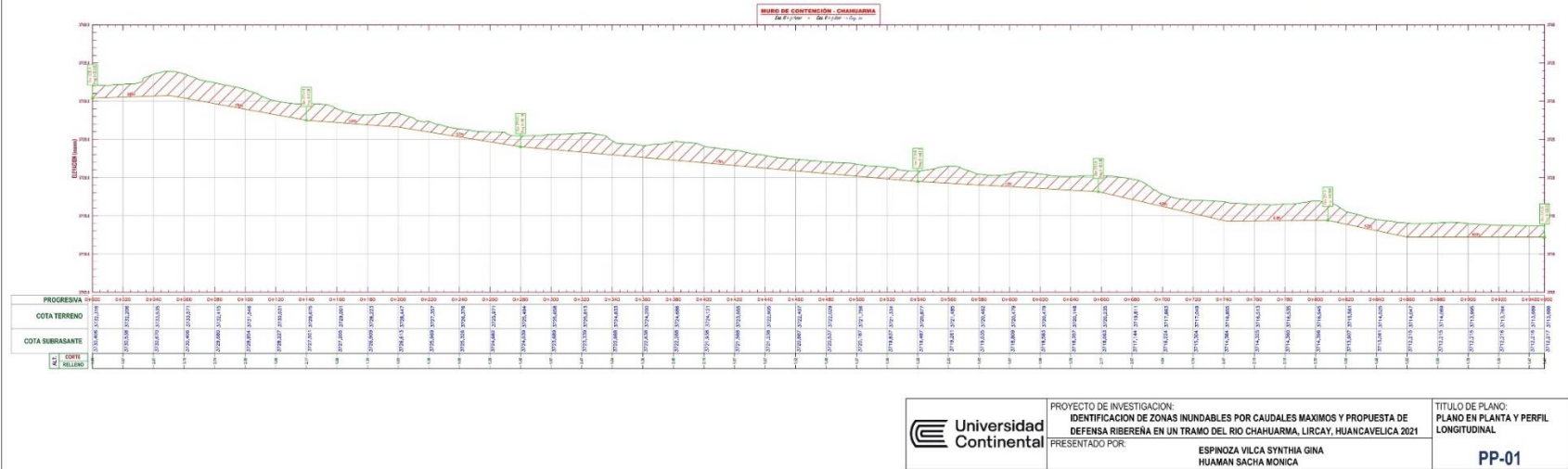
Plano de ubicación y localización topográfica, planta , perfil y secciones transversales





PLANO EN PLANTA
ESC:1/1000

N°	DESCRIPCIÓN
1	Curvas mayores
2	Curvas menores
3	Carretera principal
4	Caminos
5	arboles/arboles
6	viviendas
7	zonas de cultivos
8	zona de carpenteras



	PROYECTO DE INVESTIGACION: IDENTIFICACION DE ZONAS INUNDABLES POR CAUDALES MAXIMOS Y PROPUESTA DE DEFENSA RIBERENA EN UN TRAMO DEL RIO CHAHUARMA, LIRCAY, HUANCANELICA 2021	TITULO DE PLANO: PLANO EN PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
	PRESENTADO POR: ESPIÑOZA VILCA SYNTHIA GINA HUAMAN SACHA MONICA	PP-01





Anexo 10
Panel fotográfico



Figura 45: Crecida del rio Chahuarma en época de lluvia



Figura 46: Fotografía del levantamiento topográfico

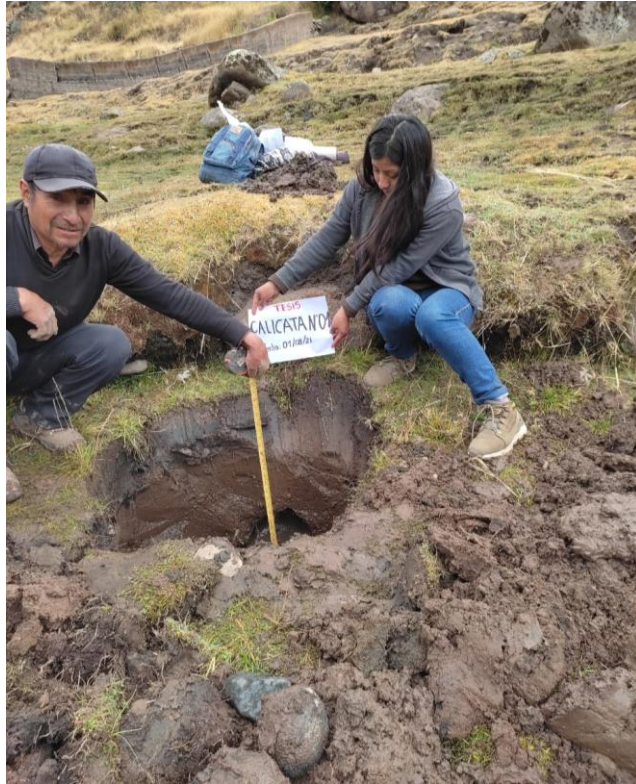


Figura 47: Excavación de calicata N°01 para la extracción de muestras



Figura 48: Excavación de calicata N°02 para la extracción de muestras



Figura 49: Excavación de calicata N°03 para la extracción de muestras



Figura 50: Excavación de calicata N°03 para la extracción de muestras