

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**MODELAMIENTO HIDROLÓGICO PARA EL DISEÑO DE
LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL RIO MALA
SECTOR CRUZ BLANCA, CAÑETE**

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

Autor:

Bach: PARRA ROMERO, LEONIDAS FELIPE

ASESOR:

Ing. Vladimir ORDOÑEZ CAMPOSANO

Línea de Investigación Institucional:

Nuevas tecnologías y procesos

Huancayo – Perú

2023

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

**DR. MIGUEL RUBEN TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE**

**ING. NATALY LUCIA CORDOVA ZORRILLA
JURADO**

**MTRO. JULIO FREDY PORRAS MAYTA
JURADO**

**ING. ALCIDES LUIS FABIAN BRAÑEZ
JURADO**

**MTRO. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO DOCENTE**

DEDICATORIA

En principio mi agradecimiento al Dios todo poderoso por ser mi guía y soporte espiritual en los momentos más difíciles de mi existencia.

Mi Sr. Padre Ángel Ranulfo Parra Flores quien desde el cielo cuida mis pasos, a mi Sra. Madre Edy Romero Granados, mi padrino Ing. Regner Parra Flores por darme ellos su apoyo, la fuerza moral, forjadores de mis grandes valores como: Son el respeto, amor, la solidaridad y humildad y mi esposa Esther Diaz Lopez, ya que el apoyo que me ha brindado ha sido sumamente importante, estando a mi lado en los momentos y situaciones más difíciles siempre dándome fuerzas.

Bach. PARRA ROMERO Leónidas Felipe.

AGRADECIMIENTO

Mi persona como autor de la presente investigación reconoce su agradecimiento a dos grandes profesionales que con sus aportes, críticas constructivas y sobre todo sus consejos académicos logre enriquecer la presente. Al Mg. Martin Felipe Chumpitaz Camarena y a mi asesor el Ing. Vladimir Ordoñez Camposano.

Bach: PARRA ROMERO Leónidas Felipe

CONSTANCIA 155

DE SIMILITUD DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN POR EL SOFTWARE DE PREVENCIÓN DE PLAGIO TURNITIN

La Dirección de Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, hace constar por la presente, que el informe final de tesis titulado: “MODELAMIENTO HIDROLÓGICO PARA EL DISEÑO DE LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL RIO MALA SECTOR CRUZ BLANCA, CAÑETE”.

Cuyo autor (a) : Leonidas Felipe, Parra Romero.

Facultad : Ingeniería

Escuela Profesional : Ingeniería Civil

Asesor (a) (es) : Mg. Oscar Luis Cantorin Poma

Que, fue presentado con fecha 14.03.2023 y después de realizado el análisis correspondiente en el software de prevención de plagio Turnitin con fecha 15.03.2023; con la siguiente configuración de software de prevención de plagio Turnitin:

Excluye bibliografía.

Excluye citas.

Excluye cadenas menores de a 20 palabras.

Otro criterio (especificar)

Dicho documento presenta un porcentaje de similitud de **22%**. En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°11 del Reglamento de uso de software de prevención de plagio, el cual indica que no se debe superar el **30%**. Se declara, que el trabajo de investigación: si contiene un porcentaje aceptable de similitud.

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presenta constancia.

Huancayo 17 de Marzo del 2023



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

INTRODUCCION

En la presente tesis de investigación titulada “MODELAMIENTO HIDROLÓGICO PARA EL DISEÑO DE LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL RIO MALA SECTOR CRUZ BLANCA, CAÑETE” nos menciona claramente que en estos últimos años el cambio climático ha afectado a todos los países del mundo, pero en especial el nuestro, dicho efecto ha sido muy pronunciado y ha generado grandes lluvias, por consiguiente esto ha producido crecidas de los ríos generando muchos huaycos, desbordes debido a activación de algunas de las quebradas que estaban dormidas en las distintas provincias de la costa, en especial en el departamento de Lima. Debido a este fenómeno producido se hace necesario y urgente que en ciertos lugares la construcción de obras hidráulicas en los ríos que protejan las riberas o mejoren el encausamiento de los ríos de tal manera que no perjudiquen a los pobladores, ni tampoco afecta a su medio de trabajo como es la agricultura y colapsen las vías de comunicación.

Este crecimiento del volumen de agua sobre los ríos trajo consigo también un aumento en la carga de sedimentos, es decir materiales detríticos y cantos rodados ocasionando en algunos lugares de la trayectoria del río embalsamiento y desborde produciendo daños materiales y en algunos casos con fallecimientos de personas.

Como sabemos el desbalance que se produce entre el volumen de agua y la cantidad de sedimentos produce y genera erosión en ciertos lugares de las riberas y sobre todo asentamiento de materiales en la trayectoria del río debido a su morfología del mismo, esto produce al transcurrir el tiempo fallamientos en las obras fluviales realizadas como son: los puentes, defensas ribereñas.

Este Río Mala tiene sus inicios en la sierra de la provincia de Cañete, en aquellos nevados que disgregan las aguas del Río Cañete y el Río Mala a una altitud aproximadamente de 3,000 metros y realiza en su trayectoria un recorrido de 150 km, el río Mala tiene su origen en la laguna Cumpicocha y pasa primero por el valle de Calango para finalmente desembocar en océano pacífico. En el

año de 1,960 se empezó con los estudios hidrológicos para la estimación y ponderación de los recursos hídricos en las diferentes cuencas de nuestro país.

El objetivo es verificar in situ la zona de inundación y diseñar la más óptima defensa ribereña en el sector Cruz Blanca, lugar donde ante una nueva crecida del rio Mala producirá desbordes afectando a los lugareños de la zona nuevamente debido a que no hay defensa que contrarreste este fenómeno.



Figura 1: Rio Mala - San Antonio época de crecida
Fuente: Inrena – Google



Figura 2: Rio Mala - Calango época de seca
Fuente: Inrena - Google Earth

La metodología a utilizar es una investigación que empleará el conocido método específico y analítico, la presente investigación se ha estructurado y desarrollado en 5 capítulos que inmediatamente se describe con claridad para su comprensión.

Capítulo I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACION: En el presente ítem se describe y se expone el Planteamiento del problema, además de la Formulación del problema: Se enuncia el Problema general, los problemas específicos; su Justificación tanto Social como metodológica; las Delimitaciones: Tanto Espacial, temporal y económica; Las Limitaciones: incluye la Espacial, la Temporal y la Económica; Limitaciones: De la ubicación o zona de desborde, además de la lejanía de los laboratorios; para finalmente desarrollar el Objetivo: General y los específicos.

Capítulo II: MARCO TEÓRICO: Desarrollamos el presente capítulo con los Antecedentes de estudios: Tanto Internacionales como nacionales; se continúa el Marco conceptual: Con la Sinuosidad del río, erosión, río, Cuenca hidrográfica, parte de una cuenca, río principal, afluentes, Topografía de la cuenca, controladores ribereños, defensa ribereña estructurales, gaviones, espigones, diques, enrocados, defensas ribereñas no estructurales, manera de encausamiento, Colocación del encauzamiento y su Extensión, definición de términos, La hipótesis general y específicas, Las Variables, Definición Conceptual de la variable, Definición operacional de las variables, Operacionalización de la variable.

Capítulo III: METODOLOGIA: Se expone y presenta el método de investigación, el tipo de investigación, que nivel tiene la investigación, el diseño de la investigación, la población y se ubica la muestra a trabajar, también se incluye las técnicas e instrumentación de recolección de datos, procesamiento de la información y el procesamiento de los datos.

Capítulo IV: RESULTADOS: Esta referido a la realización de la investigación y los ensayos o pruebas necesarias, como es el levantamiento topográfico, los estudios de suelos mediante las calicatas, el caudal máximo alcanzado durante los últimos 20 años, de tal manera de encontrar la mejor

solución para obtener una defensa ribereña optima utilizando el modelamiento hidráulico de tal forma que cumpla con las hipótesis y beneficie a los pobladores de la zona de Mala, siempre verificando que cumpla con los parámetros y requisitos establecidos por los entes estatales para este tipo de defensa ribereña.

Capítulo V: LA DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS: Luego y como consecuencia de los resultados obtenidos se procede con un debate y exposiciones de alternativas más optimas, se decide por la mejor alternativa de tal manera que de acuerdo también al modelamiento hidráulico y diseño de la defensa ribereña beneficie a la población del distrito de Mala.

Bach: PARRA ROMERO, Leónidas Felipe

INDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INTRODUCCIÓN.....	iv
CONTENIDO.....	viii
CONTENIDO DE TABLAS.....	xiv
CONTENIDO DE FIGURAS.....	xvi
CONTENIDO DE GRAFICOS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
CAPITULO I.....	21
PROBLEMA DE LA INVESTIGACION.....	21
1.1 Planteamiento del Problema	21
1.2 Formulación y Sistematización del Problema.....	23
1.2.1 Problemas específicos	23
1.2.2 Problemas generales.....	23
1.3 Justificación.....	23
1.3.1 Social.....	24
1.3.2 Metodológica.....	24
1.4 Delimitaciones	25
1.4.1 Espacial.....	25

1.4.2	Temporal	25
1.4.3	Económica.....	25
1.5	Limitaciones	25
1.5.1.	De la ubicación o zona de desborde	25
1.5.2.	De la lejanía de los laboratorios	25
1.6	Objetivos	26
1.6.1	Objetivo General.....	26
1.6.2	Objetivos Específicos	26
CAPITULO II		27
MARCO TEORICO		27
2.1	Antecedentes de Estudios.....	27
2.1.1	Antecedentes Internacionales	27
2.1.2	Antecedentes Nacionales.....	30
2.2.	Marco Conceptual	33
2.2.1	La sinuosidad	33
2.2.2	Erosión	33
2.2.3.	Rio	34
2.2.4.	Cuenca hidrográfica	34
2.2.4.1	Partes de una cuenca.....	34
2.2.4.2.	Rio principal	34
2.2.4.3.	Afluentes	34
2.2.4.4.	Topografía de la cuenca.....	35
2.2.5.	Controladores ribereños	35
2.2.5.1.	Defensas ribereñas estructurales.....	35
2.2.5.1.1.	Gaviones	36

2.2.5.1.2. Espigones	37
2.2.5.1.3. Diques	37
2.2.5.1.4. Enrocados	38
2.2.5.2. Defensa ribereña no estructurales	39
2.2.5.2.1. Manera de encausamiento	39
2.2.5.2.2. Colocación del encausamiento y su extensión.....	39
2.3 Definición de Términos.....	39
2.4 Hipótesis.....	43
2.4.1 Hipótesis General.....	43
2.4.2 Hipótesis Específicas	43
2.5 Variables	43
2.5.1 Definición Conceptual de la Variable.....	43
2.5.2 Definición Operacional de la Variable.....	44
CAPITULO III	45
METODOLOGIA	45
3.1 Metodología de la Investigación	45
3.2 Tipos de la Investigación	45
3.3 Nivel de la Investigación.....	45
3.4 Diseño de la Investigación.....	46
3.5 Población y Muestra	46
3.6 Técnicas e Instrumentación y de recolección de Datos.....	47
3.7 Procesamiento de la Información	47
3.8 Procesamiento de Datos	48
3.9 Técnica y Análisis de Datos	48

CAPITULO IV	49
RESULTADOS.....	49
4.1 Propuesta de estudio de suelos	51
4.1.1. Objetivo de estudio.....	51
4.1.2. Estudio básico geotécnico.....	52
4.1.3. Las Metas del trabajo geotécnico	53
4.1.4. Inventario de las excavaciones	54
4.1.5. Ordenación de los suelos	54
4.1.6. La exposición de la forma estratigráfica	55
4.2. El análisis y estudio topográfico del rio Mala.....	58
4.2.1. Operación en gabinete	62
4.2.2. Producción en gabinete.....	63
4.2.3. Método de información de coordenadas	63
4.3. Estudio y propuesta del caudal	67
4.3.1. Investigación hidrológica de la cuenca del rio Mala	67
4.3.1.1. Ubicación de la zona de investigación	68
4.3.1.2. Estudio de la precipitación	82
4.3.1.2.1. Diseño de las curvas de intensidad – duración – frecuencia (IDF)	86
4.4. Desarrollo del modelamiento en HEC – HMS	92
4.4.1. Determinación previa al cálculo del número de curvas CN.....	92
4.4.2. Determinación de la abstracción inicial (Ia).....	93
4.4.3. El cálculo del tiempo de concentración	94

4.4.4. Determinación del tiempo de retardo (Lag time)	95
4.4.5. Realización de la Modelación hidrológica – Resultados	96
4.5. Características hidráulicas del rio Mala para el modelamiento	98
4.5.1. Ancho del cauce del rio Mala	98
4.5.2. Determinación del tirante del rio Mala	98
4.5.3. El resultado del borde libre (BL)	99
4.5.4. La altura de encauzamiento (retorno de 100 años).....	99
4.5.5. El análisis de la socavación	99
4.5.6. El número y tipo de Gaviones.....	100
CAPITULO V	101
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	101
5.1 Respecto a la hipótesis 1	101
5.2 Respecto a la hipótesis 2	102
5.3 Respecto a la hipótesis 3	103
CONCLUSIONES	105
RECOMENDACIONES	106
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	107
ANEXOS	109
ANEXO 1 Matriz de Consistencia y Matriz de Operacionalizacion.....	110
ANEXO 2 Modelamiento hidrológico – Cuenca del rio Mala	113
ANEXO 3 Precipitaciones máximas en 24 horas – Estaciones.....	118
ANEXO 4 Distribución de probabilidades – Estaciones	124

ANEXO 5 Estaciones – Ajuste de pruebas de bondad	129
ANEXO 6 Precipitación máxima – Periodos de retornos	135
ANEXO 7 Intensidad máxima – Diferentes periodos de retorno	138
ANEXO 8 Tabla de valores – Curvas IDF	141
ANEXO 9 Planos de defensa con gaviones	145
ANEXO 10 Resultados de Calicatas	149

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1	Cuenca del rio Mala – Formaciones Ecológicas	53
Tabla 2	Clasificación de Suelos.....	55
Tabla 3	Calicatas – Resultados	56
Tabla 4	Estación – Puntos de apoyo	60
Tabla 5	Levantamiento Topográfico	61
Tabla 6	Parámetros fisiográficos de la cuenca Mala	67
Tabla 7	Descripción de las subcuencas	70
Tabla 8	Tabla de atributos	75
Tabla 9	Propiedades de los suelos hidrológicos – Cuenca Mala	72
Tabla 10	Estaciones Pluviométricas.....	73
Tabla 11	Datos históricos de precipitación máxima.....	74
Tabla 12	Estación Pluviométrica de Ayaviri.....	75
Tabla 13	Diferentes periodos de retorno – Ayaviri.....	75
Tabla 14	Intensidad de precipitación años de retorno – Ayaviri ..	75
Tabla 15	Resumen de regresión Potencial.....	78
Tabla 16	Intensidad – Tiempo de Duración – Periodo de Retorno	79
Tabla 17	Elaboración del Hietograma – Estación Ayaviri 5 años	80
Tabla 18	Distribución de probabilidades – Estación Ayaviri	82
Tabla 19	Ajuste de la prueba de bondad – Estación Ayaviri.....	84
Tabla 20	Precipitación Max. 24 hrs – Tiempo de retorno	85
Tabla 21	Coeficientes de duración	86

Tabla 22	Estación Ayaviri – Precipitación Máxima	86
Tabla 23	Intensidad Máxima – Estación Ayaviri	87
Tabla 24	Intensidad de precipitación – Duración – Frecuencia ...	89
Tabla 25	Intensidad de Precipitación – Ayaviri 100 años	90
Tabla 26	Subcuencas del Rio Mala	93
Tabla 27	Abstracción inicial – Subcuencas	93
Tabla 28	Tiempo de Concentración – Subcuencas	95
Tabla 29	Tiempo de retardo de las subcuencas.....	95
Tabla 30	Caudales de retornos	96

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1	Rio Mala - San Antonio época de crecida.....	v
Figura 2	Rio Mala - Calango época de seca.....	v
Figura 3	Rio Mala sector Cruz Blanca	23
Figura 4	Gaviones tipo caja	36
Figura 5	Gaviones tipo colchón	36
Figura 6	Defensa ribereña Tipo Espigones.....	37
Figura 7	Defensa ribereña – Diques	38
Figura 8	Defensa ribereña – Enrocado	38
Figura 9	Ubicación del distrito de Mala	50
Figura 10	Cuenca del rio Mala.....	51
Figura 11	Ubicación de la Calicata 1	57
Figura 12	Inicio y Fin de la Calicata 1	57
Figura 13	Ubicación de la Calicata 2	58
Figura 14	Inicio y Fin de la Calicata 2.....	58
Figura 15	Punto de Estación A	59
Figura 16	Punto de Estación B	60
Figura 17	Plano Sección transversal y longitudinal	65
Figura 18	Plano de levantamiento topográfico.....	66
Figura 19	Delimitación de la cuenca del rio Mala	68
Figura 20	Subcuencas del rio Mala	69
Figura 21	Red Hídrica de la cuenca del rio de Mala	70

Figura 22	Estaciones pluviométricas	73
Figura 23	Rangos de CN por zonas identificadas ANA	92

CONTENIDOS DE GRAFICOS

Grafico 1	Curva hipsométrica.....	71
Grafico 2	Ayaviri – 5 años	76
Grafico 3	Ayaviri – 5 años B.....	76
Grafico 4	Ayaviri Final - 5 Años.....	77
Grafico 5	Ayaviri – 10 años	77
Grafico 6	Ayaviri – 50 años	77
Grafico 7	Ayaviri – 75 años	77
Grafico 8	Ayaviri – 100 años	77
Grafico 9	Regresión Potencial.....	78
Grafico 10	Intensidad – Duración – Frecuencia	80
Grafico 11	Hietograma – Estación Ayaviri 5 años.....	81
Grafico 12	Curvas IDF – Cuenca Rio Mala	90
Grafico 13	Hietograma de Precipitación – Ayaviri 100 años	91
Grafico 14	Hietograma de Intensidad – Ayaviri 100 años	91
Grafico 15	Hidrograma de caudal – 100 años.....	97

RESUMEN

En la tesis se propuso como problema general ¿Cómo influye en el diseño de la defensa ribereña el modelamiento hidrológico en el río Mala en el sector Cruz Blanca, Cañete? Luego se asumió como objetivo general y fue: Evaluar cómo influye en el diseño de la defensa ribereña el modelamiento hidrológico del río Mala en el sector Cruz Blanca, Cañete y por último la hipótesis general a estipular fue: La utilización del modelamiento hidrológico del río Mala en el sector Cruz Blanca, Cañete influye y mejora con éxito el diseño de la defensa ribereña.

Este trabajo tuvo como método general, el conocido método específico y analítico, el tipo de investigación fue del tipo aplicada tecnológica, de un nivel Descriptivo – Explicativo, además tuvo un diseño en la investigación no experimental.

Como resultado y consecuencia de esta investigación se resolvió y concluyó que el modelamiento hidrológico para el diseño de la defensa ribereña en el río Mala Sector Cruz Blanca cumple con los parámetros deseados.

PALABRAS CLAVES: Modelamiento, defensa ribereña, Caudal.

ABSTRAC

In this thesis it was proposed as general problems. How does the Hydraulic Modeling of the Mala River in the Cruz Blanca sector, Mala district - Province of Cañete influence the appropriate design of the riparian defense? Then it assumed the general objective and was: Prepare the hydraulic modeling of the Mala river in the Cruz Blanca sector, Mala district, Cañete province and finally the general hypothesis to be stipulated was: The use of the Mala river hydraulic modeling in the Cruz Blanca sector, Mala district.

This work has as a general method, the known specific and analytical method, the model or type of research will be of the technological applicative type, of a Descriptive - Explanatory level, it also has a non-experimental research design.

As a result and consequence of this investigation, it was resolved and it was concluded that the hydraulic modeling for the design of the riparian defense in the Mala Sector Cruz Blanca River meets the desired parameters.

KEY WORDS: Modeling, riparian defense, Flow.

CAPITULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

El presente proyecto de investigación estudiara estos hechos o manifestaciones naturales sucedidos, en estos últimos años tienen diferentes justificaciones es complicado y no fácil de prevenir. Además, podemos observar lo sucedido en las distintas partes de la costa y sobre todo en Lima, Arequipa y la parte del norte del Perú donde han sufrido el embate de los huaycos y desbordes de los diferentes ríos de la costa.

La institución estatal como es el SENAMHI quien está encargada de realizar estudios hidrológicos de los ríos tanto de la costa, sierra y la selva nos ha mencionado que son dos los elementos fundamentales que han producido este cambio climático en nuestro país, el primero de ello el excesivo aumento de las temperaturas que históricamente nunca había sucedido y ocasionando como segundo elemento las lluvias intensivas generando el aumento del caudal. Como es sabido este calentamiento global género que las aguas del Océano pacifico se caliente y aumente en 1 a 2 grados más de lo normal. El aumento anecdótico de la temperatura ha producido el depósito de humedad en la mayoría de los valles de la costa, esto es la causa fundamental que ocasiona y producen las lluvias seguidas y constantes en casi todo el litoral.

Para lograr realizar este proyecto de investigación dentro de lo programado era necesario poder conversar con las autoridades municipales respectivas y exponerles mi tema de estudio en su localidad de tal manera que me brinden todas las facilidades del caso para la investigación, las autoridades municipales teniendo en cuenta lo sucedido hace 8 a 15 años, la inundación que provoco el desborde del rio Mala tomaron la decisión de otorgarme su confianza y darme todas las facilidades para realizar este modelamiento y diseño de defensa ribereña de tal manera que proporcione mejor calidad de vida y les de la seguridad no solo a los pobladores aledaños a la ribera sino también a los terrenos de cultivo que fueron afectados, esto redundará en la mejorar calidad de

vida de los pobladores que tuvieron que soportar dicha inundación como también en el aspecto de las viviendas y su consecuencia que tuvo referente a la salud de los lugareños.

Se tendrá que realizar un estudio de los suelos en las riberas, se verificará los caudales del río Mala a través de los años para obtener los caudales máximos obtenidos en las crecidas y los tipos de materiales que se depositan en el fondo, tendrá que analizar objetivamente el estado actual de las riberas determinando el mejor modelamiento hidrológica y el más óptimo diseño de defensa ribereña.

Como sabemos en la mayoría de distritos no solo del departamento de Lima sino también en los diferentes departamentos de la costa peruana muchos pueblos jóvenes, centros poblados y asentamientos humanos están ubicados en las riberas de los ríos y en muchos casos en zonas vulnerables y propicias a las inundaciones, estas son enormemente afectadas por las crecidas de los ríos debido al cambio climático y predispuestas a desastres naturales. Podemos mencionar algunas causas de su ubicación en las riberas:

- a.- Escaso conocimiento referente a ciertos eventos peligrosos.
- b.- Poco conocimiento con respecto al riesgo que deben asumir.
- c.- Defectuosas construcciones de estructuras y de planificación por parte de las autoridades encargadas tanto municipales y regionales.

Como consecuencia y producto de este cambio climático ha generado estas inundaciones y desbordes de los ríos, ante la necesidad de proteger a los pobladores de la zona del Sector Cruz blanca del distrito de Mala, se hace necesario e imprescindible la presente investigación con la utilización del modelamiento hidrológico para obtener el más óptimo diseño de defensa ribereña en el mencionado río Mala.



Figura 3: Rio Mala sector Cruz Blanca
Fuente: Propia

1.2. Formulación y Sistematización del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo influye en el diseño de la defensa ribereña el modelamiento hidrológico en el río Mala en el sector Cruz Blanca, Cañete?

1.2.2. Problemas Específicos

- a. ¿Cuál es el caudal máximo en los diferentes periodos de retorno a considerar en el río Mala Sector Cruz Blanca, Cañete?
- b. ¿Cuáles son las propiedades geotécnicas del suelo en la ribera del río Mala sector Cruz Blanca, Cañete?
- c. ¿Qué tipo de defensa ribereña es el más factible en el sector Cruz Blanca para minimizar la fragilidad ante las inundaciones?

1.3. Justificación

El presente trabajo de Investigación se justifica porque permitirá evitar el alto riesgo que ocasiona las inundaciones perjudicando las viviendas de los lugareños y además de las pérdidas económicas en los sembríos productivos de los agricultores afectación netamente a los pobladores del

lugar, también nos evitara la propagación de enfermedades debido al cultivos de insectos debido al empozamiento del agua que es caldo de cultivos de todo tipo de zancudos e insectos transmisores de enfermedades.

El mencionado estudio de modelamiento hidrológico nos dará luces para diseñar la mejor defensa ribereña que evitará posibles inundaciones y desbordes del río mala en nuestra zona de estudio y dará mejor calidad de vida a los pobladores.

1.3.1. Social

Estos desbordes ocasionados por la naturaleza, recién las autoridades locales esperan que sucedan estas inundaciones para tomar medidas correctivas, por eso se justifica socialmente el presente estudio en beneficio de los pobladores que son afectados y evitar estas catástrofes naturales.

Socialmente las localidades inundadas fueron La Laguna, Encalada baja y Santa Clorinda sufrieron aproximadamente 10 hectáreas de terrenos, además muchas viviendas construidas de material adobe colapsaron. Este estudio aspira socialmente a mejorar la calidad de vida de los lugareños de las localidades afectadas.

1.3.2. Metodología

Para este estudio a realizar nuestra metodología que utilizaremos será la recolección de los datos en campo, es decir in situ tomaremos muestras de suelo, datos del lugar de estudio, se utilizara entrevistas con los lugareños de la zona afectada y con las autoridades que nos brindaran el apoyo, se caminara por la zona de inundación y se tomaran fotos a las casas, terrenos afectados de tal manera de compenetrarnos con la realidad del lugar.

Todos los datos e información recopilada serán revisada y analizada en nuestro gabinete y al final decidiremos la mejor elección que favorezca a los pobladores de las localidades

afectadas y redundara en la mejor seguridad en cuanto a la mejor defensa ribereña de nuestra zona de investigación.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

La presente investigación se realizó en lugar denominado Sector Cruz blanca del rio Mala que es límite entre los distritos de Mala y Calango, donde se examinó y analizó el desbordamiento del mencionado rio.

1.4.2. Temporal

Es importante y urgente entender el nivel de amenazas por consiguiente la presente investigación recabo datos de los caudales durante los últimos 20 años en el rio Mala y realizar un modelamiento hidrológico y diseño de defensa ribereña, el presente estudio se empezó marzo del 2020.

1.4.3. Económica

Como en toda investigación genera un costo o gasto tanto para las pruebas de campo a realizar como en los laboratorios así como los viáticos para ir a la zona de investigación. Por consiguiente el tesista asumirá por integro dicho costo.

1.5. Limitaciones

Como en toda investigación y en el desarrollo de ella, aparecen muchas dificultades y limitaciones que mencionaremos a continuación.

1.5.1. De la ubicación o zona de desborde

No se tenía bien la ubicación del lugar de desborde y debido al cambio de autoridades ediles resulto complicado su ubicación exacta, pero a nuestra insistencia a los lugareños se logró determinar la ubicación exacta.

1.5.2. De la lejanía de los laboratorios

Esta segunda limitación se hizo más dificultoso debido a la lejanía de los laboratorios de suelos porque están ubicados en la ciudad de Lima y el desborde ocurrió en rio Mala – distrito de Mala, Cañete.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar cómo influye en el diseño de la defensa ribereña el modelamiento hidrológico del río Mala en el sector Cruz Blanca, Cañete.

1.6.2. Objetivos específicos

- a. Determinar el caudal máximo del río Mala en los diferentes periodos de retorno en el sector Cruz Blanca, Cañete.
- b. Evaluar las propiedades geotécnicas del suelo en la ribera del río Mala Sector Cruz Blanca, Cañete.
- c. Determinar el tipo de defensa ribereña más factible en el sector Cruz Blanca que minimice la fragilidad ante las inundaciones

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudios

Para la presente con relación a mi investigación de estudio revisaremos temas relativos al nuestro tanto nacionales como internacionales.

2.1.1. Antecedentes internacionales

- El sustentante Flores Herrera Cristhian Xavier de la Universidad Central de Ecuador, sustento su tesis en el 2018, Bases para el diseño de encauzamientos de márgenes estables y de márgenes con protección de enrocado o pedraplén. Como podemos apreciar el sustentante tiene como objetivo principal la finalidad de protección frente a los desbordes e inundaciones y para lograr el objetivo primeramente se preocupa en encontrar la implantación de un cauce estable para el río en mención de manera de fijar y asegurar el desplazamiento del río por un mismo cauce es decir confinar el mismo cauce evitando cambios en el desplazamiento de las aguas, como segundo objetivo el autor diseñara dicha defensa teniendo en cuenta el análisis de los cauce en los distintos años y en base a ello proteger los márgenes del río y como manifiesta el sustentante dichos objetivos se realiza con la necesidad de mejorar la economía de los pobladores evitando las inundaciones que generan muchos gastos en las personas afectadas.

Las conclusiones del autor son:

1. Los muros de gaviones son estructuras flexibles, por lo que no deben ser recubiertas por hormigón, ya que pierden esta propiedad y se vuelven rígidos.
2. La pendiente del cauce es la variable más importante dentro de la determinación o diseño de un cauce estable ya que esta al adoptar el valor adecuado puede volver un cauce inestable en

uno estable sin necesidad de cambiar la configuración de las otras variables.

3. El encauzamiento en ríos de montaña no es igual al que se realiza en ríos de llanura, ya que en estos últimos su morfología es menos estable provocando el transporte de sedimentos
- El Ingeniero Bianchi Federico de la Universidad Nacional de la Plata sustento su tesis de **Magister** en el 2019. Implementación de un procedimiento de pronóstico hidrológico para el alerta de inundaciones utilizando datos de sensores remotos. El objetivo principal del sustentante es: Implementar un procedimiento de pronóstico hidrológico para un sistema de información y alerta hidrológico de la cuenca del río Gualeguay y utilizando modelos hidrológicos conceptuales y datos sensores in situ y remotos disponibles a tiempo útil, como primer objetivo confeccionar una aplicación para correr dichos modelos y obtener los respectivos hidrogramas simulados, como segunda prioridad será Calificar y verificar modelos hidrológicos conceptuales continuos de paso diario para la cuenca de estudio. El siguiente objetivo es generar medidas agregadas de precipitación, evapotranspiración potencial, caudal y humedad del suelo a paso diario para la cuenca de estudio.

Podemos mencionar las conclusiones importantes como:

1. Se evidencia la necesidad de medir más y mejor la precipitación in situ, densificando las redes pluviométricas, asegurando la disponibilidad del dato a tiempo real y manteniendo practicas eficiente de control de calidad.
2. La modelación hidrológica agregada a paso diario utilizando modelos parsimoniosos existentes constituye una herramienta adecuada para la anticipación de crecidas ribereñas en curso de agua de llanuras con areas de aportes extensas.

3. La importancia de contar con un pronóstico cuantitativo de precipitación preciso reside de en nos permite extender en el tiempo los pronósticos hidrológicos.
 4. La seguridad de pronosticar los caudales máximos de venida con tiempo y diseñar la mejor defensa ribereña que proteja a los ciudadanos de una determinada población.
- La **Magister** Principi Noelia de la Universidad del Sur Argentina Sustento su tesis doctoral en el 2020 Análisis socioespacial y la Modelización prospectiva del contexto de riesgo de inundaciones en la ciudad de Lujan, Buenos Aires. El autor del trabajo de estudio tiene como objetivo principal: Generar bases de datos geográficas y cartografía de riesgo a inundaciones como herramientas de transferencia para la planificación territorial. Entonces el sustentante tendrá como primer objetivo: Determinar áreas con peligro de inundación para su representación mediante cartografía temática. un segundo objetivo asumido por el autor será: Determinar áreas y niveles de vulnerabilidad socioeconómica para su representación mediante cartografía temática. Como último objetivo a determinar es: Analizar las configuraciones espaciales futuras mediante modelos de simulación del crecimiento urbano al 2030 basados en inteligencia artificial y autómatas celulares.

El autor nos proporciona las siguientes conclusiones importantes:

1. Permitiendo la generación cartografía de base importante para definir y obtener el mapa de riesgo, a través de la amenaza y la vulnerabilidad.
2. se obtuvo el mapa de amenaza a inundaciones en la ciudad de Luján, considerando el río homónimo y sus afluentes, a partir de la modelización de niveles de agua lo que permitió la generación de dos escenarios de amenaza posible.
3. Se destacan principalmente tres áreas de expansión hacia zonas donde existe amenaza de inundación en el noreste, sureste y suroeste de la ciudad, situación que aumentaría los niveles de riesgo.

2.1.2. Antecedentes nacionales

- El **bachiller** Apaza Seije, Marco de la Universidad Andina sustentó su tesis en el 2018 Modelamiento hidrológico del río Azángaro Tramo Puente Azángaro – Puente Yaraja con aplicación de los programas ArcGIS y Hec Ras, con fines de defensa. El autor del trabajo de estudio tiene como objetivo principal: Realizar un modelo hidrológico del río Azángaro (tramo puente Azángaro – puente Yaraja), que permita ubicar los lugares más críticos de riesgo a inundaciones en la población urbana aledaña al cauce del río Azángaro, entonces el sustentante tendrá como primer objetivo Ubicar puntos de riesgo a inundación del cauce del río Azángaro (tramo puente Azángaro – puente Yaraja), un segundo objetivo asumido por el autor será Calcular las alturas de encauce de río Azángaro, (tramo puente Azángaro – puente Yaraja) que nos permitan evitar futuras inundaciones. Finalmente como tercer objetivo fue Incluir el diseño de defensas ribereñas para los tramos más críticos a inundaciones. El autor llega a las siguientes conclusiones importantes:

1. Se utilizó el programa hidroesta, para el análisis hidrológico, dicho análisis fue realizado con extremos de método de Gumbel, siendo este que más se adecua para estos cálculos, en los cuales se obtuvo dos lugares críticos a inundarse en las sucesivas 0+225 km a la 0+575 km del margen izquierdo y en el margen derecho entre las sucesivas 1+754 km a la 2+125 km
2. En el modelamiento hidrológico, se logró antecedentes, para periodos de 2 años el caudal de 200.85 m³/s, para periodos de 5 años el caudal de 280.09 m³/s, para periodos de 10 años el caudal de 332.25 m³/s, para periodos de 25 años el caudal de 398.8 m³/s, para periodos de 50 años el caudal de 448.01 m³/s, para periodos de 100 años el caudal de 496.82 m³/s
3. Se concluyó el análisis con los mecanismos realizando de las cotas de las protecciones existente se estableció que la elevación necesario para evitar inundaciones es de 1.50m

entre las progresivas 0+225 km a la 0+575 km de la margen izquierdo, además en el margen derecho entre las progresivas 1+754 km a la 2+125 km, es necesaria la defensa ribereña en dicho tramo.

4. Para la construcción de la defensa ribereña se toma en cuenta el nivel de encause con el tiempo de venida de 100 años y una altura de 1.50m para que no rebase e inunde.
- El **bachiller** Carrasco Cruz Amílcar de la Universidad Científica del Perú, sustento su tesis en el 2019, Propuesta de diseño de defensa ribereña en la margen izquierda del rio Plantanoyacu, C.P. Pacayzapa, distrito de Alonso de Alvarado – Provincia de Lamas – San Martín. El autor tiene como objetivo principal. Realizar la propuesta de diseño de defensa ribereña en la margen izquierda del rio Pacayzapa, San Martín, tendrá como primer objetivo: Realizar los estudios topográficos también nos menciona su segundo objetivo realizar los estudios de suelos en la margen izquierda del rio Plantanoyacu, en C.P. Pacayzapa, distrito de Alonso de Alvarado, como tercer objetivo Realizar los estudios hidrológicos del rio Plantanoyacu en el C.P. Pacayzapa, distrito de Alonso de Alvarado.

El autor nos proporcionó sus conclusiones importantes:

1. Se realizó los estudios hidrológicos de la cuenca, usando los programas del ArcGIS que fue necesario para realizar la delimitación de la cuenca, donde dio como resultado un area total de 69.59 m², un perímetro de 41.88 km y con los datos de las precipitaciones anuales durante 25 años se calculó los caudales para 140 años de 183 m³/s y para 500 años de 230.60 m³/s.
2. Después de realizar y analizar los resultados en la margen izquierda del rio Plantanoyacu se ha considerado para el muro de encauzamiento con gavión tipo caja con una altura de 4m

por 4m de base, debido que la altura total (2.51m) calculado matemáticamente se ubica por debajo del hombro de la ribera

3. Se realizó los estudios de suelos, de los cuales hemos considerados dos calicatas, la primera hasta una distancia de 0+250 km y la hasta 0+500 km de las cuales cada calicata han presentado 3 capas. El tipo de suelo de calicatas es de arena limosa con presencia de grava.

- El **bachiller** Alcázar Mamani Franz de la Universidad privada de Tacna, sustento su tesis en el 2017, Diseño de defensa ribereña en el río Callazas tramo crítico (km 0+000.00-2+500.00) en el CT Aricota, Provincia de Candarave – Tacna. Podemos observar que el bachiller tiene como objetivo principal es ejecutar el diseño de la defensa ribereña y lograr prevenir la pérdida de áreas agrícolas además de precaver la dificultad social que origina en el tramo de estudio, como primer objetivo trazado por el sustentante es lograr un análisis y estudio de la topografía del terreno con su respectivo estudio de suelos sobre todo en el tramo que analizaremos donde se realizara las calicatas correspondientes. Su segunda prioridad es recolectar toda la información hidrológica con respecto a la cuenca del río Callazas, según la información diseñar las posibles defensas ribereñas mediante espigones según las propiedades del río en mención y como último objetivo el autor nos refiere ejecutar un estudio de ingeniería Hidráulica con la opción de diseñar una auténtica alternativa hidráulica.

El autor concluye lo siguiente a tomar en consideración:

1. En el desarrollo de del informe hidrológico se ha tomado en cuenta la información hidrométrica correspondiente a la estación hidrométrica de Coranchay. El periodo que se consideró para los análisis estadísticos de datos es de 1990 – 2013.

2. El mantenimiento de todo proyecto hidráulico de este tipo necesita mantenimientos anuales, ya que si no se efectúa el mantenimiento las estructuras no tendrán su duración esperada.
3. Se hizo la comparación entre el caudal máximo registrado entre la estación hidrométrica de Coranchay y 2 métodos estadísticos, el método Gumbel y el método del Log. Pearson III obteniendo así un caudal de 33.83 m³/s para un periodo de retorno de 50 años.

2.2. Marco conceptual

2.2.1 La sinuosidad

El desplazamiento del cauce de un río es un dispositivo natural mediante el cual el propio río acomoda su inclinación o pendiente de tal manera de obtener un equilibrio activo en las siguientes etapas de desgaste o erosión, transporte y asentamiento o sedimentación que generan la conformación y planimetría del cauce, generalmente el desplazamiento del caudal no es recto sino sinuosos y forman meandros y los podemos separar en dos categorías que son:

- a. El éxodo hacia aguas debajo de todo el meandro.
- b. La ampliación de la curvatura del meandro

2.2.2 Erosión

Podemos definir como la separación, traslado y posterior almacenamiento de materiales y rocas debido al acto de energía del fluido en movimiento. Esta erosión puede ser producida por dos factores, el agua como el viento, generalmente la erosión sucede cuando los ríos tienen pronunciada pendiente y sus suelos son fáciles de desgaste y cuentan con lugares de fuertes vientos.

2.2.3. Río

Podemos definirlo como una corriente de líquido que discurre continuamente y fluye debido a poseer una pendiente en el terreno, su volumen puede ser constante y van a desembocar en el océano o en una laguna natural, la variedad del caudal depende de agentes externos como excesiva lluvia, aluviones y debido al cambio climático.

2.2.4. Cuenca hidrográfica

Según Hernández (1987) definió a la cuenca como unidad territorial y constituye un sistema ambiental integrado por factores naturales, socioculturales y económicas, dinámicos e interrelacionados entre sí, los cuales operan dentro y fuera de la misma cuenca. De aquí podemos afirmar según el autor que una cuenca es un conjunto y que el mismo posee su sistema de drenaje, inicia en las partes altas de los nevados y conforme va descendiendo la cuenca se hace más extensa y recibe varios aportes de otros riachuelos y lluvias que forman escorrentías que desembocaran muchas veces en los ríos.

2.2.4.1. Partes de una cuenca

Los elementos que conforman las partes de una cuenca podemos enumerarlas de la siguiente forma:

2.2.4.2. Rio principal

Es aquel que se desempeña como el único que tiene a función de recopilador de las aguas, se asume principal según algunos autores de acuerdo a su volumen de transportar fluidos, también por la longitud de su recorrido o por su area transversal o ancho superficial.

2.2.4.3. Afluentes

Se reconoce como afluentes aquellos ríos pequeños o secundarios cuyas aguas van a desembocar al rio principal, se deberá tener en cuenta que cada rio afluente pequeño tiene su propia cuenca que se le conoce como subcuenca.

2.2.4.4. Topografía de la cuenca

Vendría ser el relieve u orografía de la cuenca y es muy variado, está conformado por los picos y nevados, las quebradas dentro de ella, todo el valle y la meseta dentro de ella.

2.2.5. Controladores ribereños

Son llamados más comúnmente como defensa ribereñas, son armaduras diseñadas en las orillas o márgenes de los ríos nos proporcionan protección ante las crecidas de los ríos, estos evitan que los poblados cercanos a ellos estén protegidos de posibles inundaciones y también se le utilizan para evitar la erosión en los márgenes de los ríos. Los controladores tienen las siguientes funciones:

- a. Disminuir la velocidad del río cercano a la orilla.
- b. Alejar la velocidad de la orilla cuando suceden desbordes.
- c. Precaver el agotamiento y desgaste en los márgenes del río.
- d. Instaurar y retener un ancho superficial fijo del río.

Estos controladores como mencionamos nos sirve como protección ante posibles crecidas y por consiguiente inundaciones, estas pueden ser de dos tipos:

- a. Con respecto a defensas ribereñas estructurales
- b. Con respecto a defensas ribereñas no estructurales

2.2.5.1. Defensas ribereñas estructurales

Son aquellas defensas que utilizan instrumentos y desarrollo técnico y está bajo la dirección y verificación de un experto o especialista, en muchos casos utiliza los materiales de la zona que tengan los requerimientos necesarios y cumplan con las normas técnicas. Estas defensas ribereñas se pueden clasificar de dos maneras los flexibles y los rígidos.

2.2.5.1.1. Gaviones

Tienen la forma de paralelepípedos rectangulares y son armaduras fabricadas o diseñadas con alambre de acero galvanizado o revestidos de Pvc, asume la forma de malla y repleto de piedras redondeadas generalmente son cantos rodados, las murallas de gaviones salvaguardan los lugares cercanos y soportan grandes deformaciones.



Figura 4: Gaviones tipo caja
Fuente: Google



Figura 5: Gaviones tipo colchón
Fuente: Google

Ventajas

- a. Tiene un menor costo en su diseño.
- b. Menor tiempo al realizar la obra.

- c. No tiene impacto ambiental.
- d. Muy buena facilidad arquitectónica.

2.2.5.1.2. Espigones

Estos son utilizados para salvaguardar y recuperar las orillas desgastadas o erosionadas. Estas defensas cambian el flujo principal del agua, de esta manera evita que la fuerza de la corriente del agua roce los márgenes.



Figura 6: Defensa ribereña Tipo Espigones
Fuente: Google

2.2.5.1.3. Diques

En la construcción de diques se utiliza los gaviones caja y es la mejor alternativa y técnicamente en el diseño de diques, también son económicos y tiene la ventaja de ser construidos por etapas y ampliados por etapas.



Figura 7: Defensa ribereña – Diques
Fuente: Google

2.2.5.1.4. Enrocados

Se les conoce más como protección de talud, es decir se utiliza esta forma de defensa ribereña en aquellos ríos que tienen taludes naturales.



Figura 8: Defensa ribereña – Enrocado
Fuente: Google

2.2.5.2. Defensa ribereña no estructurales

Son estructuras elaboradas de forma elemental y artesanal en su construcción no tienen en consideración el aspecto técnico y profesional se le utiliza por tener un bajo costo y su rapidez en su elaboración y construcción. Esta manera o forma de construir estos controladores no estructurales no consideran el estudio de la cuenca, tampoco el estudio de los caudales ni un estudio de suelos. Estos modelos de diseños usualmente se emplean en los pueblos donde no tienen la técnica adecuada, ni profesionales que diseñen dicha obra de defensa ribereña. Además utilizan los materiales naturales como son la vegetación del lugar para elaborar dicho controlador.

2.2.5.2.1. Manera de encausamiento

Podemos detallar este concepto como la guía que designamos al río, teniendo en cuenta que nuestra principal objetivo es de proteger a los moradores que residen cerca de la ribera del río, además de aquella zona de cultivo cercano al río como también a las vías que comunican a los pueblos que van cercanas a la riberas del río y se perjudicarían al desbordarse el río.

2.2.5.2.2. Colocación del encausamiento y su extensión

Para determinarlo tanto donde se realizara el encausamiento es decir la defensa ribereña y la longitud que debe tener dicha defensa se tendrá que recurrir in situ y comprobar donde o el lugar donde es necesario la protección y además que longitud deberemos cubrir para proteger a los pobladores del lugar y sobre todo evitar los futuros desbordes o inundaciones.

2.3. Definición de términos

Acción de protección de orillas

La acción o faenas sobre protección de orillas o riberas de un río son armaduras construidas para lograr salvaguardar las zonas aledañas al río como pueden ser viviendas, áreas de cultivo o vías de comunicación debido

al crecimiento del caudal del río y como consecuencia desbordes del río, estos desbordes se generan por los siguientes motivos.

1. El talud del río es demasiado pequeño con respecto al crecimiento del caudal.
2. El socavamiento de las riberas y derrumbes del talud por la gran velocidad del caudal del río.
3. La activación de una quebrada dormida debido a las intensas lluvias en la parte alta donde se inicia el río.

Para diseñar es tipo de obras hidráulicas es necesario y fundamental conocer el comportamiento de la corriente, es decir la forma como actúa el mecanismo de erosión y también muy importante las fuerzas que actuaron sobre las estructuras que se diseñan para su protección, podemos reconocer tres formas o modelos de estructura de protección de riberas.

- 1.- Las estructuras longitudinales
- 2.- Las estructuras transversales
- 3.- Las estructuras combinadas.

Los criterios habituales de diseño

Podemos determinar que para el diseño de estructuras de protección de riberas se considerara los siguientes criterios:

El caudal de diseño

Se define como el volumen de agua que traslada el río en distintos momentos y condiciones se les conoce como: máximas, normales y mínimos. Los volúmenes o caudales de diseño en una estructura de defensa o protección están en relación directa con el nivel de peligro que ocasionaría la ausencia o falla de la estructura.

El método AASTHO nos sugiere y propone para periodos de retorno mínimo de 100 años y sobre todo cuando existen en sus riberas centros poblados o asentamiento humanos se debe trabajar con periodos de retorno de 200, 300 y 500 años. Cuando se tiene zonas de agricultura la

institución CVC sugiere que la altura de las defensas que pueden ser diques, enrocados se trabaja con una continuidad de 1 hasta 30 años.

Porción geométrica de la corriente

Es necesario y fundamental realizar un estudio de levantamiento topográfico del lecho aguas abajo y aguas arriba del lugar donde que se realizara dicha defensa, esto nos permitirá realizar el bosquejo de la estructura hidráulica y que consecuencia produce la estructura hidráulica sobre la sección donde se realiza el estudio.

El estudio morfológico e hidráulico

Siempre en estos tipos de proyecto de estudios de defensa ribereñas debe efectuarse un análisis de la geología y morfología del río de estudio, como es ubicación, el perfil longitudinal, la sinuosidad del río, la dinámica fluvial, la manera de transportar los sedimentos y un estudio posible de la socavación.

También es muy importante tener como información la velocidad de la corriente es decir el caudal de fluctuación del río y las fuerzas tractivas y además las clases de flujos.

Decisión de la longitud a resguardar

De acuerdo a las condiciones del lugar a proteger dependerá la longitud de la orilla a resguardar. Se debe tener en cuenta que siempre se debe asumir una longitud un poco mayor a la distancia o longitud que ha sido afectada o posiblemente en el futuro será afectada y que requiere protección, no es fácil a simple vista determinar que longitud debe protegerse es necesario realizar un estudio y análisis profundo de la realidad in situ para esto es muy necesario conocer la dinámica fluvial del río.

Una institución que nos da unos alcances es la AASHTO nos sugiere para el problemas de carreteras que están cerca las corriente, nos indica que es mejor aumentar la longitud de protección en agua abajo en la zona a proteger que la longitud aguas arriba a proteger.

La Longitud de cuenca

Se define esta distancia como la longitud horizontal, referida a todo el trayecto del cauce principal, empezando desde un inicio o punto de aforo (aguas abajo) y el final asumido por la cuenca (aguas arriba)

La Longitud del cauce principal

Es la distancia que viene definida por el largo del cauce principal, conocido como el espacio que se desplaza el río entre el punto de aforo (aguas abajo) y el punto ubicado a mayor longitud topográfica aguas arriba.

La profundidad y altitud del lugar a resguardar

La altitud a resguardar lo determina primordialmente la altura de la berma en el lugar y con respecto a la hondura o profundidad se deberá tener en cuenta lo referente a las propiedades de la socavación, la degradación y la sobre todo la sedimentación en el río a estudiar, siempre esta protección debe considerarse hasta el fondo máximo del río.

Prototipo de obra

Revisando la bibliografía existen muchas formas o estructuras de defensa ribereña o protección de riberas, el modelo a diseñar está en función de la disponibilidad de los materiales a utilizar para su elaboración y construcción, dependiendo del tipo de defensa ribereña a construir.

La precipitación

“La precipitación es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo en forma de lluvia, granizadas, garuas y nevadas”. (Villon Béjar, 2002, pag.69).

El periodo de retorno

El sumario de hidrología, hidráulica y drenajes avanzado por el MTC (2008) Conceptúa como periodo de retorno al tiempo promedio en años en el cual el valor del caudal máximo o pico de una creciente determinada es igualado y superado una vez cada “T” años. (pag.16)

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La utilización del modelamiento hidrológico del río Mala en el sector Cruz Blanca, Cañete influye y mejora con éxito el diseño de la defensa ribereña.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. Los caudales máximos en diferentes periodos del río Mala tiene su mejor propuesta de éxito en el diseño de la defensa ribereña.
- b. En el aspecto geotécnico del suelo tiene su mejor proposición en el sector Cruz Blanca del río mala.
- c. La utilización de gaviones como tipo de defensa ribereña mejoraría significativamente la propuesta minimizando las inundaciones.

2.5. Variables

Mi trabajo de Investigación sobre modelamiento hidráulico en el diseño de defensa ribereña en el río Mala sector Cruz Blanca, distrito de Mala – provincia de Cañete nos permite tomar y asumir como la variable principal e independiente el modelamiento hidráulico a realizar en el río Mala y consiste en programas informáticos de ingeniería en hidráulica e hidrología, además se tomara como la variable secundaria o dependiente los caudales, la geotecnia o conocido también como el estudio de los suelos y el tipo de diseño de defensa ribereña.

2.5.1. Definición conceptual de la variable

El proyecto de investigación es sobre defensa ribereña en el río Mala distrito de Mala de acuerdo todos los datos e informaciones recabadas ha considerado en base a estos antecedentes como variable principal el modelamiento hidráulico para poder elaborar la defensa ribereña en nuestro río de estudio e investigación y luego de la revisión de los demás datos considera como variable

secundaria los diferentes caudales en los distintos periodos, el estudio de los suelos y de acuerdo a ello el posible tipo de defensa ribereña a utilizar en el río Mala.

2.5.2. Definición operacional de las variables

Podemos confirmar y asegurar que se establecerá de conformidad una metodología que asumirá como variable principal el modelamiento hidráulico para el diseño de defensa en la ribera en el río Mala donde verificaremos y comprobaremos los cambios y modificaciones que sufre la variable secundaria o dependiente estará en función de la variable principal o independiente.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Este trabajo de investigación realizado empleara como método general, el conocido método específico y analítico, nos permitirá observar y apreciar las causas y los efectos que podemos visualizar de tal manera de verificar de forma ecuánime y practica que están enmarcadas dentro las probabilidades de soluciones se elija las más correcta, urgente y optima, se tomara como dato los conceptos teóricos aprendidos luego tomara en consideración los situaciones reales y concretos, pero como debe ser en todo proyecto de ingeniería se tendrá que tomar soluciones pragmática a la situación real estudiada.

3.2. Tipo de investigación

Para nuestro caso de estudio e investigación debe ser del tipo aplicada tecnológica, por lo que puede ser reconocida debido a la importancia e interés en la utilización y aplicación de los muchos conceptos teóricos a específicas a casos concretos y sus resultados prácticos que de ella derivan, dicho estudios de investigación aplica busca conocer para lograr hacer, para lograr actuar, para lograr construir y modificar, a este estudio de investigación le inquita la utilidad inmediata correspondiente a una situación circunstancial mucho antes que el avance de un conocimiento de valor general o universal.

Como debe ser un todo tipo de proyecto de estudio es muy importante y necesario elaborar en mejor diseño de defensa ribereña de acuerdo a la información recogida y analizada para dar la mejor alternativa de solución al problema presentado en el rio Mala.

3.3. Nivel de investigación

Mi proyecto de estudio a realizar utilizaremos un Nivel Descriptivo – Explicativo y esto nos refiere de la siguiente forma.

El Descriptivo: Se realiza cuando el proyecto queremos describir, es decir detallaremos en todas sus partes o elementos principales de una existencia. Fijamos como meta u objetivo la explicación exposición de los fenómenos a indagar e investigar tal como es y la forma como se evidencia en el presente al momento de realizar el proyecto de estudio y emplea como procedimiento descriptivo y que es utilizado en la observación en la necesidad de ir detallando las propiedades para medir y evaluar que son las más importantes.

El Explicativo: Este nivel recomienda indagar el porqué de los hechos por medio de la instalación de la correspondencia causa – efecto. De esta manera los análisis explicativos pueden sitiarse tanto como resolución de las causas como los de los efectos.

3.4. Diseño de la investigación

Como hemos podido comprobar y verificar existen varios trabajos realizados que tienen afinidad con el nuestro, con respecto a nuestro diseño de investigación es un diseño no experimental, es decir es aquella que se realizar y no manipular adrede las variables significa que nuestro estudio de investigación no se adecua o manipula adrede la variable independiente, es decir evaluamos el no experimental y verificamos tal como se dan dichos fenómenos en su contexto natural.

3.5. Población y muestra

POBLACION

Dentro del concepto de población la definiremos como la totalidad de personas u objetos que tienen algunas particularidades o características, atributos similares que son observados en un instante determinado y señalado lugar.

Como lo Manifestamos mi trabajo de estudio es netamente descriptivo – explicativo su conjunto, totalidad o población estar compuesta por los diversos tipos y modelos de defensa ribereñas que se haya realizado en el departamento de Lima.

MUESTRA

Es muy necesario en el trabajo de estudio como tarea principal llevar a cabo una recolección o muestreo, eso nos indica tomar una parte o porción de la totalidad de la población, toda la información que se ha podido recabar o recoger ejecutar las exégesis para luego realizar las explicaciones y consecuentemente interpretarlas e ubicarla en nuestra zona o lugar de estudio.

Este trabajo de investigación se encuentra ubicado en el sector Cruz Blanca, distrito de Mala – provincia de Cañete sobre el estudio de modelamiento hidráulico en el diseño de defensa ribereña en el río Mala.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para analizar minuciosamente las técnicas e instrumento de recolección de datos podemos conceptualizarlo o definirlo como diligencia y etapas que se efectúan o desarrollan con la sola finalidad de obtener y recabar toda la información necesaria para lograr las metas y objetivos deseados.

Esta información se ha recolectado en base a una data que existe en las instituciones estatales y privadas sobre defensa ribereña que se ha realizado en toda la costa del Perú, pero lo más importante aquellos que se han realizado en el departamento de Lima en las provincias costeras.

3.7. Procesamiento de la información

Es muy importante que toda la información requerida y que ha sido recabada sea necesariamente procesada y para lograr esto requerimos de los siguientes paquetes informáticos que existen en la actualidad tales como:

El Auto Cad: como sabemos este sistema informático se usa para la gestación y diseño de los planos de la defensa ribereña en la zona de estudio.

El Auto Cad Civil Land 3D: Es un nuevo paquete informático que nos permite la elaboración de planos topográficos en la zona de estudio en la ribera del río Mala.

El Microsoft Office Excel: Como sabemos este paquete informático nos permitirá los cálculos en el diseño de la defensa ribereña.

El Microsoft Word: Sistema informático que nos permite nos ayuda a reproducir todo lo referente a la parte textual mediante el informe.

El S10: Es un nuevo sistema informático que nos permitirá la elaboración de todos los costos en el diseño de la defensa ribereña.

EXCEL: Nos permite realizar todos los gráficos para representar en forma ordenada y grafica los resultados.

HEC – HMS: Dicho sistema informático que nos facilita el modelamiento y calcular los caudales teniendo como información los datos reportados por las estaciones pluviométricas de la cuenca del rio Mala.

3.8. Procesamiento de datos

Muestra

Para asumir la muestra en el procesamiento de datos se tomó las diferentes defensas ribereñas cercanas al distrito de Mala y nos servirá como referencia para nuestro diseño.

Universo

Se admitió como el universo las diferentes pericias y experiencias que se efectuaron en el diseño de defensas ribereñas utilizando el modelamiento hidráulico en la costa del departamento de Lima.

3.9. Técnica y análisis de datos

Métodos	Instrumentos	Datos a Observar
Los Datos e Informaciones	Catálogos o Bibliografías sobre el Tema. Resúmenes.	Verificación y reconocimiento de investigaciones relativos al tema. Concepto de términos referidos al tema de investigación.
In Situ	Ubicación de la zona a investigar. Análisis del suelo. Parámetros del rio.	Se verifico y observe la zona de estudio. Se analizó la el Limite de plasticidad, densidad, porosidad. Se recabo datos como el caudal, ancho superficial, talud.

CAPITULO IV RESULTADOS

El desarrollo del presente capítulo es describir y detallar los efectos y resultados luego de una investigación de trabajo insitu, es decir en campo que cristalizado en reuniones de gabinete establecimos las metas y los objetivos propuestos para obtener el mejor diseño de defensa ribereña utilizando el modelamiento hidráulico en el lugar del sector Cruz Blanca del río Mala.

La pretensión e intención del proyecto de investigación realizado ha sido perfeccionar y mejorar la defensa ribereña ante posibles crecidas del río Mala como consecuencia producido debido al cambio climático que está sucediendo en nuestro planeta y que afecta a todos las naciones del mundo. Partimos de un análisis de la realidad actual en el lugar de investigación, esto nos ha consentido ubicar y determinar el problema principal como son las riberas de cierto sector del mencionado río y por consiguiente desborde ante una eminente crecida del mismo. Se efectuó las 2 calicatas correspondientes que nos permitirá evaluar las propiedades y características del suelo, un levantamiento topográfico en la zona afectada y la recolección de datos de los caudales si hubiera estaciones que midan dicho volumen de no haber se procede a las estaciones pluviométricas a través de los años.

También se tendrá en consideración y se nombrara los materiales que se utilizaran para el diseño y construcción de las riberas a proteger, de tal manera determinar la distancia y el ancho que debe tener dicha defensa ribereña luego del análisis respectivo.

Esta infraestructura a desarrollarse y construirse contribuirá enormemente a los pobladores del sector Cruz blanca – Distrito de Mala que posee una superficie de 120.31 km² y una población de 32,717 hab. Con referencias al censo realizado en el 2017 ubicado en la provincia de Cañete, distrito que depende un 60% de la agricultura, conocido el distrito de Mala como un valle muy productivo, también se ubica la mina Condestable por consiguiente recibe regalías producto del canon minero.

Ubicación y lugar del proyecto de investigación

Ubicación

El lugar de investigación se ubica a 90 km al sur de la ciudad de Lima, en el distrito de Mala límite con el distrito de Calango.

Tiene como límite con los siguientes distritos:

Por el Norte: Limita con los distritos de San Antonio y Santa Cruz de Flores.

Por el Sur: Limita con el distrito de Asia además de los cerros Campana y Cenizo.

Por el Este: Limita con el distrito de Calango.

Por el Sur Este: Limita con el distrito de Coayllo.

Por el Oeste: Con el Océano Pacífico.



Figura 9: Ubicación del distrito de Mala
Fuente: CODISEC – Mala

Localización

Se localiza el proyecto de investigación en el distrito de Mala, en la provincia de Cañete.

Departamento o región: Lima.

Provincia: Cañete.

Distrito: Mala.

Localización: Cerca del límite entre los distritos de Mala y Calango en el Sector denominado Cruz blanca.

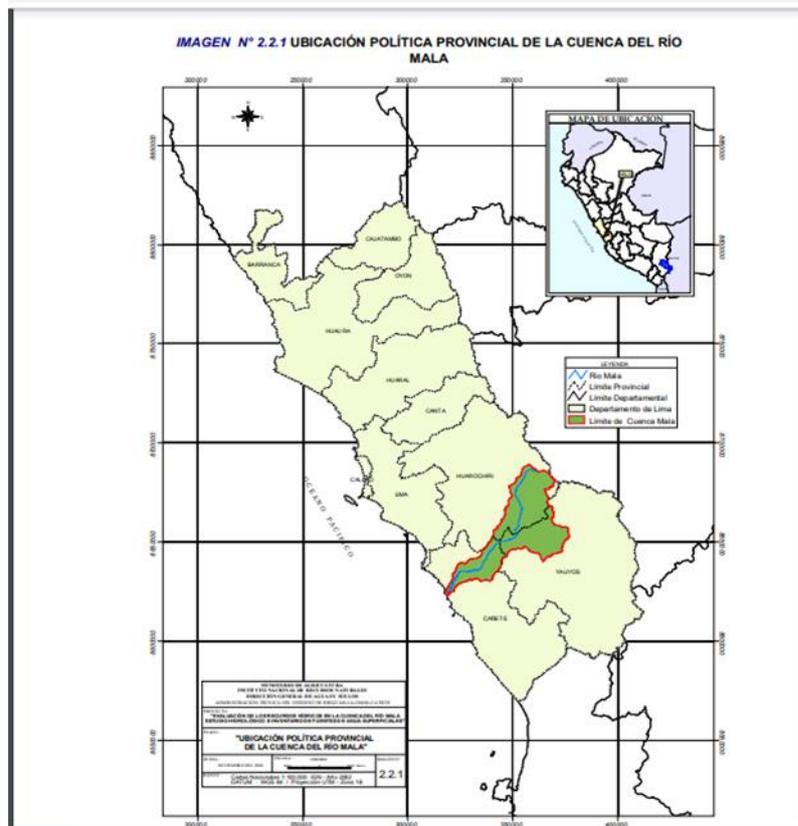


Figura 10: Cuenca del río Mala
Fuente: Inrena

4.1. Propuesta de estudio de suelos

4.1.1. Objetivo de estudio

Ante el aumento y desarrollo urbano que se acrecienta cada día más en el distrito de Mala es imprescindible la atención constante y permanente con los servicios básicos preferentes para los moradores de todo el distrito, por consiguiente sus autoridades asumirán dichas decisiones de tal manera produzca y genere un crecimiento socio económico y además sostenido.

En consecuencia los diseños y estructuras en de defensas ribereñas son fundamental como protección a sus habitantes cercanos a la ribera del río Mala, sus viviendas, bienes públicos

generaran certidumbres como mayor desarrollo económico y social en la población.

4.1.2. Estudio básico geotécnico

Inicialmente el lugar de investigación ha sido una enorme cuenca de sedimentación en ella se acumulación y depositaron coherentes capas litológicas de origen marino como también continental. Al transcurrir miles de años fueron desfiguradas por la incursión de material ígneo debido a los movimientos orogénicos. Se encuentran material sedimentario e ígneo que rodean desde el jurásico inferior incluyendo el cuaternario reciente. Se ha podido encontrar y verificar depósitos más contemporáneos que se ubican en el Cenozoico del Cuaternario reciente.

Podemos observar y analizar que en la franja costera depósitos más recientes y contemporáneo, podemos mencionar los depósitos aluviales, también los fluvio – aluviales y finalmente los eólicos. Al realizar la investigación y estudio de la cuenca del río Mala desde un panorama y observación estructural por largo tiempo y a través de los años ha tolerado y soportado muchos acontecimientos geológicos de variada magnitud como consecuencia y producto de los movimientos orogénicos y pirogénicos y del desplazamiento de plutones que han determinados falla y pliegues geológicos en toda la cuenca del río Mala.

Tabla 1: Cuenca del rio Mala – Formaciones Ecológicas

Formación Ecológica	Simbología	Area (km ²)	(%)	Altitud (msnm)	Sectores de uso
Desierto sub Tropical	d-ST	152.33	6.53	0.0 – 800	Area agrícola valle Area agrícola quebrada. Pampas enlazas Colinas y montañas.
Matorral desértico –Sub tropical	md-ST	351.26	15.08	800-2,000	Area agrícola de quebrada Montañas con maleza sin veget.
Estepa espinosa Montano bajo	ee -MB	363.08	15.57	2,000-3,000	Area agrícola de quebrada. Montañas con malezas densas.
Estepa Montano	e-M	349.20	14.97	3,000-3,800	Area agrícola de laderas. Montañas húmedas. Bosques residuales.
Paramo muy húmedo subalpin	pmh-MA	988.44	42.38	3,800-4,400	Montañas y praderas naturales. Bosques residuales.
Tundra pluvial	tp-A	127.76	5.48	4,000-5,000	Laderas y montañas pluviales

Fuente: ONERN- Organismo estatal

4.1.3. Las Metas del trabajo geotécnico

El presente trabajo y estudio de investigación geotécnico ha tenido en cuenta algunas exploraciones en la zona del sector Cruz Blanca donde se realizara y diseñara la defensa ribereña, también se ha considerado pruebas de campo sobre todo trabajos de laboratorio y de gabinete con su respectivo levantamiento topográfico una distancia de 50m que corresponde la extensión donde se diseñara la defensa ribereña que para este caso será la utilización de gaviones tipo caja, además del estudio del suelo realizando 2 calicatas en la zona de investigación.

Para realizar toda la investigación también se ha tenido en consideración la facilidad a la zona de acceso, como las vías de

ingresos y salida hacia nuestro lugar donde se realizara toda la investigación teniendo en cuenta que la defensa estará ubicado en la margen izquierda del rio Mala.

Tendremos en importancia las metas o alcances siguientes:

1. Precisar las propiedades físicas – mecánicas del integro de los componentes subyacentes (referido a la profundidad en nuestra zona de investigación) para la colocación de los gaviones tipo caja.
2. Para realizar estos alcances se lleva a cabo una planificación de reconocimiento y exploración de campo, pruebas de laboratorios y un minucioso trabajo de gabinete, a través de ellos se extraen los indicadores de verificación y evaluación que se integran a la metodología utilizada y aplicada.

En el proyecto de investigación se han realizados 2 calicatas en la ribera donde se realizara e implementara la defensa ribereña con una profundidad de 1.50m y que favorecerá a nuestro proyecto de investigación.

4.1.4. Inventario de las excavaciones

En todo proyecto de investigación que incluye el estudio de suelos es muy importante y necesario tener las características de los datos de campo, están referidas a la porosidad, la densidad, el límite plástico, la humedad, la saturación, la consistencia y compacidad.

4.1.5. Ordenación de los suelos

Se considera también muy importante e imprescindible efectuar las pruebas y los ensayos para poder obtener la clasificación u ordenación de los suelos considerando al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

Tabla 2: Clasificación de Suelos

Ensayos		
La clasificación de suelos, incluye límites, granulometría, humedad	Unid.	10.00
El peso volumétrico	Unid	5.00
La descripción petrográfica de la roca, densidad, Peso específico, porosidad.	Unid.	1.00
La resistencia a la compresión simple	Unid	1.00
El Corte directo en suelo	Unid.	2.00
La consolidación	Unid	2.00
La prueba STP in situ	Unid.	17.00
Los ensayo de permeabilidad del suelo	Unid	--
El ensayo de proctor modificado	Unid	2.00
El análisis granulométrico o hidrométrico	Unid.	2.00
El hinchamiento libre	Unid	1.00
Las sales solubles	Unid.	1.00
La gravedad específica	Unid	1.00
Abrasión	Unid	1.00

Fuente: Manual SUCS

4.1.6. La exposición de la forma estratigráfica

Como se desea efectuar la explicación de las capas o estratos de la ribera donde se realizara el diseño de la defensa ribereña para la investigación, la ordenación y las características físicas de la estructura de los suelos, se ha efectuado al inicio con una inspección ocular in situ.

Los datos e informaciones recabadas de los trabajos de campo, los ensayos de laboratorios realizados, además de la clasificación de los suelos hallados en las excavaciones se obtienen el perfil estratigráfico del subsuelo. Además como consecuencia de los trabajos de campo, de gabinete y de los resultados de laboratorio se planteó los siguientes indicadores, referidos al tipo de suelo, al peso volumétrico, la resistencia al corte, la compresibilidad del

material. También podemos recoger datos del estudio de las rocas la información referida a su dureza, su índice de calidad y de resistencia a la compresión, como también su compacidad.

Utilizando las normas N° 50 y N° 200 se realizaron los siguientes ensayos:

1. El volumen o contenido de humedad.
2. La distribución granulométrica.
3. El límite plástico.
4. El límite líquido.
5. La gravedad específica.

Tabla 3: Calicatas - Resultados

Calicatas	Limite Liquido	Limite Plástico	Clasificación SUCS	Clasificación AAHSTO	Densidad Máxima (gr/m3)	Humedad Óptima (%)	Descripción
C1	NP	NP	GP	A - 1 - a	2.25	5.57	Grava mal graduada con arena
C2	NP	NP	GP	A - 1 - a	2.22	6.06	Grava mal graduada con arena

Fuente: Laboratorio

Podemos verificar y observar que cada una de estas pruebas efectuadas y comprobando sus resultados realizados en el laboratorio, teniendo en consideración las normas mencionadas, dichas constancias estarán colocadas al final en la parte de anexos. Como lo manifestamos estas calicatas fueron realizadas en la margen izquierda del rio Mala en el sector Cruz Blanca que se ubica cerca del límite entre los distrito de Mala y Calango. Se mostrara los resultados del laboratorio de las dos calicatas como en la ubicación del levantamiento topográfico se ubicara en la sección anexos.



Figura 11: Ubicación de la Calicata 1
Fuente: Propia



Figura 12: Inicio y Fin de la Calicata 1
Fuente: Propia

Desde la ubicación de la calicata 1 y a una distancia de 40m se realiza la calicata 2 esta se muestra en la Figura 13 como se indicó las calicatas tienen 1.30m de profundidad, nos mostrara las cualidades y propiedades del subsuelo.



Figura 13: Ubicación de la Calicata 2
Fuente: Propia



Figura 14: Inicio y Fin de la Calicata 2
Fuente: Propia

4.2. El análisis y estudio topográfico del río Mala

La presente investigación nos faculto exhibir y exponer de manera más minuciosa, estricta y precisa las diferentes cotas y desigualdades de niveles en el río Mala en lo que corresponde la distancia que se tomara para diseñar

la defensa ribereña que son los 50m de la margen izquierda del mencionado rio donde se realiza la investigación.

Se dispuso el personal adecuado, competente que se avocara a realizar el levantamiento topográfico en la zona de investigación, dicho personal está bajo mi supervisión de tal manera de lograr recabar la mayor cantidad de datos e información con la precisión y exactitud requerida de tal forma que luego no nos inclinen a errores en el desarrollo del trabajo en gabinete. Todos los datos recabados en el levantamiento nos permitió explicar y detallar la estructura exacta del terreno, asimismo mostrar todas las propiedades y particularidades que son notorios y sobresalientes que se encuentran dentro de nuestra area de investigación. Dichos cálculos y mediciones se efectúan comenzando en los puntos de estación que son ubicados y conocidos, a partir de ahí se inicia el levantamiento por el método conocido teniendo en cuenta:

- Los accidentes topográficos.
- El relieve físico.



Figura 15: Punto de Estación A
Fuente: Propia

Considerando una cantidad de puntos a tomar de tal forma nos conceda y admita la confección y la realización de las curvas de niveles necesarios y requeridos.



Figura 16: Punto de Estación B
Fuente: Propia

Muy importante mencionar que el investigador con sus propios recursos y con la finalidad de realizar el levantamiento topográfico alquilo una estación total marca Leica modelo TS – 06 con todos sus accesorios como también se contó con winchas, jalones y un GPS. Para empezar con levantamiento topográfico se ubicaron dos puntos o estaciones A y B. según los datos obtenidos del GPS.

Tabla 4: Estación – Puntos de apoyo

COORDENADAS DE ESTACION TOPOGRAFICA			
Estación	Coordenadas UTM		Cota
	Este(x)	Norte (y)	
A	325105	8609548	145.00
B	325105	8609585	144.057

Fuente: Propia

Tabla 5: Levantamiento Topográfico

Punto	Este	Norte	Cota	Descripción
1	8609584.995	325105	144.057	RELLENO
2	8609551.406	325108.9355	144.865	RELLENO
3	8609556.007	325107.8109	144.7465	RELLENO
4	8609560.172	325107.2805	144.3909	RELLENO
5	8609564.763	325106.4422	144.2349	RELLENO
6	8609569.306	325105.6558	144.1959	RELLENO
7	8609573.483	325105.311	144.1399	RELLENO
8	8609577.967	325104.6912	144.0301	RELLENO
9	8609582.342	325105.1815	144.0395	RELLENO
10	8609587.079	325105.0914	143.8292	RELLENO
11	8609591.628	325105.0726	143.6084	RELLENO
12	8609596.275	325105.2112	143.8741	RELLENO
13	8609600.237	325105.3791	143.813	RELLENO
14	8609604.552	325105.7032	143.427	RELLENO
15	8609609.504	325106.3549	143.3517	RELLENO
16	8609609.655	325099.7525	143.1648	RELLENO
17	8609604.446	325100.5778	143.6389	RELLENO
18	8609600.137	325099.7737	143.5181	RELLENO
19	8609595.137	325099.6772	143.2511	RELLENO
20	8609591.052	325099.6419	143.2192	RELLENO
21	8609586.37	325099.7071	143.6104	RELLENO
22	8609582.482	325099.8466	144.0191	RELLENO
23	8609577.779	325100.4501	144.1114	RELLENO
24	8609572.869	325101.1049	144.1714	RELLENO
25	8609568.945	325101.1336	144.3659	RELLENO
26	8609564.494	325100.6252	144.0109	RELLENO
27	8609560.005	325101.4379	144.3625	RELLENO
28	8609556.059	325101.8896	144.878	RELLENO
29	8609552.145	325102.7344	144.8188	RELLENO
30	8609546.781	325102.3063	145.0431	RELLENO
31	8609542.265	325102.4558	145.3293	RELLENO
32	8609543.453	325110.9215	145.1676	RELLENO
33	8609550.675	325166.783	140.9436	RELLENO
34	8609564.544	325172.1349	141.6368	RELLENO
35	8609563.811	325168.0507	140.6332	RELLENO
36	8609563.811	325161.853	140.4877	RELLENO
37	8609559.953	325157.5123	140.8927	RELLENO
38	8609559.375	325153.5677	141.6679	RELLENO
39	8609558.225	325149.5384	141.8976	RELLENO
40	8609557.525	325145.6439	142.1035	RELLENO
41	8609556.055	325141.6641	142.3551	RELLENO
42	8609555.123	325137.5485	141.7508	RELLENO
43	8609554.317	325133.3422	141.3587	RELLENO
44	8609546.462	325122.7421	141.5047	RELLENO
45	8609547.954	325115.073	142.17	RELLENO
46	8609552.727	325114.2447	141.8931	RELLENO

47	8609557.252	325113.3979	141.7776	RELLENO
48	8609561.226	325111.5939	141.7018	RELLENO
49	8609566.007	325110.6728	141.5959	RELLENO
50	8609569.987	325110.6538	141.2032	RELLENO
51	8609574.37	325109.9267	141.2225	RELLENO
52	8609579.842	325109.6519	140.9484	RELLENO
53	8609583.667	325108.9511	141.2258	RELLENO
54	8609589.213	325109.3533	140.7745	RELLENO
55	8609593.951	325109.5803	140.737	RELLENO
56	8609598.921	325109.7785	140.7712	RELLENO
57	8609541.855	325121.4021	141.6975	RELLENO
58	8609541.033	325100.0743	143.6092	CHACRA
59	8609544.747	325098.3199	143.5521	CHACRA
60	8609548.461	325096.429	143.4142	CHACRA
61	8609551.729	325095.7425	143.5116	CHACRA
62	8609553.6	325099.6222	143.805	CHACRA
63	8609558.265	325098.2876	142.9802	CHACRA
64	8609561.842	325097.7905	143.1718	CHACRA
65	8609565.855	325098.7329	143.106	CHACRA
66	8609569.478	325098.523	142.9712	CHACRA
67	8609573.567	325098.188	142.581	CHACRA
68	8609577.551	325097.7424	142.4944	CHACRA
69	8609583.712	325095.7759	141.9283	CHACRA
70	8609589.06	325094.8944	141.6726	CHACRA
71	8609594.127	325095.7324	140.9991	CHACRA
72	8609618.033	325097.68	140.8132	CHACRA
73	8609628.598	325080.1019	141.1503	CALICATA 02
74	8609624.532	325080.6566	141.1356	RELLENO
75	8609624.582	325080.6397	141.1342	RELLENO
76	8609620.859	325081.1236	141.1458	RELLENO
77	8609617.452	325081.6201	141.1395	RELLENO
78	8609613.69	325082.286	141.1686	RELLENO
79	8609610.086	325083.2501	141.3164	RELLENO
80	8609605.794	325084.1511	141.6888	RELLENO
81	8609601.622	325084.7309	141.9125	RELLENO
82	8609597.514	325085.0951	141.9794	RELLENO
83	8609594.442	325089.9202	141.6049	RELLENO
84	8609590.758	325089.2652	142.3888	RELLENO
85	8609587.778	325089.6794	142.058	RELLENO
86	8609544.16	325087.3128	143.2408	RELLENO
87	8609539.635	325087.7839	143.3144	RELLENO
88	8609533.604	325087.8432	143.5671	RELLENO
89	8609564.062	325090.3668	143.2562	CALICATA 1

Fuente: Propia

4.2.1. Operación en gabinete

Se ha tomado en consideración para el cálculo y trabajo en la confección y elaboración de los diferentes planos a estructurar la

aplicación de diferentes software como el AutoCAD desktop última versión, AutoCAD Civil 3D versión 2014 y para realizar el informe final topográfico se utilizó el Word y los planos se presentaran en A4 según criterio del investigador. Todos los planos a presentar se utilizaran las escalas más adecuadas de tal manera que se visualice claramente las diferentes características y propiedades del terreno y del levantamiento.

Tenemos en consideración que para nuestro estudio e investigación, el desarrollo en cuanto a los trabajos de trazos y de topografía es la parte primordial de la investigación, dependiendo de la exactitud y veracidad se desarrollara un óptimo diseño de defensa ribereña en la sector Cruz Blanca y que abarcara una longitud de 50m en la margen izquierda del rio Mala.

Es decir se logra determinar el diseño que evite desborde del rio y genere inundaciones tanto de áreas de cultivos, viviendas de los pobladores, pérdidas económicas y afectación en la salud.

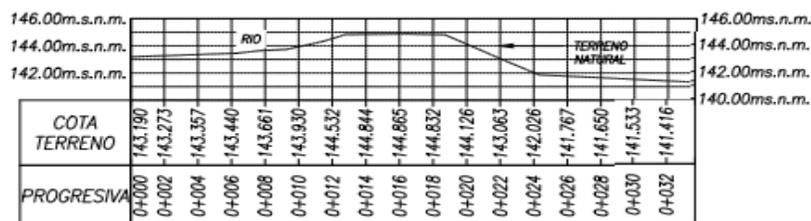
4.2.2. Producción en gabinete

La realización de esta producción o trabajo que se realiza en gabinete tiene una importancia y cuidado en las siguientes etapas.

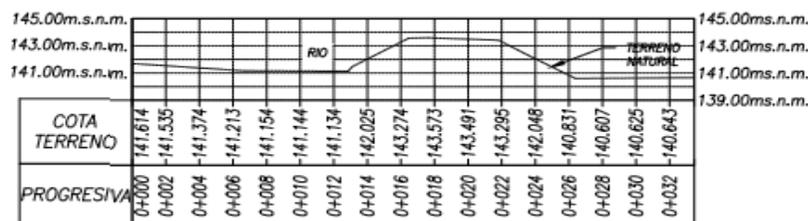
4.2.3. Método de información de coordenadas

Teniendo la información de los puntos obtenidos y por medio del uso de la estación total y utilizando el nivel, se originó y empezó a fijarse las poligonales teniendo en consideración los errores de cierre que pueden estar dentro de lo permisible. Las ubicaciones o coordenadas Norte y Este producidas de cada punto o vértice de la poligonal verificadas de la estación total se trasladan directamente a Software del computador para así obtener una visión en planta, tomando como referencia los puntos de cada tramo obtenidas de la estación total.

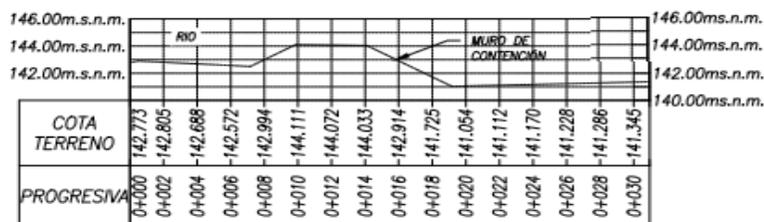
Figura 17: Plano Sección transversal y longitudinal



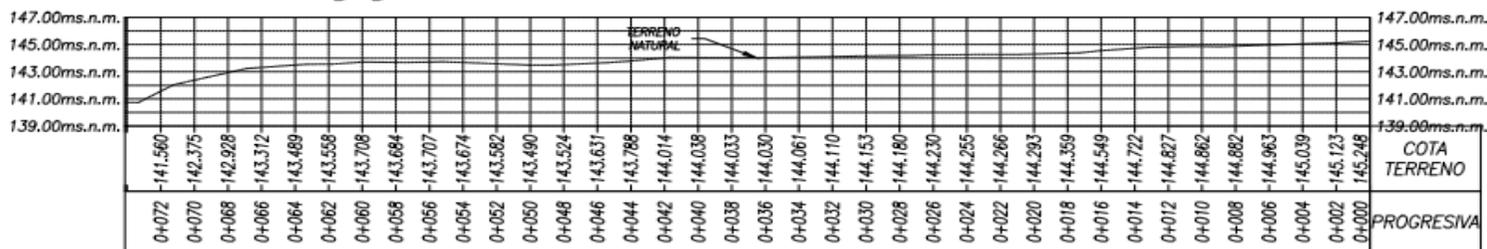
SECCIÓN TRANSVERSAL A-A



SECCIÓN TRANSVERSAL C-C



SECCIÓN TRANSVERSAL B-B



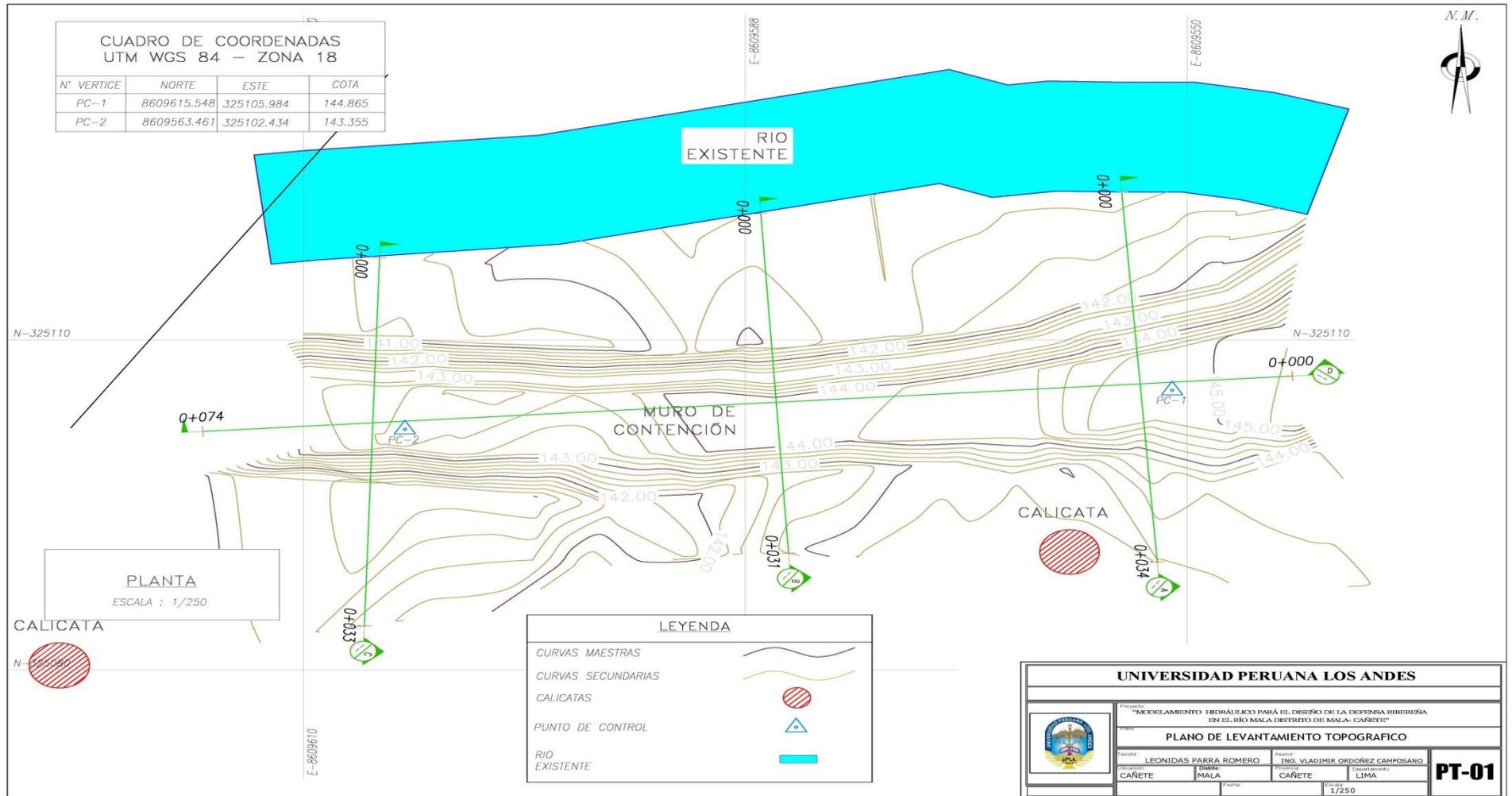
SECCIÓN TRANSVERSAL

SECCIÓN
ESCALA : 1/300

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES	
Proyecto: "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA EL DISEÑO DE LA DEFENSA RIBERENA EN EL RÍO MALA DISTRITO DE MALA-CARLETE"	
SECCIONES TRANSVERSALES Y LONGITUDINAL	
Elaborado por: LEONIDAS PARRA ROMERO	Revisado por: ING. VLADIMIR GODOFREZ CAMPOSANO
Escala: CARLETE	Escala: LIMA
ST-01	
Escala: 1/300	

Fuente: Elaboración Propia

Figura 18: Plano de levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración Propia

4.3. Estudio y propuesta del caudal

En el presente se realizara un estudio y en base a ello se determinara la propuesta de caudal asumir en el rio Mala, para lograr dicha propuesta se tendrá en consideración como primer paso un estudio hidrológico de la cuenca del mencionado rio, además se tendrá en consideración los diferentes estudios efectuados y guardados en los diferentes entidades particulares y estatales.

La presente investigación tiene como función y objetivo principal evaluar y valorar los distintos caudales máximos producidos en nuestra cuenca de investigación y evaluarlo para distintos periodos de retorno.

4.3.1. Investigación hidrológica de la cuenca del rio Mala

Se recopilará toda la información que se encuentre en las estaciones hidrométricas en nuestra zona de investigación, de no encontrar dichas estaciones se tendrá que recurrir a las estaciones pluviométricas en todos los meses y años registrados con precipitación máxima de 24 horas. La cuenca del rio Mala posee una extensión de 2,332.08 km² y un perímetro de 456.04 km, además tiene una pendiente media de 0.03, está ubicado en la parte central de la costa peruana.

Tabla 6: Parámetros fisiográficos de la cuenca Mala

Area (km ²)	Perímet (km)	Pendiente media -cauce principal	Longit. del cuenca(km)	Longit. Media del Cauce principal (km)	Elev. Media (km)	Indice de gravelius
2,335.08	456.04	0.041	104.208	125.388	3,319.79	1.54

Fuente: Propia

Importante

De los datos de la Tabla N° 6 podemos rescatar todos la información recabada pero la más importante es al observar que el índice de gravelius nos reporta un número mayor que 1 este dato nos avisa e indica que la mencionada cuenca del rio Mala tiene

predisposición a engendrar o provocar crecientes de avenidas y por consiguiente se hace necesario el diseño de defensas ribereñas en ciertos tramos donde nos indique posible desborde del rio mala y más aún como lo mencionamos al inicio este cambio climático está afectando a todas naciones del planeta.

4.3.1.1. Ubicación de la zona de investigación

Nuestra zona de investigación o estudio está localizado en la costra central de nuestro país Perú, concretamente en la provincia de Cañete, distrito de Mala en un trecho que se encuentra agua abajo del límite entre los distritos de Mala y Calango y el rio Mala. Hidrográficamente el lugar de estudio se localiza en la zona baja del rio Mala a una altitud de 345 msnm en la Cuenca Mala – Calango.



Figura 19: Delimitación de la cuenca del río Mala
Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la Figura N° 18 podemos apreciar la cuenca del Rio Mala que esta también conformada muchas subcuencas las nombraremos desde la parte más alta hasta llegar a la parte bajo como son:



Figura 20: Subcuencas del rio Mala
Fuente: Elaboración propia

En Figura N° 19 se puede apreciar las subcuencas con la red hídrica pertinente de cada una de las subcuencas y su correspondiente número de orden. Apreciamos que la subcuenca de rio bajo Mala, dispone de participación del rio principal el cual posee un número de orden de 6 siendo el superior de la cuenca.

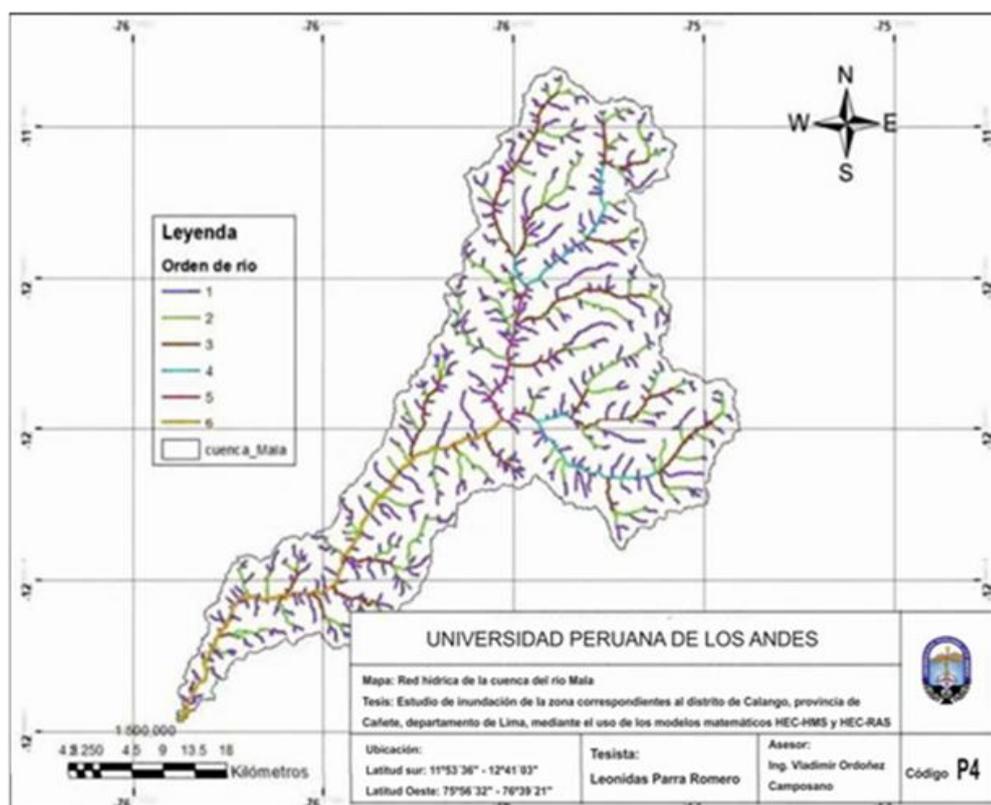


Figura 21: Red Hídrica de la cuenca del río de Mala
Fuente: Propia

Tabla 7: Descripción de las subcuencas

Las Subcuenca	Area (km ²)	Longitud del cauce principal (km)	Pendiente media del cauce (m/m)
1.-Río alto Mala	301.57	17.37	0.077
2.- Río Acache	244.11	17.73	0.071
3.- Medio alto Mala	63.32	6.44	0.058
4.- Río Tantara	149.45	4.68	0.148
5.- San Joaquín de Cochas	35.42	6.45	0.068
6.- Yauyos	231.18	6.08	0.086
7.- Medio bajo Mala	202.44	16.43	0.043
8.- Río bajo Mala	805.24	82.00	0.019
9.- Río Quinches	302.35	23.17	0.072

Fuente: Elaboración propia

Para la construcción y elaboración de la Tabla N° 9 los datos fueron obtenidos del DEM proporcionado por el satélite de la NASA y analizado por el SIG ARCGIS.

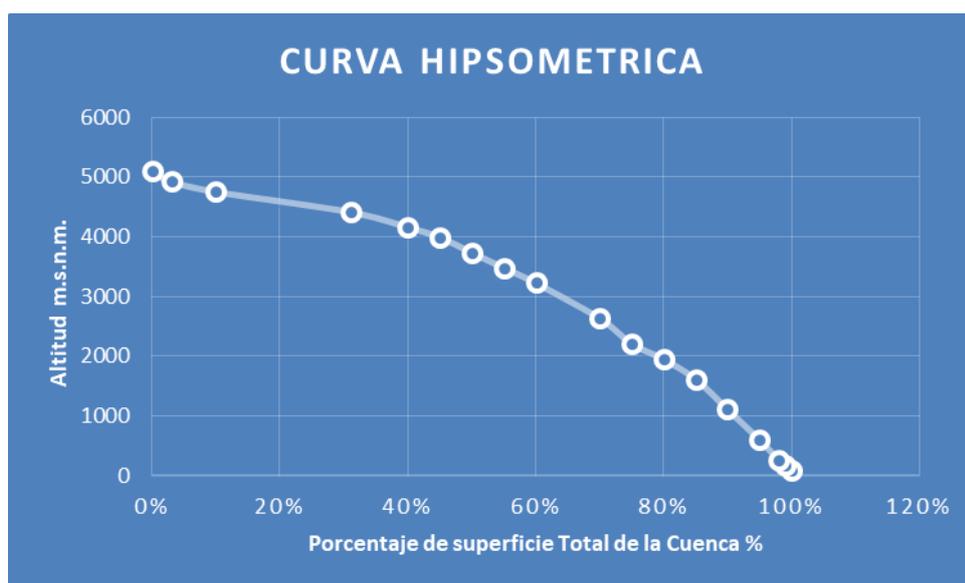
Tabla 8: Tabla de atributos

N°	Cotas			Areas (km2)		
	Min	Máx.	Promedio	Área	Área(acum)	% Acum
1	47.15	129.20	88.17	24.93	2356.53	100%
2	135.82	212.06	173.93	16.03	2331.60	99%
3	224.93	300.00	262.46	17.81	2315.57	98%
4	556.22	640.57	598.40	14.69	2246.56	95%
5	1069.02	1150.00	1109.51	21.37	2131.25	90%
6	1574.83	1658.37	1616.60	33.84	1993.68	85%
7	1913.93	1996.60	1955.27	36.06	1877.03	80%
8	2168.32	2252.79	2210.56	28.49	1776.86	75%
9	2593.59	2676.61	2635.10	33.84	1637.95	70%
10	3186.62	3271.07	3228.84	35.17	1407.33	60%
11	3441.86	3523.99	3482.93	40.51	1303.59	55%
12	3696.59	3779.14	3737.86	38.73	1186.50	50%
13	3953.06	4034.71	3993.88	49.42	1050.26	45%
14	4120.02	4204.40	4162.21	68.56	938.07	40%
15	4374.41	4459.09	4416.75	101.06	727.93	31%
16	4713.71	4797.89	4755.80	95.72	233.29	10%
17	4883.47	4966.75	4925.11	36.06	77.02	3%
18	5054.49	5137.88	5096.19	9.79	9.79	0%

Fuente: Elaboración Propia

Con datos proporcionados en la tabla 8 se construye y elabora la curva hipsométrica teniendo en consideración que se construyó con la información obtenida de las cotas promedios vs el porcentaje de área acumulada contenida entre las cotas de las curvas de nivel y que se observa y aprecia en la Grafica 1.

Grafico 1: Curva hipsométrica



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9: Propiedades de los suelos hidrológicos – Cuenca Mala

N°	Tipo	Característica	Áreas (km ²)	Superficie (%)
1	A	Suelos transportados, con fragmentos rocosos arenosos, de potencia variable, muy permeable, salobres.	327.20	14.030
2	B	Suelos residuales de composición heterogéneas, predomina las arenas y su permeabilidad varia de moderada	563.03	24.143
3	C	Suelos residuales areno-arcilloso de profundidad y pH variable, con buena permeabilidad	329.68	14.137
4	D	Sus suelos son residuales predominando los suelos areno-arcillosos a arenosos profundos a medianamente profundos	1112.1	47.689

Fuente: Estudio hidrológico Mala

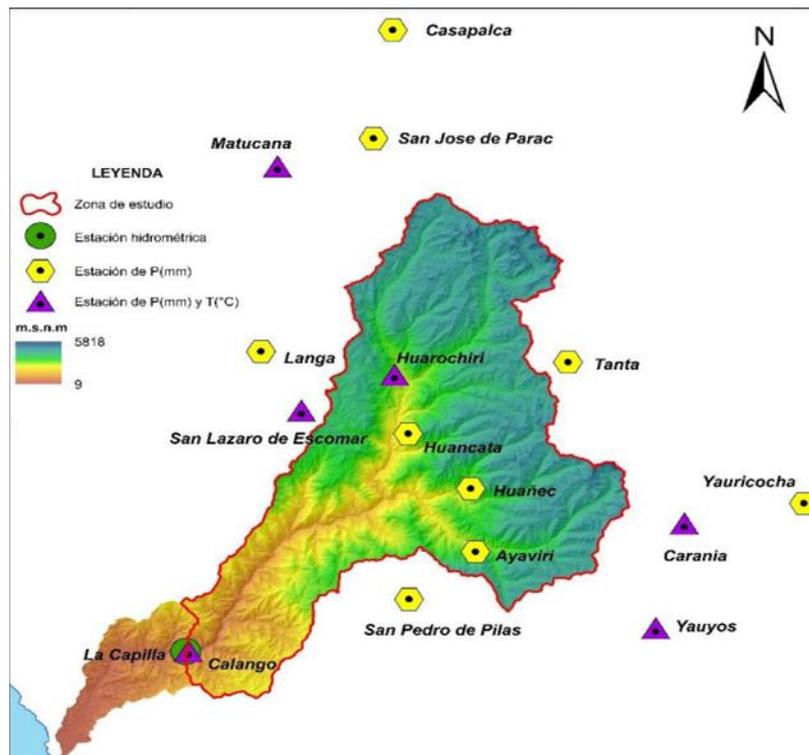


Figura 22: Estaciones pluviométricas
Fuente: Inrena

Tabla 10: Estaciones Pluviométricas

Estación	Altitud msnm	Longitud (°)	Latitud (°)	Periodo de Registro	Cuenca
Ayaviri	3,228	76° 08'1	12° 23'1	1996 - 2015	Mala
Huancata	2,700	76° 13'1	12° 13'1	1996 - 2015	Mala
Huarochirí	3,182	76° 14'1	12° 08'1	1996 - 2015	Mala
La Capilla	442	76°29'46"	12°31'1.9"	1996 - 2015	Mala
Huañec	3,205	76° 08	12° 17	1996 - 2015	Mala
San Pedro de P.	2,600	76° 13'1	12° 27'1	1996 - 2015	Mala
San Lázaro	3,600	76° 21'	12° 11'	1996 - 2015	Mala

Fuente: SENAMHI

Teniendo las siete estaciones pluviométricas estas nos proporcionaran lo más importantes como son los datos históricos

de las precipitaciones máximas de 24 horas desde el año 1996 hasta el 2015.

Estos datos recabados en las 7 estaciones pluviométricas de la cuenca del río Mala se mostraran a continuación en la Tabla 11.

Tabla 11: Datos históricos de precipitación máxima

Precipitación Máxima en 24 horas (mm)							
Año	Ayaviri	Huancata	Huarocharí	La Capilla	Huañec	San pedro de P	San La.
1996	31.41	28.51	22.90	0.72	23.99	15.91	32.32
1997	58.99	46.35	12.36	0.00	19.39	18.89	53.45
1998	41.37	35.54	15.26	1.52	15.26	37.41	14.92
1999	29.50	24.86	14.29	0.62	14.29	30.70	20.51
2000	45.20	22.89	12.68	1.37	12.68	13.92	14.67
2001	30.65	27.53	13.80	0.00	13.80	19.02	43.01
2002	36.65	28.23	18.02	0.75	18.02	29.21	31.70
2003	23.24	25.84	16.41	0.37	16.41	16.28	31.32
2004	37.29	26.97	18.15	0.00	18.15	10.81	34.18
2005	26.81	27.11	19.39	0.50	19.39	12.06	43.38
2006	33.84	35.11	11.44	0.00	11.44	39.90	91.98
2007	43.67	23.88	23.12	0.75	23.12	19.52	27.35
2008	38.82	56.60	20.01	0.37	20.01	34.43	26.72
2009	34.86	33.71	15.91	1.74	15.91	32.44	26.72
2010	32.56	23.88	16.53	0.00	16.53	52.45	40.15
2011	25.54	17.14	23.12	0.62	23.12	12.43	16.41
2012	51.33	37.22	21.63	0.25	21.63	50.34	34.56
2013	33.45	19.66	24.36	0.00	24.36	29.21	37.79
2014	32.56	24.30	25.36	0.37	25.36	27.72	54.44
2015	32.05	23.32	33.44	2.24	33.44	26.35	26.23

Fuente: Senamhi

Importante

Se presentara y describirá la forma de elaborar la forma de hallar y desarrollar las tablas y los gráficos respectivos pero solos para Estación Ayaviri con los datos históricos y para 5 años de retorno, adelante se realizara ya para el tiempo de retorno de caudal

máximo y de todas las estaciones pluviométricas en forma concreta.

Tabla 12: Estación Pluviométrica de Ayaviri

T	Y1	Mediana X1	F(x)	X2 corregido
5	1.500	90.754	0.366	102.551
10	2.250	135.291	0.371	152.879
50	3.902	233.311	0.381	263.641
75	4.311	257.575	0.384	291.060
100	4.600	274.749	0.386	310.466

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Diferentes periodos de retorno - Ayaviri

DURACION	FACTOR DE REDUCCION	P.M.P. (mm/24horas) para diferentes tiempos de duración según Periodo de Retorno				
		5	10	50	75	100
24	1	102.551	152.879	263.641	291.060	310.466
18	0.91	93.322	139.120	239.913	264.865	282.524
12	0.8	82.041	122.303	210.913	232.848	248.373
8	0.68	69.735	103.958	179.276	197.921	211.117
6	0.61	62.556	93.256	160.821	177.547	189.384
5	0.57	58.454	87.141	150.275	165.904	176.966
4	0.52	53.327	79.497	137.093	151.351	161.442
3	0.46	47.174	70.324	121.275	133.888	142.814
2	0.39	39.995	59.623	102.820	113.513	121.082
1	0.3	30.765	45.864	79.092	87.318	93.140

Fuente: Elaboración Propia

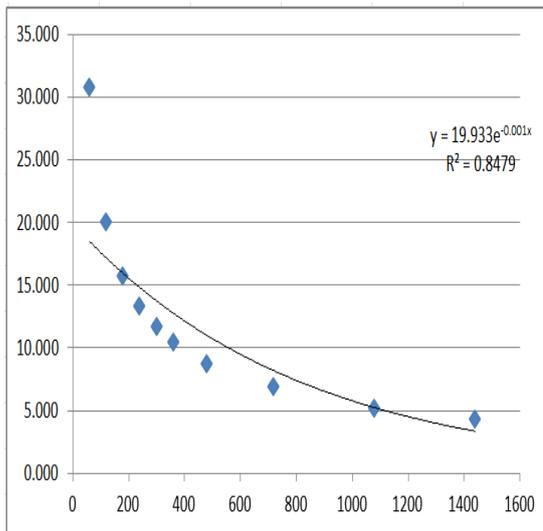
Tabla 14: Intensidad de precipitación años de retorno - Ayaviri

Tiempo duración		Intensidad de la lluvia (mm/Hr) según periodo de Retorno				
Hr	Min	5	10	50	75	100
24	1440	4.273	6.370	10.985	12.128	12.936
18	1080	5.185	7.729	13.329	14.715	15.696
12	720	6.837	10.192	17.576	19.404	20.698
8	480	8.717	12.995	22.409	24.740	26.390
6	360	10.426	15.543	26.803	29.591	31.564
5	300	11.691	17.428	30.055	33.181	35.393
4	240	13.332	19.874	34.273	37.838	40.361
3	180	15.725	23.441	40.425	44.629	47.605
2	120	19.998	29.811	51.410	56.757	60.541
1	60	30.765	45.864	79.092	87.318	93.140

Fuente: Elaboración propia

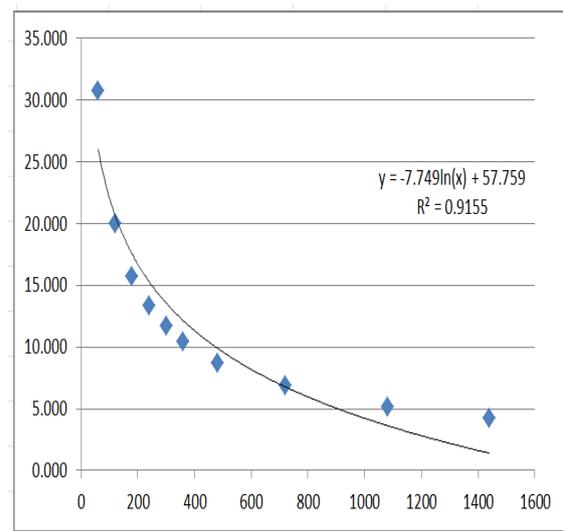
En la construcción de la Grafica 2 y la Grafica 3 se tomara como el eje X los minutos que me representa los números: 60, 120, 180, 240,..., 1440 y en el eje Y se toma en consideración la columna que identifica al periodo de retorno de 5 años.

Grafica 2: Ayaviri – 5 años



Fuente: Elaboración Propia

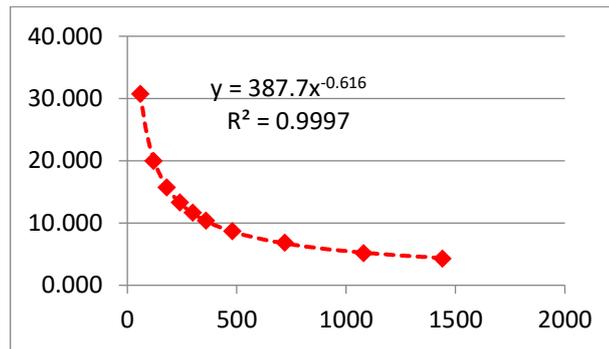
Grafica 3: Ayaviri – 5 años B



Fuente: Elaboración propia

Se trata de ubicar la mejor función que describa y contenga la mayor cantidad de puntos y eso solo se consigue obteniendo que el termino R^2 se aproxime a 1 y como observamos las Grafica 2 y Grafica 3 todavía no está cercano lo cual nos indica efectuar una Grafica 4 y nos indica que si se aproxima a 1. Entonces se asume como la gráfica asumir y nos servirá para determinar la gráfica de intensidad de precipitación de dicha estación.

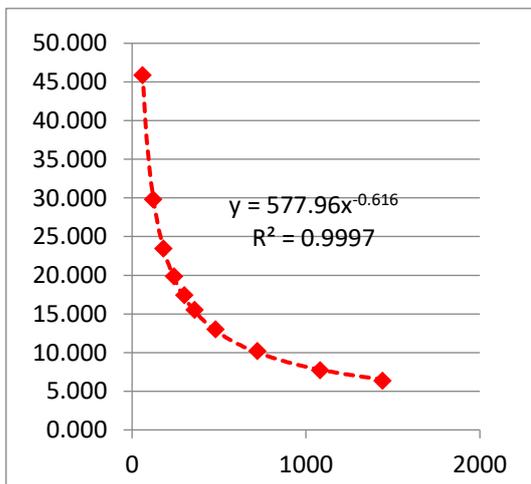
Grafica 4: Ayaviri Final - 5 Años



Fuente: Elaboración propia

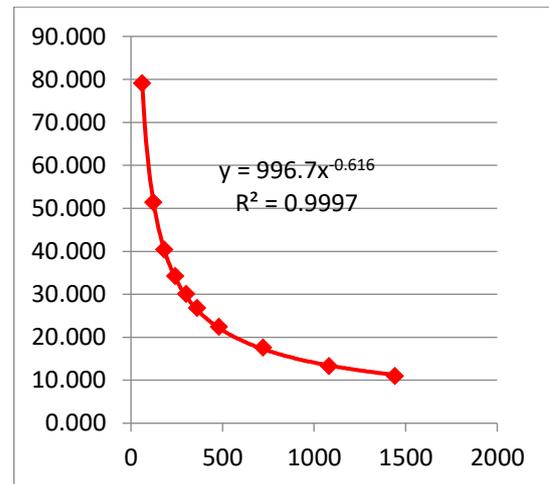
De la misma forma se procede para los demás años de retorno para la misma estación pluviométrica Ayaviri pero ya colocamos la función solución.

Grafico 5: Ayaviri – 10 años



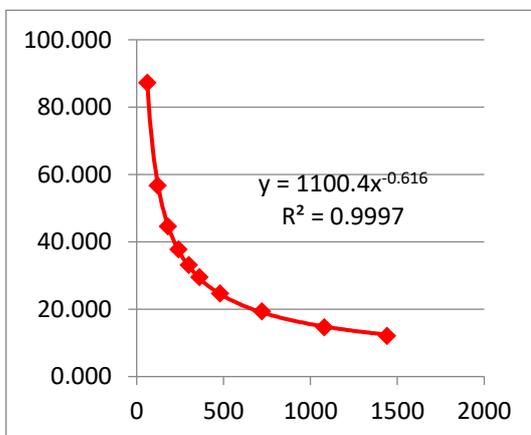
Fuente: Elaboración propia

Grafico 6: Ayaviri - 50 años



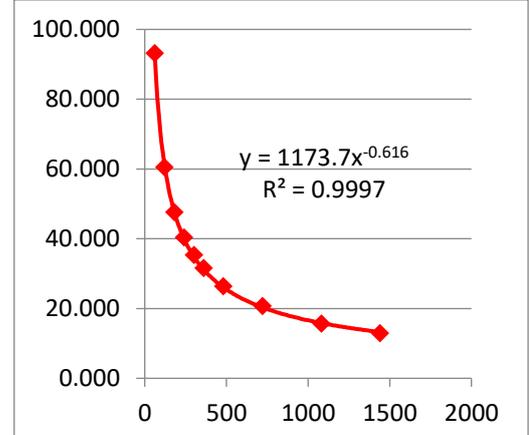
Fuente: Elaboración propia

Grafico 7: Ayaviri – 75 años



Fuente: Elaboración propia

Grafico 8: Ayaviri -100 años



Fuente: Elaboración propia

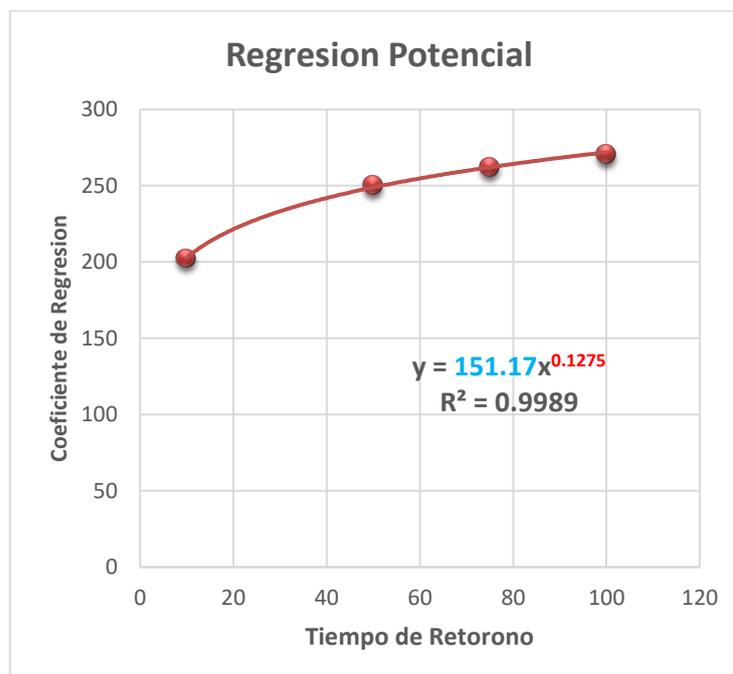
Tabla 15: Resumen de regresión Potencial

Tiempo de Retorno	Coefficiente de Regresión	Exponente de Regresión
5	180.56	-0.616
10	202.37	-0.616
50	250.37	-0.616
75	262.25	-0.616
100	270.66	-0.616

Fuente: Propia

Con los datos de la Tabla 15 se va a realizar el Grafico 9 que vendría ser la función potencial, tomamos como el eje x la columna del tiempo de retorno y asumimos como el eje y la columna de regresión

Grafico 9: Regresión Potencial



Fuente: Propia

De esta forma obtenemos la fórmula de intensidad de precipitación

$$I = \frac{151.17 T^{0.1275}}{t^{0.1275}}$$

I = Intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de retorno (años)

t = Tiempo de precipitación (min)

Importante

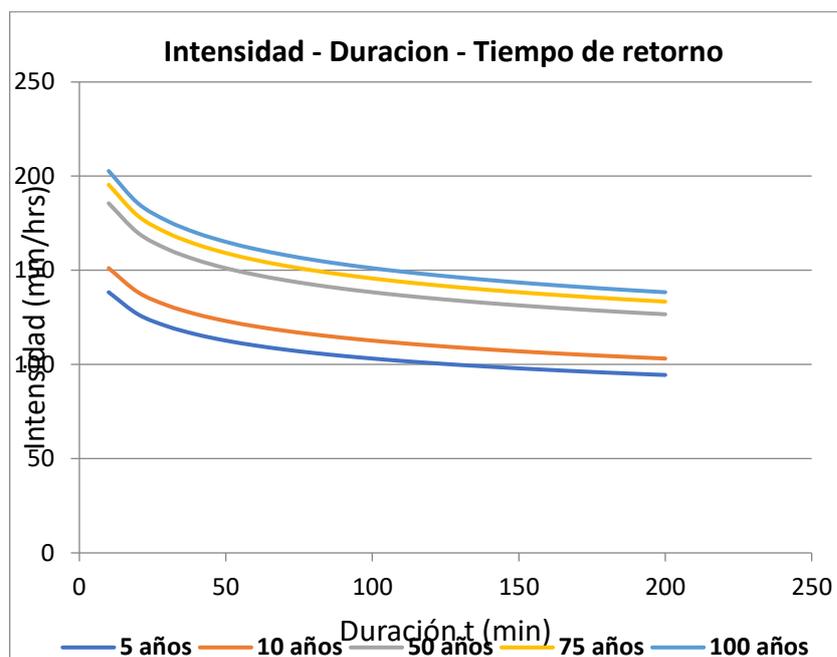
Como se obtuvo la fórmula para calcular la intensidad de precipitación, entonces se utilizara dicha fórmula para elaborar el Tabla 16 esta tabla nos permitirá realizar el Grafico 10 de la Intensidad – Duración – Frecuencia.

Tabla 16: Intensidad – Tiempo de Duración – Periodo de Retorno

	Intensidad - Tiempo de Duración - Periodo de Retorno				
Duración t (min)	Frecuencias (T años)				
	5	10	50	75	100
10	138.383	151.170	185.603	195.450	202.752
20	126.679	138.383	169.904	178.918	185.603
30	120.296	131.411	161.316	169.904	176.251
40	115.964	126.679	155.533	163.785	169.904
50	112.711	123.125	151.140	159.191	165.138
60	110.121	120.296	147.696	155.533	161.343
70	107.978	117.955	144.822	152.506	158.203
80	106.155	115.964	142.377	149.931	155.533
90	104.573	114.235	140.255	147.696	153.214
100	103.177	112.711	138.383	145.726	151.170
110	101.931	111.349	136.712	143.965	149.344
120	100.807	110.121	135.204	142.377	147.696
130	99.783	109.003	133.831	140.932	146.197
140	98.845	107.978	132.572	139.606	144.822
150	97.979	107.032	131.411	138.383	143.554
160	97.176	106.155	130.334	137.249	142.377
170	96.428	105.338	129.331	136.193	141.281
180	95.728	104.573	128.392	135.204	140.255
190	95.070	103.854	127.510	134.275	139.291
200	94.450	103.177	126.679	133.400	138.383

Fuente: Propia

Grafico 10: Intensidad – Duración – Frecuencia



Fuente: Propia

Hietograma

Para el grafico del Hietograma se utilizara los datos de la Tabla 17 pero para su elaboraci3n se utilizara el m3todo de bloques alternos. Se tendr3 en consideraci3n para el grafico del Hietograma para 3 hrs de duraci3n con intervalos de 10 minutos.

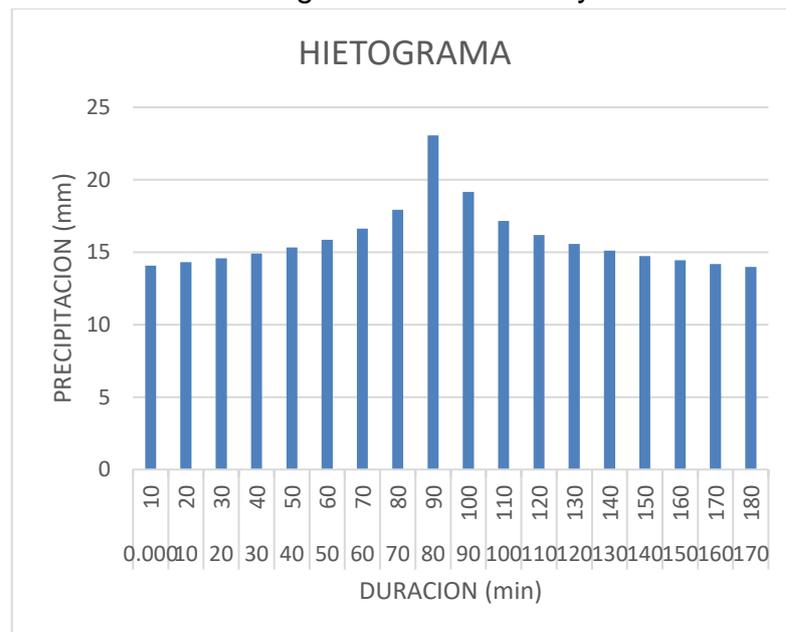
Tabla 17: Elaboraci3n del Hietograma – Estaci3n Ayaviri 5 a3os

Duraci3n (min)	Intensidad (mm/hr)	Profund. Acum. (mm)	Profund. Increm. (mm)	Tiempo (min)		Precipitaci3n (mm)
10	138.383	23.064	23.064	0.0	10	14.077
20	126.679	42.226	19.163	10	20	14.309
30	120.296	60.148	17.922	20	30	14.583
40	115.964	77.309	17.161	30	40	14.912
50	112.711	93.926	16.617	40	50	15.32
60	110.121	110.121	16.195	50	60	15.853
70	107.978	125.974	15.853	60	70	16.617
80	106.155	141.540	15.566	70	80	17.922

90	104.573	156.860	15.320	80	90	23.064
100	103.177	171.962	15.102	90	100	19.163
110	101.931	186.874	14.912	100	110	17.161
120	100.807	201.614	14.741	110	120	16.195
130	99.783	216.197	14.583	120	130	15.566
140	98.845	230.638	14.442	130	140	15.102
150	97.979	244.948	14.309	140	150	14.741
160	97.176	259.136	14.189	150	160	14.442
170	96.428	273.213	14.077	160	170	14.189
180	95.728	287.184	13.971	170	180	13.971

Fuente: Propia

Grafico 11: Hietograma – Estación Ayaviri 5 años



Fuente: Propia

De la misma forma ya se elabora las gráficas de las estaciones pluviométricas de acuerdo a las distribuciones de probabilidades y sobre todo verificando y utilizando la prueba de bondad de ajuste.

4.3.1.2. Estudio de la precipitación

El estudio y procedimiento de precipitación se empezó con el acopio de los datos de las estaciones pluviométricas por un tiempo de aproximado de 20 años. Inmediatamente empezamos la utilización de las fórmulas de distribución de probabilidades como son:

- a. Gumbel
- b. Log Gumbel
- c. Normal
- d. Log. Normal
- e. Pearson
- f. Log Pearson

Pero se necesita una seguridad o prueba de bondad de ajuste y para lograrlo utilizamos el procedimiento de Kolmogorov – Smirnov. Presentamos las soluciones de las distintas distribuciones de probabilidad de la información de precipitación máxima en 24 hrs de la estación pluviométrica de Ayaviri. Como muestra la tabla N° 18 para ordenamiento y claridad se ha colocado desde la mayor precipitación hasta la precipitación más baja en dicha estación pluviométrica Ayaviri.

Tabla 18: Distribución de probabilidades – Estación Ayaviri

m	Pr_{max}	Tr=N+1/m	Gumb.	LGumb.	Nor	Nor.	Pear.	LPear.
1	58.99	21.00	56.49	60.07	50.55	51.40	53.07	53.86
2	51.33	10.50	50.59	51.45	47.41	47.34	47.75	47.95
3	45.20	7.00	47.04	46.88	45.30	44.79	43.98	43.94
4	43.67	5.25	44.45	43.80	43.63	42.87	41.92	41.89
5	41.37	4.20	42.38	41.48	42.20	41.29	39.48	39.32
6	38.82	3.50	40.63	39.62	40.92	39.92	37.59	37.42
7	37.29	3.00	39.10	38.06	39.74	38.71	36.25	36.12
8	36.65	2.63	37.72	36.71	38.63	37.59	35.24	35.18
9	34.86	2.33	36.46	35.51	37.56	36.55	34.45	34.46
10	33.84	2.10	35.27	34.42	36.51	35.56	33.82	33.90
11	33.45	1.91	34.14	33.42	35.47	34.60	32.90	32.73
12	32.56	1.75	33.05	32.47	34.42	33.66	31.75	31.15
13	32.56	1.62	31.98	31.58	33.35	32.73	30.78	29.88
14	32.05	1.50	30.92	30.71	32.24	31.79	29.95	28.83

15	31.41	1.40	29.84	29.85	31.06	30.82	29.23	27.95
16	30.65	1.31	28.73	28.99	29.78	29.80	28.59	27.21
17	29.50	1.24	27.54	28.10	28.35	28.70	28.04	26.57
18	28.81	1.17	26.23	27.15	26.68	27.47	27.54	26.01
19	25.54	1.11	24.67	26.06	24.57	25.99	27.10	25.52
20	23.24	1.05	22.55	24.65	21.43	23.94	26.70	25.08

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Ajuste de la prueba de bondad – Estación Ayaviri

Distribución de Probabilidades													
Prec.Max 24 hrs.	Fo	Gumbel		Log Gumbel		Normal		Log Normal		Pearson		Log Pearson	
		F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo
58.99	0.9524	0.9494	0.0030	0.9649	0.0125	0.9690	0.0166	0.9835	0.0311	0.9784	0.0260	0.9787	0.0264
51.33	0.9048	0.9006	0.0042	0.9068	0.0020	0.9290	0.0242	0.9420	0.0372	0.9473	0.0425	0.9453	0.0406
45.20	0.8571	0.8526	0.0046	0.8462	0.0109	0.8850	0.0279	0.8890	0.0319	0.8922	0.0350	0.8883	0.0311
43.67	0.8095	0.8050	0.0045	0.7872	0.0224	0.8350	0.0255	0.8350	0.0255	0.8552	0.0457	0.8511	0.0416
41.37	0.7619	0.7578	0.0041	0.7307	0.0312	0.7880	0.0261	0.7720	0.0101	0.7848	0.0229	0.7823	0.0203
38.82	0.7143	0.7108	0.0034	0.6770	0.0373	0.7350	0.0207	0.7180	0.0037	0.7376	0.0233	0.7379	0.0236
37.29	0.6667	0.6641	0.0026	0.6262	0.0405	0.6830	0.0163	0.6560	0.0107	0.6887	0.0221	0.6954	0.0287
36.65	0.6190	0.6190	0.0016	0.5779	0.0411	0.6330	0.0140	0.6000	0.0190	0.6383	0.0192	0.6546	0.0356
34.86	0.5714	0.5710	0.0004	0.5321	0.0393	0.5800	0.0086	0.5400	0.0314	0.5861	0.0147	0.6156	0.0442
33.84	0.5238	0.5246	0.0008	0.4884	0.0354	0.5300	0.0062	0.4900	0.0338	0.5321	0.0083	0.5782	0.0543
33.45	0.4762	0.4782	0.0020	0.4467	0.0295	0.4700	0.0062	0.4350	0.0412	0.4841	0.0079	0.4942	0.0180
32.56	0.4286	0.4319	0.0033	0.4066	0.0219	0.4200	0.0086	0.3850	0.0436	0.4517	0.0231	0.4574	0.0288
32.56	0.3810	0.3855	0.0046	0.3681	0.0129	0.3650	0.0160	0.3350	0.0460	0.4209	0.0399	0.4234	0.0425
32.05	0.3333	0.3391	0.0058	0.3308	0.0026	0.3170	0.0163	0.2920	0.0413	0.3916	0.0582	0.3921	0.0588
31.41	0.2857	0.2925	0.0068	0.2944	0.0087	0.2670	0.0187	0.2500	0.0357	0.3637	0.0779	0.3631	0.0774
30.65	0.2381	0.2458	0.0077	0.2586	0.0205	0.2140	0.0241	0.2050	0.0331	0.3370	0.3370	0.3361	0.0980
29.50	0.1905	0.1988	0.0083	0.2230	0.0325	0.1650	0.0255	0.1650	0.0255	0.3116	0.1212	0.3111	0.1206
26.81	0.1429	0.1514	0.0085	0.1869	0.0440	0.1160	0.0269	0.1280	0.0149	0.2874	0.1445	0.2877	0.1448
25.54	0.0952	0.1033	0.0080	0.1490	0.0537	0.0710	0.0242	0.0900	0.0052	0.2642	0.1689	0.2658	0.1706
23.24	0.0476	0.0539	0.0063	0.1059	0.0582	0.0310	0.0166	0.0520	0.0044	0.2420	0.1943	0.2454	0.1978
$D_{\max} = F(xm) - Fo(mx) $		0.0085		0.0582		0.0279		0.0460		0.1943		0.1978	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 19 referente a la estación Ayaviri podemos concluir dos datos muy importantes que son:

$D_{max} = | F(x_m) - F_o(x_m) | = 0.1978$ ubicado en la distribución Log Pearson

$D_{min} = | F(x_m) - F_o(x_m) | = 0.0085$ ubicado en la distribución Gumbel

De esta información recabada de la tabla mencionada líneas arriba se elige la más óptima que vendría ser distribución de Gumbel por ser de menor valor.

Para las demás estaciones pluviométricas tanto lo referido a la distribución de probabilidades como la prueba de bondad y su respectivo ajuste se colocara en la sección referida a los Anexos 3. Inmediatamente se elabora una tabla de precipitación máxima durante las 24 horas para los siguientes periodos de retorno asumir 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años de acuerdo a nuestra necesidad en las respectivas estaciones pluviométricas detalladas según lo determinado de acuerdo a la Tabla 19 como lo mencionamos la distribución Gumbel.

Tabla 20: Precipitación Max. 24 hrs – Tiempo de retorno

Estación Pluviométr.	Periodo de retorno (años)					
	5	10	25	50	100	200
Ayaviri	44.00	50.17	57.95	63.72	69.46	75.17
Huancata	37.97	44.52	52.81	58.96	65.06	71.14
Huañec	27.70	31.68	36.70	40.42	44.12	47.81
Huaroquirí	23.91	27.75	32.61	36.21	39.79	43.35
Capilla	1.20	1.66	2.23	2.66	3.08	3.51
San Pedro	37.73	46.39	57.35	65.47	73.53	81.57
San Lázaro	51.16	63.50	79.11	90.68	102.17	113.62

Fuente: Propia

4.3.1.2.1. Diseño de las curvas de intensidad – duración – frecuencia (IDF)

En la elaboración de las curvas intensidad – duración – frecuencia se utilizaran los coeficientes de duración establecidos por el Ministerio de Transporte y Comunicación (2008).

Tabla 21: Coeficientes de duración

Horas	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
Factor de reducción	0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.56	0.64	0.79	0.90	1.0

Fuente: MTC

Estos datos ya verificados lo aplicamos a la estación pluviométrica Ayaviri para elaboración de nuestra tesis tomaremos solo los periodos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años la cual nos da la tabla siguiente:

Tabla 22: Estación Ayaviri – Precipitación Máxima

Tiempo de Duración	Coeficiente	Precipitación Max Pd (mm)					
		5	10	25	50	100	200
24	100%	44.00	50.17	57.95	63.72	69.46	75.17
18	90%	39.60	45.15	52.81	57.35	62.51	67.65
12	79%	34.76	39.63	45.78	50.34	54.87	59.38
8	64%	28.16	32.11	37.09	40.78	44.45	48.11
6	56%	24.64	28.09	32.45	35.69	38.90	42.09
5	50%	22.00	25.08	28.97	31.86	34.73	37.58
4	44%	19.36	22.07	25.50	28.04	30.56	33.07
3	38%	16.72	19.06	22.02	24.22	26.39	28.56
2	31%	13.64	15.55	17.96	19.75	21.53	23.30
1	25%	11.00	12.54	14.49	15.93	17.36	18.79

Fuente: Propia

Importante

Se realiza el análisis hidrológico de toda la cuenca del rio Mala de tal manera de obtener el caudal máximo o caudal pico, tanto las tablas utilizadas y las gráficas realizadas se ubicaran en la sección Anexos.

Inmediatamente procedemos a determinar la intensidad de lluvia de acuerdo al periodo de retorno utilizando la fórmula respectiva que se escribe a continuación.

$$I = P / T$$

Donde:

I = Intensidad (mm/hr)

P = Precipitación (mm)

T = Tiempo (hr)

Utilizando la fórmula establecida líneas arriba para el cálculo de la Intensidad (mm/hr) se procede a obtener los resultados que se aprecia en la Tabla 22 de acuerdo a los tiempos de retorno elegidos para nuestra tesis basada en los valores obtenidos de la tabla 23.

Tabla N°23: Intensidad Máxima – Estación Ayaviri

Tiempo de Duración (hr)	Intensidad de Lluvia (mm/hr)					
	5	10	25	50	100	200
24	1.833	2.090	2.41	2.66	2.89	3.13
18	2.200	2.508	2.90	3.19	3.47	3.76
12	2.896	3.302	3.82	4.20	4.57	4.95
8	3.520	4.013	4.64	5.10	5.56	6.01
6	4.106	4.681	5.41	5.95	6.48	7.02
5	4.400	5.020	5.79	6.37	6.95	7.52
4	4.840	5.517	6.37	7.01	7.64	8.27
3	5.573	6.35	7.34	8.07	8.80	9.52
2	6.820	7.775	8.98	9.88	10.77	11.05
1	11.00	12.54	14.49	15.93	17.360	18.79

Fuente: Elaboración Propia

Las Tablas y gráficos de las demás estaciones pluviométricas serán colocados en la sección de Anexos.

Adquisición y diseño de las curvas Intensidad – Duración y Frecuencia IDF

Se ha procedido como podemos observar en las tablas y graficas anteriores hallar el resultado del tiempo de duración de la tormenta, pero más aún la obtención de la ecuación de intensidad como lo realizamos al comienzo de este análisis aplicando las distintas funciones regresión lineal, potencial o polinomial para calcular las constantes que tiene dicha fórmula.

En el análisis de la estación de Ayaviri se calcula la fórmula para el cálculo de la intensidad de lluvia.

$$I = \frac{72.8127 * T^{0.15244}}{t^{0.5375}}$$

De acuerdo a Máximo Villon en su libro de Hidrología nos indica que la duración o el tiempo que demora en concentrarse (tiempo de concentración) el pico del caudal en el cauce principal es semejante e idéntico al tiempo de permanencia o duración de la tormenta, es calculado por la formula siguiente:

Método de Kirpich

$$T_c = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Donde:

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (m)

S = pendiente promedio de la cuenca (m/m)

Los respectivos datos lo tomamos de la Tabla 7

$$T_c = 0.01947 * (125388)^{0.77} * (0.041)^{-0.385} \quad T_c = 540.002$$

Con respecto a los resultados de las demás estaciones tanto con respecto a la intensidad y las curvas IDF de la cuenca serán adjuntadas en la sección correspondiente Anexos.

Inmediatamente empezamos a elaborar el Hietograma teniendo como dato las curvas de IDF, donde utilizaremos para su diseño el método de bloques alternos como se realizó la Grafica 11 con una

duración de 540 minutos como ya se había calculado con el método de Kirpich.

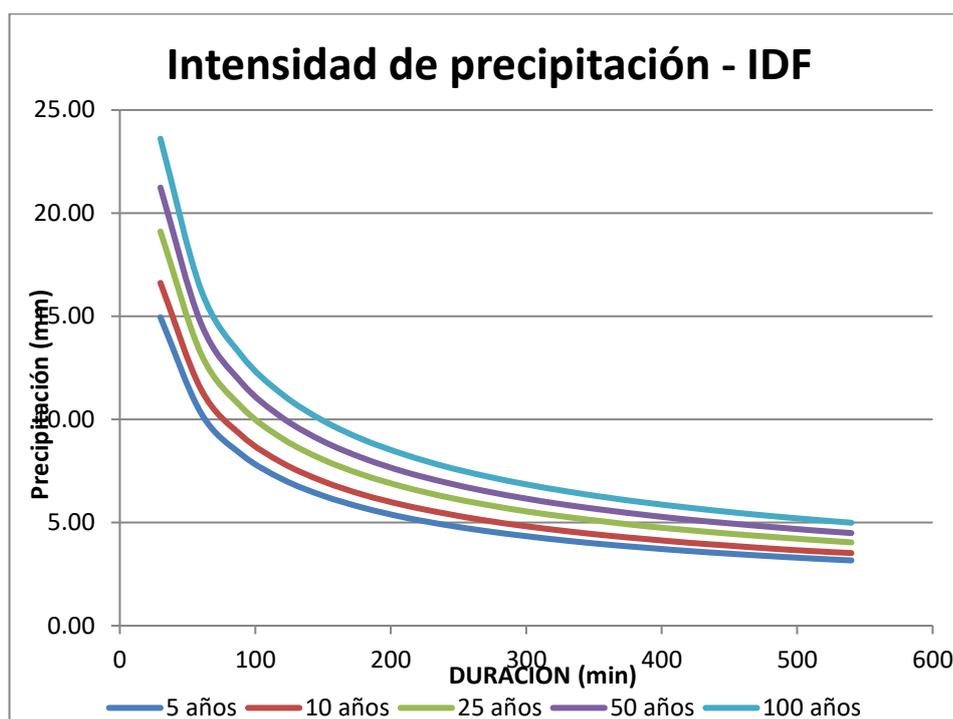
Observamos de la Tabla 24 y podemos asegurar que para una duración de tormenta de 9 horas, la respectiva intensidad de lluvia de 4.99 mm/hr y precipitación máxima en 24 hrs de 44.94 mm se elabora i diseño la Tabla 26 de intensidades de lluvia, como se observa en intervalos de 30 minutos para la estación Ayaviri para un tiempo de retorno de 100 años.

Tabla 24: Intensidad de precipitación – Duración - Frecuencia

Duración (min)	Los Periodo de Retorno (años)				
	5	10	25	50	100
30	14.95	16.62	19.11	21.24	23.61
60	10.30	11.45	13.17	14.64	16.27
90	8.29	9.21	10.59	11.77	13.08
120	7.10	7.89	9.07	10.08	11.21
150	6.30	7.00	8.05	8.94	9.94
180	5.71	6.34	7.30	8.11	9.01
210	5.25	5.84	6.72	7.46	8.30
240	4.89	5.44	6.25	6.95	7.72
270	4.59	5.10	5.87	6.52	7.25
300	4.34	4.82	5.54	6.16	6.85
330	4.12	4.58	5.27	5.85	6.51
360	3.93	4.37	5.03	5.59	6.21
390	3.77	4.19	4.81	5.35	5.95
420	3.62	4.02	4.63	5.14	5.72
450	3.49	3.88	4.46	4.96	5.51
480	3.37	3.74	4.31	4.79	5.32
510	3.26	3.62	4.17	4.63	5.15
540	3.16 3	3.52	4.04	4.49	4.99

Fuente: Elaboración Propia

Grafico 12: Curvas IDF – Cuenca Rio Mala



Fuente: Elaboración Propia

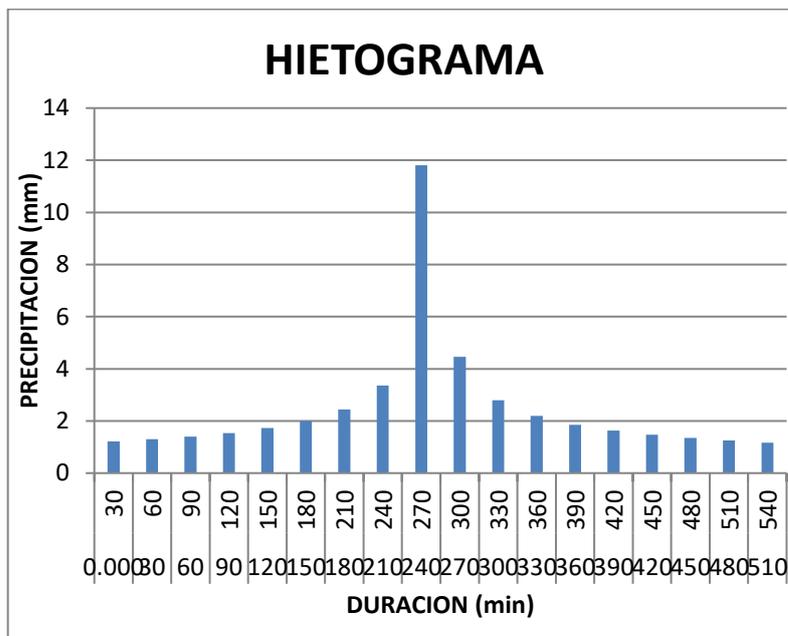
Tabla 25: Intensidad de Precipitación – Ayaviri 100 años

Hietograma – Periodo de retorno – Ayaviri 100 años						
Tiempo (min)	I (min/hr)	P acum. (mm)	P (mm)	I parcial (mm/h)	P altern. (mm)	I parcial Alter.(mm)
30	23.61	11.81	11.81	23.61	1.21	2.42
60	16.27	16.27	4.46	8.92	1.30	2.59
90	13.08	19.62	3.36	6.71	1.40	2.81
120	11.21	22.41	2.79	5.58	1.54	3.09
150	9.94	24.85	2.44	4.87	1.73	3.46
180	9.01	27.04	2.19	4.37	2.00	4.00
210	8.30	29.04	2.00	4.00	2.44	4.87
240	7.72	30.88	1.85	3.70	3.36	6.71
270	7.25	32.61	1.73	3.46	11.81	23.61
300	6.85	34.24	1.63	3.26	4.46	8.92
330	6.51	35.79	1.54	3.09	2.79	5.58
360	6.21	37.25	1.47	2.94	2.19	4.37
390	5.95	38.66	1.40	2.81	1.85	3.70
420	5.72	40.01	1.35	2.70	1.63	3.26
450	5.51	41.30	1.30	2.59	1.47	2.94
480	5.32	42.56	1.25	2.50	1.35	2.70
510	5.15	43.77	1.21	2.42	1.25	2.50
540	4.99	44.94	1.17	2.34	1.17	2.34

Fuente: Elaboración Propia

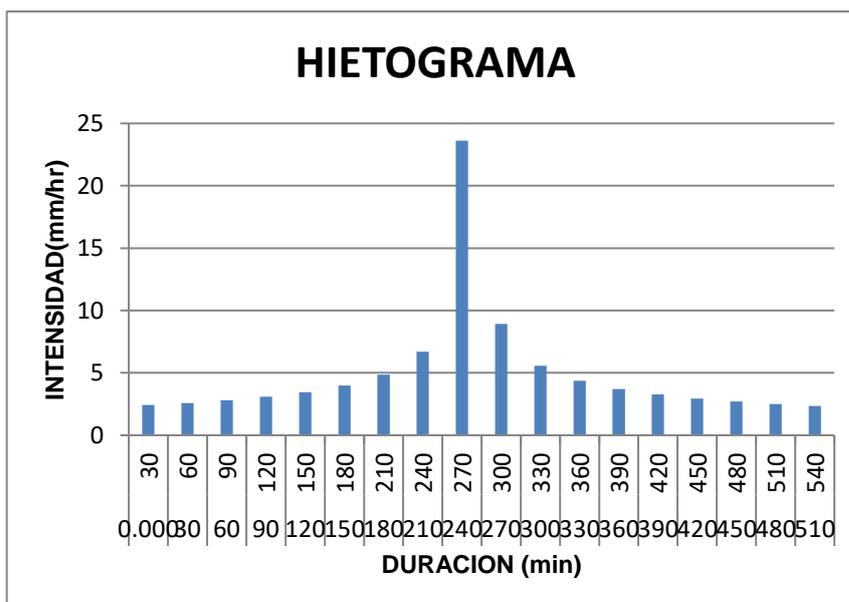
Con estos resultados de la Tabla 25 se procedió el diseño de los Hietograma de las columnas de precipitación alternada e intensidad parcial alternada y para elaborar dicha grafica se utilizara como lo manifestamos el método de bloques alternados.

Grafico 13: Hietograma de Precipitación – Ayaviri 100 años



Fuente: Elaboración Propia

Grafico 14: Hietograma de Intensidad – Ayaviri 100 años



Fuente: Elaboración Propia

4.4. Desarrollo del modelamiento en HEC - HMS

4.4.1. Determinación previa al cálculo del número de curvas CN

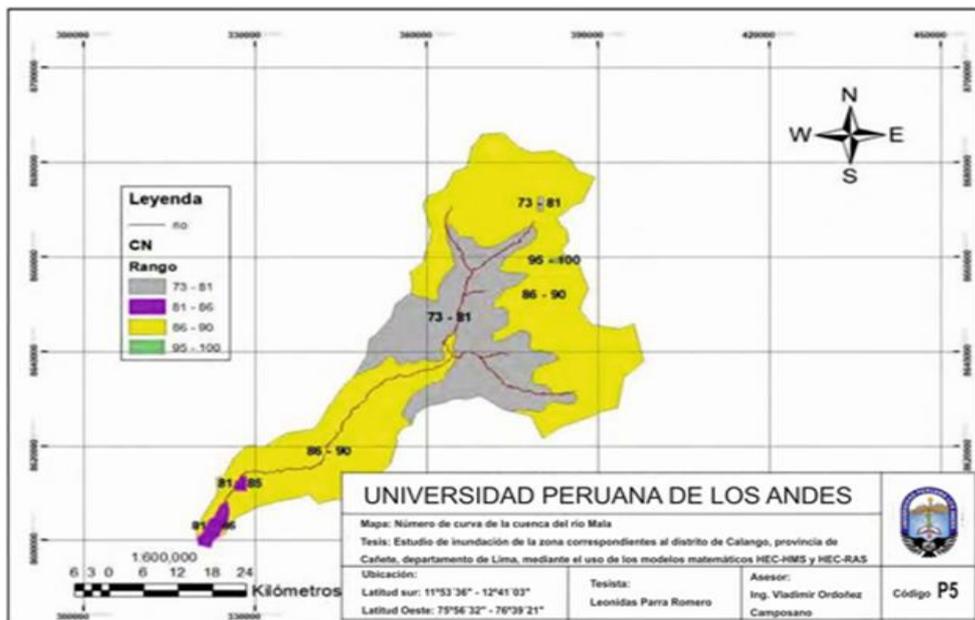
Es muy importante determinar o calcular el número de curvas que tiene la cuenca del río Mala, esta información se logró recabar en la institución estatal de la Autoridad Nacional del Agua quien posee su catálogo de metadatos.

Para lograr obtener el plano o mapa del número de curva de dicha cuenca se podrá contando con 4 datos de entrada que son los siguientes:

- Un modelo de digital de elevación.
- Utilidad y uso de suelo.
- El suelo hidrológico.
- Las Cualidades de grupos hidrológicos.

Aportando toda esta información son geo – procesadas logrando como resultado final el mapa de numero de curvas, teniendo en cuenta lo siguiente para condiciones secas (AMC I), luego para condiciones normales (AMC II) y finalmente para condiciones húmedas (AMC III) (Portuguez Maurtua – Verano Zelada,2016,pag.91).

Figura 23: Rangos de CN por zonas identificadas ANA



Fuente; Elaboración Propia

De esta manera se logró conseguir y recabar el número de curvas para esto se utilizaron los términos medios de cada rango como se aprecia en la Figura 21 e inmediatamente se efectúa el promedio ponderados de ellos.

En la siguiente Tabla 26 podemos observar el CN de las subcuencas de análisis, también se aprecia sus áreas que le corresponde a cada una de ellas.

Tabla 26: CN – Subcuencas del Rio Mala

Cuenca	Subcuenca	Area (km ²)	CN
Rio Mala	Rio Alto Mala	301.57	89
	Rio Acacache	244.11	88
	Medio Alto Mala	63.32	85
	Rio Tantara	149.45	88
	Medio Bajo Mala	202.44	84
	San Juaquin de Cochas	35.42	81
	Yauyos	231.18	87
	Rio Bajo Mala	805.24	86
	Rio Quinches	302.35	86

Fuente: Elaboración Propia

4.4.2. Determinación de la abstracción inicial (Ia)

Se recurre a la ecuación que describe máximo Villon (Villon, 2016, pág. 46) para calcular la abstracción inicial.

$$Ia = 5080 / CN - 50.8 \text{ (mm)}$$

Tabla 27: Abstracción inicial - Subcuencas

ID	Subcuenca	Ia
1	Rio Alto Mala	6.28
2	Rio Acacache	6.93
3	Medio Alto Mala	8.96
4	Rio Tantara	6.93
5	Medio bajo Mala	9.68
6	San Juaquin Cochas	11.92
7	Yauyos	7.59

8	Rio bajo Mala	8.27
9	Rio Quinches	8.27

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo información, datos de todas las características fisiográficas de cada subcuenca como son: Area, longitud de cauce y pendiente del cauce se determinó y calculo el tiempo de concentración de cada subcuenca.

4.4.3. El cálculo del tiempo de concentración

Para determinar el tiempo de concentración de las subcuencas se utilizara para la presente investigación las formulas o metodologías de Kirpich, California y Temez esta decisión se tomó por las propiedades y características que se aprecia en la cuenca de investigación como una cuenca rural y sobre todo el grado de urbanización de dicho valle es menor del 4% de toda el área de la cuenca.

Fórmula de Kirpich

$$T_c = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Donde:

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m

S = pendiente promedio de la cuenca, m/m

$$T_c = 0.0195 (L^3 / H)^{0.385}$$

Dónde: L = Longitud del curso de agua más largo, m.

H = diferencia de nivel entre la divisorio de aguas y salida, m.

Fórmula de Temez

$$T_c = 0.3 (L / S^{0.25})^{0.76}$$

Tc = tiempo de concentración en horas

L = longitud del cauce principal en km

S = diferencia de cotas sobre L en porcentaje

Fórmula California Culverts Practice

$$T_c = 0.0195 (L^3 / H)^{0.385}$$

Dónde: L = Longitud del curso de agua más largo, m.

H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y salida, m.

Tabla 28: Tiempo de Concentración - Subcuencas

Sub cuenca	Area (km ²)	Long. de Cauce (km)	S(m/m)	Kirpich (min)	Temez (min)	California (min)
Rio alto Mala	301.57	17.37	0.077	96.25	104.4	96.00
Rio Acacache	244.11	17.73	0.071	100.88	107.4	100.34
Medio alto Mala	63.32	6.44	0.058	49.98	52.20	49.73
Rio Tantara	149.45	4.68	0.148	27.29	34.20	27.12
Medio bajo Mala	202.44	16.43	0.043	115.92	112.2	114.78
San Juakin	35.42	6.45	0.068	47.11	51.00	46.83
Yauyos	231.18	6.08	0.086	41.13	46.20	40.88
Rio bajo Mala	805.24	82	0.019	548.32	436.2	542.02
Rio Quinches	302.35	23.17	0.072	124.31	130.8	122.64

Fuente: Elaboración Propia

4.4.4. Determinación del tiempo de retardo (Lag time)

Ahora debemos cambiar y modificar la precipitación neta a escorrentía directa, se decidió por el método del SCS este procedimiento nos proporciona y señala el tiempo de retardo para lo cual se utiliza la siguiente formula.

$$\text{Lag time} = 0.6 * T_c$$

Tabla 29: Tiempo de retardo de las subcuencas

Subcuenca	Tc promedio	Lag time
Rio alto Mala	101.68	61.008
Rio Acacache	105.23	63.138
Medio alto Mala	51.46	30.876
Rio Tantara	31.90	19.14

Medio bajo Mala	113.44	68.064
San Juaquin	49.70	29.82
Yauyos	44.51	26.706
Rio bajo Mala	473.57	284.142
Rio Quinches	128.64	77.184

Fuente: Elaboración Propia

Importante

Podemos observar en la tabla 30 los caudales ejecutados para los diferentes periodos de retorno que han sido adecuados a la distribución de probabilidades de Gumbel esto ha sido recabado de la Evaluación de los recursos hidrológicos de la cuenca del rio Mala por medio del ente estatal como es el Ministerio de agricultura.

Tabla 30: Caudales de retornos

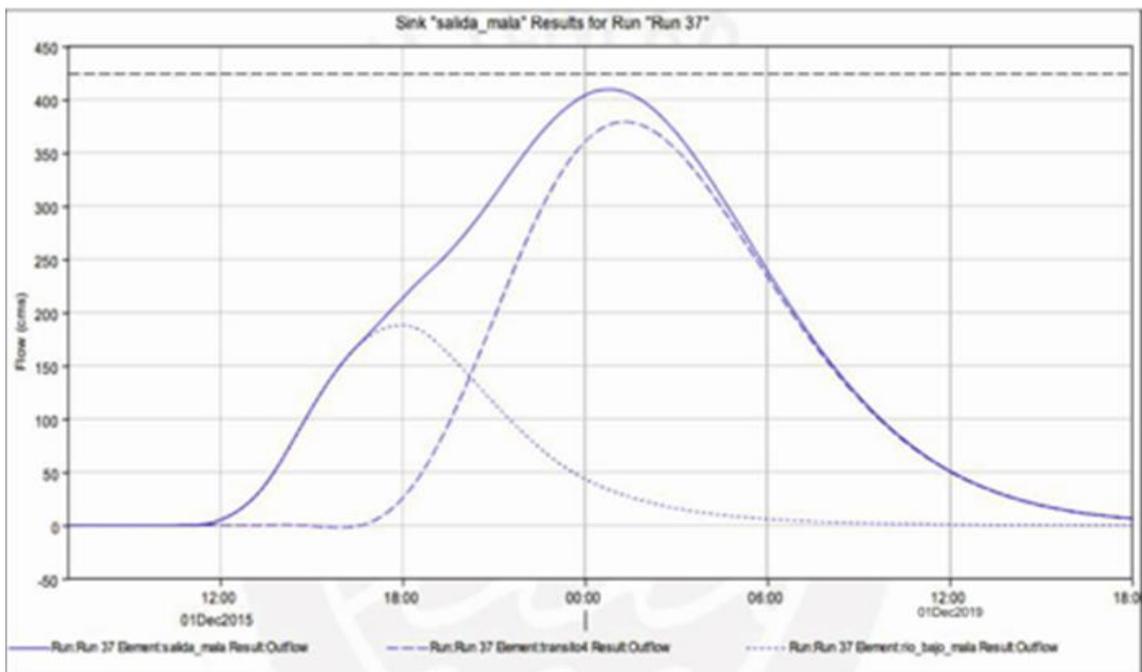
Número	Tiempo de retorno	Distrib. Gumbel (m ³ /s)
1	2	148.8
2	5	222.5
3	25	333.0
4	50	378.7
5	100	424.1

Fuente: Ministerio de agricultura - 2007

4.4.5. Realización de la Modelación hidrológica – Resultados

Después de efectuar de acuerdo a la información presentada al software HEC – HMS es decir el modelamiento hidrológico, nos arrojó como respuesta un caudal de diseño de 409.5 m³/s para un periodo de retorno de 100 años. Como se desea una mayor fiabilidad y credibilidad de un adecuado análisis a este resultado del caudal obtenido se le comprobó y verifico un estudio de calibración a los resultados obtenidos en la tabla 30

Grafico 15: Hidrograma de caudal – 100 años



Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en el Grafico 15 del Hidrograma del caudal nos reporta un caudal de diseño de 405.9 m³/s. Ahora podemos notar que en la Tabla 31 nos reporta para un caudal de retorno para 100 años nos da un caudal de 424.1 m³ /s. Entonces se comprobara estos 2 resultados con una calibración y para esto se utilizara la formula siguiente:

$$Z = \frac{100 |Q_s - Q_o|}{Q_o}$$

Qs = Caudal Simulado

Qo = Caudal observado

$$Z = \frac{100 |405.9 - 424.1|}{424.1}$$

$$Z = 3.44\%$$

Según la definición y concepto de la aplicación del HEC – HSM el valor de Z debe ser menor que el 5% de no ser así se tendría que realizar otra iteración.

Por consiguiente nuestro resultado obtenido está dentro el margen establecido y será nuestro caudal de diseño.

4.5. Características hidráulicas del río Mala para la defensa ribereña

4.5.1. Ancho del cauce del río Mala

Para realizar al cálculo del ancho o sección estable podemos trabajar con el dato ya calculado como es el caudal pico que corresponde a 405.9 m³/s, utilizaremos las siguientes formulas:

Método de Petits

$$B = 4.44 \times Q^{0.5}$$

B = ancho estable (m)
(m³/s)

Q = Caudal de diseño

$$B = 4.44 \times (405.9)^{0.5}$$

$$B = 89,45 \text{ m}$$

Método de Simons y Herdenson

Este método está fundado en la teoría de régimen estable y sobre todo está en función del caudal de diseño.

$$B = K_1 \times Q^{0.5}$$

K₁ = condiciones de fondo de río K₁ = Fondo y orillas del cauce de grava K₁ = 2.9

$$B = 2.9 \times (405.9)^{0.5}$$

$$B = 58.42 \text{ m}$$

Importante

Los valores obtenidos del ancho mínimo de 58.42 m y el máximo de 89.45 m aplicando los métodos mencionadas está muy próximo al estado actual del fondo del lecho del río.

4.5.2. Determinación del tirante del río Mala

Se calculara el tirante del río utiliza la fórmula de Strickler.

$$Y = Q / K_s \times B \times S^{0.5}$$

B = ancho de base S = pendiente del río K_s = coeficiente de rugosidad del lecho

K_s = 25 según Strickler corresponde a ríos de arreo un poco irregular

$$Y = 405.9 / 25 \times (58.42)^{0.033^{0.5}} \quad Y = 1.52 \text{ m}$$

4.5.3. El resultado del borde libre (BL)

$$BL = \phi (v^2/2g)$$

ϕ = Coeficiente de fricción de la máxima carga (Para $Q = 405.9 \text{ m}^3/\text{s}$, $\phi = 1.1$)

$$BL = 1.1(3.181^2/2 \times 9.81) \quad BL = 0.567\text{m}$$

4.5.4. La altura de encauzamiento (retorno de 100años)

$$H = Y + BL \quad H = 1.52 + 0.567 \quad H = 2.094\text{m}$$

Se podrá asumir como el máximo nivel de agua será tazado asumido para un periodo de retorno de 100 años. Evaluaremos la socavación también para un periodo de retorno de 100 años.

4.5.5. El análisis de la socavación

El volumen de transporte de sedimentos

El volumen de transporte de sedimentos es de enorme acarreo de piedras con diámetro medio de 4mm del material del lecho y posee una pendiente medida y produce colmatación en la zona de investigación.

El debilitamiento o socavación potencial

Dentro la investigación se realizó un estudio minucioso de la socavación potencial Total en el tramo proyectado del diseño de la defensa riverena, se efectuó de acuerdo a la granulometría del cauce. En la determinación de la profundidad de socavación potencial no se ha considerado la interacción flujo – estructura.

Profundidad de la socavación

$$H_s = T_s - T \quad a = Q / T^{5/3} \text{ bo}$$

Donde:

T_s = profundidad que se relaciona a la profundidad que se desea evaluar la velocidad erosiva.

T = Tirante normal

Q = Caudal de diseño

bo = Sección estable

$$a = 405.9 / 1.52^{5/3} = 58.42 \quad \mathbf{a = 3.45m}$$

$$\mathbf{T_s = (a \cdot T^{5/3}) / (0.60 \cdot D_m^{0.28} \cdot B)^{1/(x+1)}}$$

Dm = Diámetro medio (Dm = 1.4mm)

B = Coeficiente que depende de la frecuencia de la avenida (B = 0.94 para una probabilidad del 5%)

X = 0.43 para suelos no cohesivos de D = 5mm según Picandex Kreimer

$$T_s = (3.45 \cdot 1.52^{5/3}) / (0.60 \cdot 1.4^{0.28} \cdot 0.94)^{1/(0.43+1)}$$

$$T_s = 2.96m$$

$$H_s = 2.96 - 1.52 \quad \mathbf{H_s = 1.44m}$$

4.5.6. El número y tipo de Gaviones

En la presente defensa ribereña se utilizará los Gaviones tipo caja que tienen las siguientes dimensiones de 5x1x1m para los 50m de defensa utilizaremos 50 gaviones como se observa en los planos.

CAPITULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

5.1. Respecto a la hipótesis 1: Los caudales máximos para los diferentes periodos de retornos en el rio Mala es la mejor propuesta de éxito en el diseño de la defensa ribereña.

En todo diseño de defensa ribereña es necesario calcular los caudales máximos y en función de ello asumir el caudal pico, a partir de ello se elabora el diseño de la mejor defensa ribereña en el sector Cruz Blanca del distrito de Mala de tal manera que beneficie a los pobladores de la zona.

Se estableció y calculo a través de las formulas establecidas y muy necesario la utilización del software HEC - HMS los caudales de retorno para los periodos de 2, 5, 25, 50 y 100 años nos reportó los siguientes caudales de 148.8, 222.5, 333.0, 378.7, y 424.1 m³/s respectivamente. De esta forma se asumió que el caudal pico o máximo a trabajar y de diseño es 424.1 m³/s, con dicho dato se comenzó a elaborar y diseñar los 50m de defensa ribereña de tal manera de evitar futuros desbordes y no perjudicar a los pobladores de la zona tanto en el aspecto de salud, salvar vida, perjuicio económico e inundación de cosechas.

* El **bachiller** Apaza Seje, Marco de la Universidad Andina sustento su tesis en el 2018 MODELAMIENTO HIDROLOGICO DEL RIO AZÁNGARO TRAMO PUENTE AZÁNGARO – PUENTE YARAJA CON APLICACIÓN DE LOS PROGRAMAS ArcGIS y Hec Ras, CON FINES DE DEFENSA”.

Concluyo que:

- En el modelamiento hidrológico, se logró antecedentes, para periodos de 2 años el caudal de 200.85 m³/s, para periodos de 5 años el caudal de 280.09 m³/s, para periodos de 10 años el caudal de 332.25 m³/s, para periodos de 25 años el caudal de 398.8 m³/s, para periodos de 50 años el caudal de 448.01 m³/s, para periodos de 100 años el caudal de 496.82 m³/s.
- Se concluyó el análisis con los mecanismos realizando de las cotas de las protecciones existente se estableció que la elevación necesario para evitar inundaciones es de 1.50m entre las progresivas 0+225 km a la

0+575 km de la margen izquierdo, además en el margen derecho entre las progresivas 1+754 km a la 2+125 km, es necesaria la defensa ribereña en dicho tramo.

* El Ingeniero Bianchi Federico de la Universidad Nacional de la Plata sustento su tesis de **Magister** en el 2019. "IMPLEMENTACION DE UN PROCEDIMIENTO DE PRONOSTICO HIDROLOGICO PARA EL ALERTA DE INUNDACIONES UTILIZANDO DATOS DE SENSORES REMOTOS". Concluyo que:

- La modelación hidrológica agregada a paso diario utilizando modelos Parsimoniosos existentes constituye una herramienta adecuada para la anticipación de crecidas ribereñas en curso de agua de llanuras con Areas de aportes extensas.
- La seguridad de pronosticar los caudales máximos de venida con tiempo y diseñar la mejor defensa ribereña que proteja a los ciudadano Ciudadanos de una determinada población.

5.2. Respecto a la hipótesis 2: Si al determinar las propiedades geotécnicas del suelo mejoraría significativamente en el sector Cruz Blanca del rio Mala.

Luego de realizar el análisis del estudio geotécnico del subsuelo cerca de la ribera del rio Mala en los 50m ha sido muy importante realizar 2 calicatas la cual nos reportó las diferentes estructuras del subsuelo, se logró comprobar que en cierto tramo a 4 a 5m de la ribera existe gran humedad en la estructura del subsuelo, mucho arenisca y deposición de cantos rodados cuyo tamaño oscila entre 4 a 8cm lo cual nos indica que en dicho lugar el rio hace muchos años tuvo su ribera.

* El sustentante Flores Herrera Cristhian Xavier de la Universidad Central de Ecuador, sustento su tesis en el 2018, BASE PARA EL DISEÑO DE ENCAUZAMIENTO DE MARGENES ESTABLES Y DE MARGENES CON PROTECCION DE ENROCADO O PEDRAPLEN". Concluyo que:

- La pendiente del cauce es la variable más importante dentro de la determinación o diseño de un cauce estable ya que esta al adoptar el

valor adecuado puede volver un cauce inestable en uno estable sin necesidad de cambiar la configuración de las otras variables.

- El encauzamiento en ríos de montaña no es igual al que se realiza en ríos de llanura, ya que en estos últimos su morfología es menos estable provocando el transporte de sedimentos.

* El bachiller Carrasco Cruz Amílcar de la Universidad Científica del Perú, sustentó su tesis en el 2019, “PROPUESTA DE DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA EN LA MARGEN IZQUIERDA DEL RIO PLANTANOYACU, C.P. PACAYZAPA, DISTRITO DE ALONSO DE ALVARADO – PROVINCIA DE LAMAS – SAN MARTIN”. El autor tiene como objetivo principal”. Concluyo que:

- Se realizó los estudios de suelos, de los cuales hemos considerados dos calicatas, la primera hasta una distancia de 0+250 km y la hasta 0+500 km de las cuales cada calicata han presentado 3 capas. El tipo de suelo de calicatas es de arena limosa con presencia de grava.

5.3. Respecto a la hipótesis 3: La utilización de gaviones tipo caja como defensa ribereña mejoraría significativamente la propuesta minimizando las inundaciones.

Es muy importante determinar el tipo de defensa ribereña a diseñar, además de acuerdo al análisis de la geotécnica del subsuelo como son las calicatas realizadas y al reporte obtenido de los caudales a distintos periodos de retorno nos sugieren y recomienda diseñar la defensa ribereña en el río Mala sector Cruz Blanca utilizando gaviones.

* El sustentante Flores Herrera Cristhian Xavier de la Universidad Central de Ecuador, sustentó su tesis en el 2018, “BASES PARA EL DISEÑO DE ENCAUZAMIENTO DE MARGENES ESTABLES Y DE MARGENES CON PROTECCION DE ENROCADO O PARAPLEN”. Concluyo que:

- Los muros de gaviones son estructuras flexibles, por lo que no deben ser recubiertas por hormigón, ya que pierden esta propiedad y se vuelven rígidos.

* El **bachiller** Carrasco Cruz Amílcar de la Universidad Científica del Perú, sustentó su tesis en el 2019, “PROPUESTA DE DISEÑO DE DEFENSA RIBEREÑA EN LA MARGEN IZQUIERDA DEL RIO PLANTANOYACU, C.P. PACAYZAPA, DISTRITO DE ALONSO DE ALVARADO – PROVINCIA DE LAMAS – SAN MARTÍN”. El autor tiene como objetivo principal”. Concluyo que:

- Después de realizar y analizar los resultados en la margen izquierda del río Plantanoyacu se ha considerado para el muro de encauzamiento con gavión tipo caja con una altura de 4m por 4m de base, debido que la altura total (2.51m) calculado matemáticamente se ubica por debajo del hombro de la ribera.

CONCLUSIONES

1. Se calculó y estableció con el modelamiento hidrológico que el caudal de diseño es de $424.1 \text{ m}^3/\text{s}$, esto se determinó conforme a los datos de las estaciones pluviométricas ubicadas en toda la cuenca del río Mala dicha información fue recolectada por datos de la Autoridad Nacional del Agua además contando con el software HEC – HMS tomando el caudal pico para un periodo de retorno de 100 años.
2. Se determinó con el estudio de la geotecnia de la ribera mediante dos calicatas que el suelo son componentes de depósitos aluviales en la presente investigación de arenisca, bolonería, cantos rodados y gravas, el caudal pico calculado para un periodo de retorno 100 años las siguientes características hidráulica, ancho de base del cauce del río de 58.42 m, un tirante de 1.14 m, una altura de encausamiento de y una profundidad de socavación de $H_s = 1.44\text{m}$.
3. Se estableció de acuerdo al estudio de la geotécnica de la ribera y del caudal pico calculado del río Mala que el mejor diseño de defensa ribereña es la utilización de los gaviones tipo caja para una distancia de 50 m. debido a que se considera más viable y adecuado para este tipo de lugares, por su cercanía en la obtención de los materiales para este tipo de estructuras.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que para el planteamiento de un diseño de cualquier defensa ribereña se debe recoger los datos verídicos, seguros y además comprobarlo con los cálculos y trabajo de campo, sobretodo realizar las comparaciones de toda la data recolectada.
2. Se aconseja utilizar a los futuros tesisistas el software HEC – HMS, es decir el modelamiento hidrológico en aquellas zonas donde no se tiene estaciones que reporten el caudal de los ríos en estudio, sino solo estaciones pluviométricas para determinar el caudal máximo o caudal pico.
3. Se recomienda un mantenimiento constante en todo proyecto de defensa ribereña, si no se procede a este mantenimiento de la estructura no se obtendrá la duración esperada.

4. Referencias Bibliográficas

1. ARMCO: "Gaviones con Mallas de Simple Torsión", (1997) Lima-Perú.
2. ACROTA Gutiérrez Julio Cesar de la Universidad del Altiplano de Puno, 2016, Evaluación del Terreno de fundación de los diques y geo materiales de la defensa ribereña de los márgenes izquierda y derecha del rio Ramis en las comunidades: Collana, Patascachi y aledaños de la provincia de Huancané. Región Puno.
3. ALCAZAR Mamani Franz de la Universidad privada de Tacna, 2017, Diseño de defensa ribereña en el rio Callazas tramo critico (km 0+000.00-2+500.00) en el CT Aricota, Provincia de Candarave – Tacna.
4. BARBOZA Cabrera, Segundo (2008): Informe de Ingeniería "Defensa Ribereña y Encauzamiento del río Chaman-Sector Huacablanca". Carretera Panamericana Tramo II.
5. CARDENAS Ospina, Oscar Eduardo de la Universidad del Valle Colombia 2012. Estudio y diseños de las obras de protección de orillas en la margen izquierda del rio Cauca del sector candelaria en el distrito de Riego Roldanillo – La Unión.
6. CISNEROS Chicoma A. Y Prado Ribera, L (2008): Tesis: "Estudio De Encauzamiento y Diseño De Defensas Ribereñas En El Río Reque".
7. CUEVA Moscol Elvis y PANTA Montesa José (2006): Tesis: "Estudio Definitivo de Encauzamiento y Diseño de Defensas Ribereñas en el río Motupe - Sector Pueblo Joven el Salvador.
8. FARROÑAY Sánchez, Pedro Antonio de la USMP 2017 Propuesta de diseño de muros mixtos de gaviones y de mampostería de piedra para la defensa ribereña del rio Rímac en los kilómetros 34 – 35 Lurigancho – Chosica.
9. FLORES Herrera Cristhian Xavier de la Universidad Central de Ecuador, sustento su tesis en el 2013, Bases para el diseño de encauzamientos de

márgenes estables y de márgenes con protección de enrocado o pedraplén.

10. JUAREZ Badillo, Rico Rodríguez: "Mecánica de Suelos"; Tomo 1,
11. MACCAFERRI: "Aplicaciones de los Gaviones", (1998) Lima-Perú.
12. PIÑAR, Rafael. Proyecto de construcción de un muro de gaviones de 960 m3. Tesis (Ingeniería en construcción). Costa Rica: Escuela de Ingeniería en Construcción, 2008, 46 pp.
13. REYES Salazar, Jorge (2008). Curso: "Diseño de Obras Hidráulicas Menores". Colegio de Ingenieros del Perú.
14. SHUDER Wolfgang. Regulación y Control de Ríos, Universidad de Piura, Perú, 1994.
15. TERÁN Rubén. Diseño y Construcción de Defensa Ribereña, Lima – Perú, julio de 1999.

Bibliografía Electrónica

[https://www.abianchini.es/es/gaviones.](https://www.abianchini.es/es/gaviones)

[https://www.maccaferri.com.](https://www.maccaferri.com)

www.biblioteca.udel.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_76_183_41

www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/156/1/T-UCE-0011-5.pdf

ANEXOS

ANEXO 1
MATRIZ DE CONSISTENCIA
MATRIZ DE OPERACIONACION DE LA VARIABLE

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	METODOLOGIA
<p><u>PROBLEMA GENERAL</u> ¿Cómo influye en el diseño de la defensa ribereña el modelamiento hidrológico en el río Mala en el sector Cruz Blanca, Cañete?</p>	<p><u>OBJETIVO GENERAL</u> Evaluar cómo influye en el diseño de la defensa ribereña el modelamiento hidrológico del río Mala en el sector Cruz Blanca, Cañete.</p>	<p><u>HIPOTESIS GENERAL</u> La utilización del modelamiento hidrológico del río Mala en el sector Cruz Blanca, Cañete influye y mejora con éxito el diseño de la defensa ribereña.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENT El modelamiento hidráulico</p>	<p>*m², a dimensional, etc. *m³/s, lt/s *m.s.n.m. , %</p>	<p>*Los parámetros de la caracterización de la cuenca. *Caudal de diseño. * Topografía</p>	<p>METODOLOGIA DE INVESTIGACION Este trabajo de investigación empleará el conocido método específico y analítico. TIPO DE INVESTIGACION tipo aplicativa tecnológica NIVEL DE INVESTIGACION Utilizaremos un Nivel Descriptivo – Explicativo. DISEÑO DE INVESTIGACION Investigación utilizará un diseño no experimental POBLACION El trabajo de estudio es netamente descriptivo – explicativo su conjunto, totalidad o población estar compuesta por los diversos tipos y modelos de defensa ribereñas que se haya realizado en el departamento de Lima. MUESTRA El trabajo de investigación se encuentra ubicado en el sector Cruz Blanca, distrito de mala – provincia de Cañete sobre el estudio de modelamiento hidráulico en el diseño de defensa ribereña en el río Mala</p>
<p><u>PROBLEMAS ESPECIFICOS</u></p> <p>a. ¿Cuál es el caudal máximo en los diferentes periodos de retorno a considerar en el río Mala Sector Cruz Blanca, Cañete?</p> <p>b. ¿Cuáles son las propiedades geotécnicas del suelo en la ribera del río Mala sector Cruz Blanca, Cañete.</p> <p>c. ¿Qué tipo de defensa ribereña es el más factible en el sector Cruz Blanca para minimizar la fragilidad ante las inundaciones?</p>	<p><u>OBJETIVOS ESPECIFICOS</u></p> <p>a. Determinar el caudal máximo del río Mala en los diferentes periodos de retorno en el sector Cruz Blanca, Cañete.</p> <p>b. Evaluar las propiedades geotécnicas del suelo en la ribera del río Mala Sector Cruz Blanca, Cañete.</p> <p>c. Determinar el tipo de defensa ribereña más factible en el sector Cruz Blanca que minimice la fragilidad ante las inundaciones</p>	<p><u>HIPOTESIS ESPECIFICAS</u></p> <p>a. El caudal máximo calculado para los diferentes periodos de retornos en el río Mala es la mejor propuesta de éxito en el diseño de la defensa ribereña.</p> <p>b. La evaluación de las propiedades geotécnicas del suelo en la ribera del río Mala mejoran con éxito el diseño de la defensa ribereña.</p> <p>c. La utilización de gaviones tipo caja como defensa ribereña mejora significativamente la propuesta minimizando las inundaciones.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE Defensa ribereña.</p>	<p>*Lt/s. m³ /s *% que pasa por tamiz N°50 y tamiz N° 200. *Rectangulares, caja. Colchón</p>	<p>*Conocimiento de los Caudales en los distintos periodo de retorno *Clasificación SUCS del suelo. *Tipo de gaviones.</p>	

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE LA VARIABLE

Tipo de Variable	Nombre de la Variable	Indicador	Dimensiones
Variable Independiente	Modelamiento Hidráulico	*Los parámetros de la caracterización de la cuenca. *Caudal de diseño. * Topografía.	*m ² , adimensional, etc. *m ³ /s, lt/s *m.s.n.m. , %
Variable Dependiente	Defensa Ribereña	*Conocimiento de caudales para distintos periodos *Clasificación SUCS del suelo. * Tipo de gaviones.	* m ³ /s % que pasa por tamiz N°4 y tamiz N° 200. *Rectangulares, Caja, Colchón

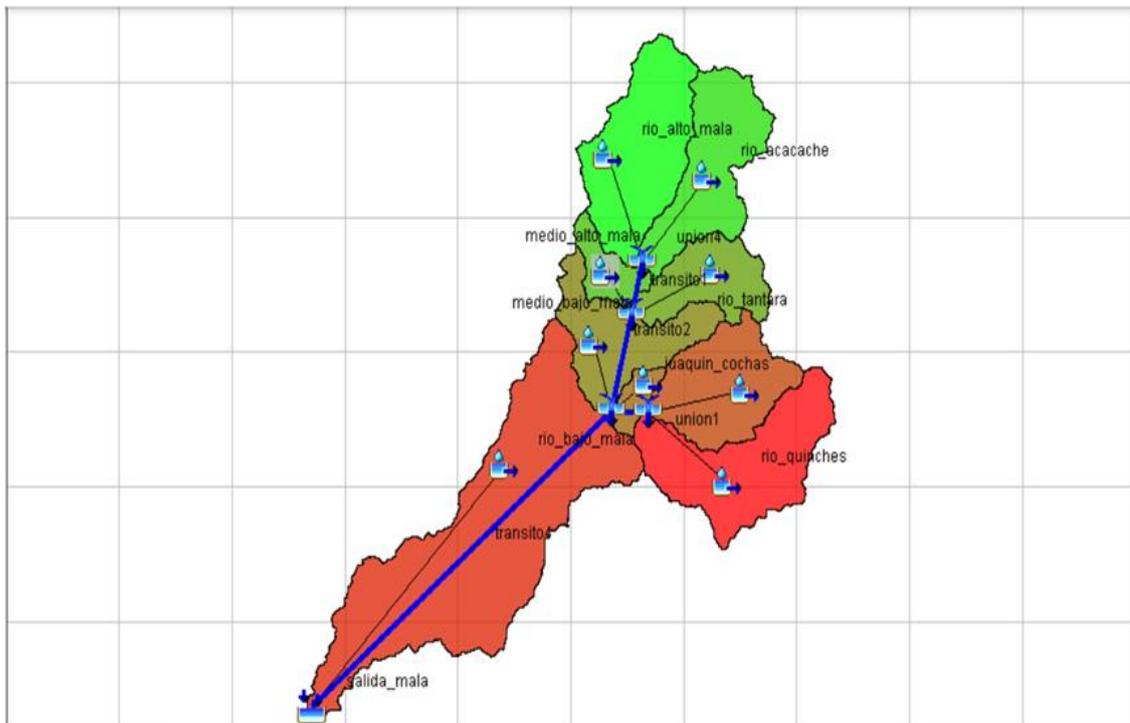
ANEXO 2
MODELAMIENTO HIDROLOGICO – CUENCA DEL RIO MALA

INTRODUCCION

En la actual tesis de investigación se formaron y ubicaron los 9 componentes a las subcuencas, de ellas 4 componentes de unión de cauces, 4 componentes de tránsito de avenida y un componente de aforo.

Exposición de los componentes de la cuenca

De la figura adjunta se aprecia que la subcuenca Acacache y la subcuenca río Alto mala se unen o juntan en la **Unión 1**, seguidamente la subcuenca medio Alto Mala, Tantara y el tránsito 1 se juntan en la **Unión 3**, siguiendo con la secuencia la subcuenca Bajo Mala, Joaquín Cochás, tránsito 2 y tránsito 3 se juntan en la **Unión 2**.



Entrada de información al Modelo de la Cuenca

Comenzamos como primera fase introduciendo la información respectiva de cada una de las subcuencas necesarios como: El área, número de curvas (CN), la abstracción Inicial (Ia), impermeabilidad y tiempo de retardo (Lag time), además el método para transformar la precipitación neta a escorrentía directa (transform method).

Podemos observar la manera con se introdujo la información en las figuras adjunta se muestra para la subcuenca del río Quinches.

Subbasin Loss Transform Options

Basin Name: mala
 Element Name: rio_quinches
 Description: subcuenca 1
 Downstream: union1
 *Area (KM2): 302.35
 Latitude Degrees:
 Latitude Minutes:
 Latitude Seconds:
 Longitude Degrees:
 Longitude Minutes:
 Longitude Seconds:
 Canopy Method: --None--
 Surface Method: --None--
 Loss Method: SCS Curve Number
 Transform Method: SCS Unit Hydrograph
 Baseflow Method: --None--

Subbasin Loss Transform Options

Basin Name: mala
 Element Name: rio_quinches
 Initial Abstraction (MM): 9.60
 *Curve Number: 84.11
 *Impervious (%): 0

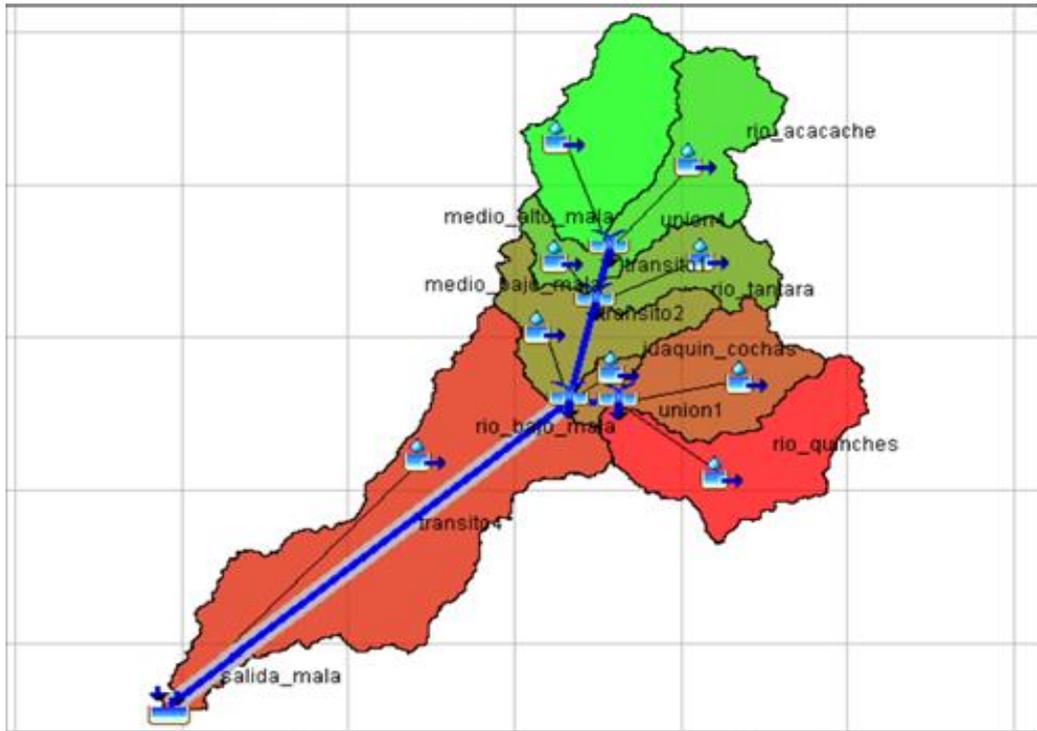
Subbasin Loss Transform Options

Basin Name: mala
 Element Name: rio_quinches
 Graph Type: Standard (PRF 484)
 *Lag Time (MIN): 77.18

En la fase segunda siguiente se incorporó o introdujo la información para lograr efectuar el tránsito de avenidas, debemos mencionar que en la actual tesis de investigación se concluyó en utilizar el método de Muskingum debido a su facilidad y simplicidad, además de su publicidad y divulgación en las investigaciones hidrológicas.

El estudio hidrológico de la actual investigación de tesis no tiene información de hidrogramas de entrada y salida. Por consiguiente los valores de los parámetros K y X se lograron y consiguieron en forma empírica de acuerdo (Máximo Villon, 2016, pág.67). Se obtuvieron como resultado $K=10.88$ y $X=0.20$.

Si observamos la figura que continua dicha cuenca de estudio tiene a través de su cauce principal cuatro tránsitos de avenidas, se puede observar en dicha figura la información ingresada para el tramo 4 (transito 4).



Reach Routing Options

Basin Name: mala
Element Name: transito4

Description:

Downstream: salida_mala

Routing Method: Muskingum

Loss/Gain Method: --None--

Reach Routing Options

Basin Name: mala
Element Name: transito4

*Muskingum K (HR): 10.88

*Muskingum X: 0.20

Subreaches: 5

Como tercer paso o etapa se empezó a introducir la información de la precipitación de todas las estaciones pluviométricas. Podemos visualizar en la figura siguiente muestra la información de la precipitación ingresados en la estación Ayaviri

Time-Series Gage

Gage Name: ayaviri

Description: estacion ayaviri

Data Source: Manual Entry

Units: Incremental Millimeters

Time Interval: 30 Minutes

Time-Series Gage Time Window Table Graph

Gage Name: ayaviri

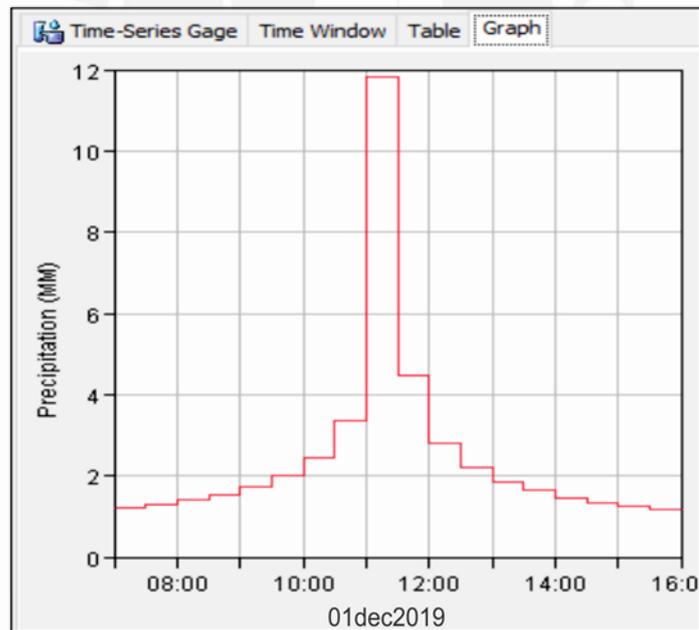
*Start Date (ddMMYYYY): 01dic2019

*Start Time (HH:mm): 07:00

*End Date (ddMMYYYY): 01dic2019

*End Time (HH:mm): 16:00

En la siguiente figura se observa el Hietograma introducida en el HEC – HMS obtenida en la estación Ayaviri para 100 años.



Similarmente realizamos lo mismo en cada una de las estaciones ubicadas en la cuenca del rio Mala.

Finalmente seguimos la cuarta fase, realizamos el modelo meteorológico agrupando y reuniendo todos los registros de las estaciones pluviométricas con la respectiva subcuenca. Observamos en la siguiente figura las atenciones para modelo meteorológico de la subcuenca medio bajo Mala. Apreciamos también las estaciones que repercuten en la subcuenca mencionada son como se aprecia las subcuencas Huañec, Huancata, Huarochirí y lázaro.

Components		
Compute		
Results		
Selections		
Weights		
Element Name: medio_bajo_mala		
Gage Name	Use Gage	
ayaviri	No	
capilla	No	
huancata	Yes	
huanec	Yes	
huarochiri	Yes	
lazaro	Yes	
pedro	No	▼

ANEXO 3

PRECIPITACION MAXIMAS EN 24 HORAS - Estaciones

Estación Ayaviri – Registro histórico PM 24

Año	Ene	Febr	Mar	Abri	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1996	27.8	26.4	22.7	21.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.7	5.1	0.0	6.7
1997	19.5	28.7	18.9	1.0	0.3	0.0	0.0	2.5	2.6	0.0	10.4	52.2
1998	36.0	29.5	36.6	14.1	0.9	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.2	23.1
1999	15.9	26.1	21.5	16.0	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	22.3	2.6	17.11
2000	22.5	40.0	29.2	12.2	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	2.8	35.1
2001	25.7	18.4	27.1	10.5	0.8	0.0	0.0	0.0	3.1	3.5	17.6	0.7
2002	16.8	19.8	32.4	14.5	3.8	0.0	0.0	0.0	14.7	9.3	7.2	17.4
2003	13.1	20.6	19.3	2.9	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	5.4	18.3
2004	12.0	23.1	33.0	23.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	7.3	17.9
2005	22.0	17.5	23.7	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	16.7
2006	29.9	15.0	22.0	15.9	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	2.3	5.4	15.6
2007	38.6	19.8	28.1	29.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	3.6	13.3
2008	19.5	28.8	34.4	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	8.2	9.8
2009	14.4	30.8	11.9	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.9	8.0	14.1
2010	19.0	11.3	28.8	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	14.4
2011	20.6	13.1	15.9	22.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	9.9
2012	9.6	45.4	27.7	14.8	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	17.0	7.6	9.9
2013	15.6	27.5	29.6	16.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	6.9
2014	28.8	20.8	18.9	17.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	5.8	10.1
2015	27.5	28.4	19.5	9.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	1.2	13.7	10.8

Datos obtenidos del SENAMHI.

Estación Huancata – Registro histórico PM 24 horas

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1996	20.3	13.0	18.1	3.5	3.5	0.0	0.0	0.4	1.0	4.7	4.5	3.0
1997	20.6	10.8	2.8	1.5	2.5	0.0	0.0	0.3	0.5	2.5	6.4	33.0
1998	18.7	25.3	16.1	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	12.0
1999	12.3	17.7	12.3	4.2	2.7	1.7	0.0	0.0	3.0	2.5	4.5	8.5
2000	9.6	16.3	14.5	10.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.5	5.5	2.0	12.5
2001	19.6	18.5	15.4	7.6	1.5	0.0	0.0	0.0	0.5	2.1	6.5	0.5
2002	1.2	12.0	16.9	11.9	6.0	0.8	0.0	0.0	0.0	20.1	11.1	13.5
2003	12.1	18.4	11.0	1.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	1.0	16.0
2004	2.9	12.2	10.4	10.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.2	0.6	0.2	19.2
2005	15.5	19.3	12.5	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0
2006	13.0	20.8	25.0	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	12.5
2007	13.3	15.5	10.8	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	1.5	5.2
2008	40.3	24.0	10.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	2.5	2.0
2009	14.0	24.0	16.2	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	6.7	4.0
2010	10.5	17.0	12.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	14.0
2011	12.0	9.8	12.2	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	10.5
2012	7.0	26.5	19.6	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	7.8	6.4
2013	14.0	10.8	9.5	3.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	2.7	12.0
2014	15.5	11.5	10.3	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.1	4.4	17.3
2015	16.5	12.8	13.1	7.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	5.5	16.6

Datos obtenidos del Senamhi

Estación Huañec – Registro histórico PM 24 horas

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1996	11.2	19.3	15.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	2.5
1997	4.8	11.2	4.2	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	15.6
1998	18.3	20.3	20.0	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4
1999	13.1	18.2	8.2	5.8	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7
2000	6.7	7.3	5.9	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	3.5	3.5
2001	9.4	7.4	5.7	3.2	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0
2002	4.5	6.5	13.3	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	2.3	2.8	2.4
2003	3.4	15.2	10.1	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2
2004	7.5	14.3	11.1	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	8.0	6.2
2005	5.7	9.6	16.4	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.2
2006	10.5	10.1	17.5	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	15.0
2007	9.3	23.8	19.3	10.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	3.1	2.8
2008	14.0	20.8	13.8	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	3.5
2009	11.7	20.2	14.9	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	4.7
2010	11.0	10.2	10.2	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.3
2011	11.3	8.5	22.8	15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	11.7
2012	11.1	22.0	22.8	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	6.2	8.5	6.3
2013	8.4	12.5	22.1	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	6.3	9.2
2014	10.9	11.2	22.3	12.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	2.2	4.4	11.2
2015	11.2	21.6	20.1	10.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.1	5.0	14.6

Datos obtenidos del Senamhi

Estación Huarochirí – Registro histórico PM 24 horas

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1996	11.4	20.3	13.0	4.8	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	2.0	3.3	7.2
1997	10.1	10.9	6.0	4.0	0.1	0.0	0.0	1.2	1.2	1.9	2.8	7.8
1998	7.4	11.5	13.5	6.4	0.0	1.4	0.5	0.0	6.7	7.7	3.6	7.6
1999	8.1	12.7	9.8	7.2	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	6.6	3.1	8.8
2000	7.6	11.2	10.3	5.3	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	3.1	3.2	5.4
2001	10.8	12.0	12.2	5.4	0.1	0.0	0.0	0.0	1.3	7.2	5.0	8.0
2002	12.3	16.0	11.4	7.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	4.3	2.0	8.9
2003	9.2	14.5	8.4	8.7	0.0	0.1	0.0	1.2	0.9	3.0	4.2	7.6
2004	16.1	12.9	10.9	9.7	0.0	0.1	0.0	0.9	0.0	3.7	4.5	8.1
2005	12.4	17.2	7.9	9.9	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	5.7	3.9	10.5
2006	10.1	9.7	7.6	6.7	1.1	0.0	0.1	1.3	0.0	4.4	4.1	8.0
2007	9.8	13.3	20.5	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	4.3	4.6	13.6
2008	12.9	15.5	17.7	8.6	1.2	0.1	0.1	0.0	1.0	3.1	2.0	7.4
2009	14.1	13.1	12.1	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	2.0	5.4	10.6
2010	14.6	11.1	13.2	5.4	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	2.3	3.6	7.6
2011	15.5	17.9	20.5	4.3	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	3.3	6.2	5.3
2012	9.2	14.0	19.1	10.5	0.3	0.0	0.0	1.1	0.1	2.1	6.7	6.1
2013	17.2	18.9	21.6	6.3	0.1	0.0	1.3	1.4	0.0	4.7	2.5	7.8
2014	18.3	15.6	22.4	8.6	0.4	0.0	0.0	1.2	0.0	2.8	6.8	19.1
2015	14.3	15.0	29.6	10.6	1.3	0.0	0.0	3.9	1.0	3.9	5.3	9.4

Datos obtenidos del Senamhi

Estación La capilla – Registro histórico PM 24 horas

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1996	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1997	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1998	1.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2000	1.2	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2001	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2002	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2003	0.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2004	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2005	0.2	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2006	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2007	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2008	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2009	0.0	0.2	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2010	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2011	0.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2012	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2013	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2015	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Datos obtenidos del Senamhi

Estación San Lázaro – Registro histórico PM 24 horas

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1996	16.51	28.6	14.3	7.7	1.7	0.0	0.0	1.1	0.1	6.7	11.2	15.41
1997	38.5	47.3	12.1	4.4	1.1	0.0	0.0	0.1	5.5	5.5	6.6	17.62
1998	12.9	12.1	13.2	10.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.7	2.3	5.7	11.0
1999	7.8	18.2	17.6	8.7	11.2	0.0	0.9	7.5	9.4	6.3	8.1	8.9
2000	8.8	11.2	8.4	5.4	3.1	0.0	0.0	0.3	5.2	8.4	6.8	13.0
2001	14.6	34.0	38.1	10.6	0.3	0.0	0.0	0.0	1.2	3.6	13.1	0.0
2002	15.4	28.1	18.2	17.6	3.3	0.0	1.4	0.3	7.7	10.7	27.2	5.7
2003	14.5	9.9	17.1	7.9	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	3.3	27.7
2004	5.5	20.6	30.3	14.7	0.0	1.1	0.0	0.0	4.7	1.4	2.4	11.3
2005	11.3	23.5	27.0	38.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	33.8
2006	81.4	71.8	17.2	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	6.9	24.0
2007	24.2	6.8	24.0	19.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	3.3	3.9
2008	8.8	16.0	23.7	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	4.8	4.2
2009	16.4	13.8	18.3	23.7	2.2	0.0	0.0	0.8	0.0	13.5	4.8	5.0
2010	11.7	35.5	21.5	11.7	0.7	0.0	0.0	0.0	13.6	1.7	3.9	13.4
2011	14.5	7.8	13.6	13.2	3.2	0.0	0.0	0.0	0.7	3.5	9.7	9.2
2012	13.2	23.8	30.6	13.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	18.2	5.9	18.0
2013	11.1	33.4	27.9	14.9	3.9	0.0	0.0	0.8	0.0	13.6	5.9	14.3
2014	48.2	24.6	21.8	13.8	2.3	0.0	0.0	0.4	0.0	12.3	4.0	15.4
2015	19.1	23.2	19.4	14.9	2.1	0.0	0.0	0.1	0.0	11.2	5.0	13.0

Datos obtenidos del Senamhi

ANEXO 4

DISTRIBUCION DE PROBALIDADES - ESTACIONES

ESTACION HUANCATA

m	PM24 max (mm)	Tr = $\frac{(N+1)}{m}$	Distribución de Probabilidades					
			GUM	LGUM	NOR	LNOR	PEAR	LPEAR
1	56.61	21.01	51.25	54.77	44.93	45.22	47.62	47.91
2	46.4	10.50	44.97	45.28	41.59	40.87	41.96	41.52
3	37.2	7.00	41.20	40.39	39.35	38.18	37.94	37.29
4	35.5	5.25	38.44	37.15	37.57	36.18	35.75	35.16
5	35.1	4.20	36.24	34.75	36.05	34.55	33.14	32.53
6	33.7	3.50	34.38	32.84	34.68	33.15	31.14	30.61
7	28.5	3.00	32.75	31.26	33.43	31.91	29.71	29.31
8	28.2	2.63	31.28	29.90	32.24	30.79	28.63	28.38
9	27.5	2.33	29.93	28.70	31.10	29.74	27.80	27.67
10	27.1	2.10	28.67	27.63	29.98	28.75	27.13	27.11
11	27.0	1.91	27.47	26.64	28.88	27.80	26.14	25.96
12	25.8	1.75	26.31	25.72	27.77	26.88	24.92	24.44
13	24.9	1.62	25.17	24.85	26.62	25.97	23.89	23.22
14	24.3	1.50	24.04	24.01	25.44	25.05	23.00	22.22
15	23.9	1.40	22.89	23.19	24.18	24.11	22.23	21.39
16	23.9	1.31	21.70	22.37	22.82	23.14	21.56	20.69
17	23.3	1.24	20.44	21.53	21.30	22.10	20.97	20.09
18	22.9	1.17	19.04	20.63	19.52	20.94	20.44	19.57
19	19.7	1.11	17.39	19.62	17.27	19.56	19.97	19.12
20	17.1	1.05	15.13	18.33	13.94	17.68	19.55	18.72

Elaboración Propia

ESTACION HUAÑEC

m	PM24 max (mm)	Tr = $\frac{(N+1)}{m}$	Distribución de Probabilidades					
			GUM	LGUM	NOR	LNOR	PEAR	LPEAR
1	29.6	21.00	35.75	44.57	31.92	36.17	3.55	38.51
2	28.3	10.50	31.95	36.22	29.90	32.39	30.12	32.95
3	28.3	7.00	29.66	31.97	28.54	30.08	27.68	29.31
4	27.7	5.25	27.99	29.19	27.46	28.36	26.36	27.49
5	27.5	4.20	26.65	27.14	26.54	26.97	24.78	25.26
6	26.8	3.50	25.53	25.52	25.71	25.78	23.56	23.64
7	25.9	3.00	24.54	24.18	24.95	24.73	22.69	22.55
8	25.2	2.63	23.65	23.04	24.23	23.78	22.04	21.76
9	25.1	2.33	22.83	22.04	23.54	22.90	21.54	21.17
10	24.0	2.10	22.07	21.13	22.86	22.07	21.13	20.71
11	24.0	1.91	21.34	20.31	22.19	21.28	20.53	19.75
12	22.6	1.75	20.63	19.55	21.52	20.51	19.79	18.49
13	21.8	1.62	19.94	18.83	20.83	19.76	19.17	17.49
14	20.4	1.50	19.26	18.14	20.11	19.00	18.63	16.67
15	19.4	1.40	18.56	17.46	19.35	18.22	18.17	15.99
16	18.9	1.31	17.84	16.79	18.52	17.42	17.76	15.42
17	17.8	1.24	17.08	16.10	17.60	16.57	17.40	14.94
18	16.5	1.17	16.23	15.38	16.52	15.62	17.08	14.52
19	11.7	1.11	15.23	14.56	15.16	14.50	16.79	14.15
20	9.1	1.05	13.86	13.51	13.14	12.99	16.54	13.83

Elaboración Propia

ESTACION HUAROCHIRI

m	PM24 max (mm)	Tr = $\frac{(N+1)}{m}$	Distribución de Probabilidades					
			GUM	LGUM	NOR	LNOR	PEAR	LPEAR
1	33.4	21.00	31.70	35.05	27.99	29.00	29.57	30.70
2	25.4	10.50	28.02	29.03	26.04	26.23	26.25	26.65
3	24.4	7.00	25.80	25.93	24.72	24.52	23.89	23.96
4	23.1	5.25	24.19	23.87	23.68	23.25	22.61	22.60
5	23.1	4.20	22.90	22.34	22.78	22.21	21.08	20.93
6	22.9	3.50	21.81	21.13	21.99	21.32	19.91	19.71
7	21.6	3.00	20.85	20.12	21.25	20.53	19.07	18.88
8	20.0	2.63	19.99	19.25	20.55	19.82	18.44	18.28
9	19.4	2.33	19.20	18.49	19.89	19.15	17.95	17.83
10	18.1	2.10	18.46	17.80	19.23	18.52	17.56	17.47
11	18.0	1.91	17.76	17.17	18.59	17.92	16.98	16.74
12	16.5	1.75	17.08	16.58	17.93	17.33	16.26	15.77
13	16.4	1.62	16.41	16.03	17.26	16.74	15.66	14.99
14	15.9	1.50	15.74	15.49	16.57	16.16	15.14	14.35
15	15.3	1.40	15.07	14.97	15.83	15.56	14.69	13.82
16	14.3	1.31	14.38	14.44	15.03	14.94	14.29	13.37
17	13.8	1.24	13.64	13.91	14.14	14.27	13.95	12.99
18	12.7	1.17	12.82	13.33	13.10	13.53	13.64	12.66
19	12.4	1.11	11.85	12.69	11.78	12.65	13.36	12.37
20	11.4	1.05	10.52	11.86	9.82	11.44	13.11	12.11

Elaboración Propia

ESTACION LA CAPILLA

m	PM24 max (mm)	Tr = $\frac{(N+1)}{m}$	Distribución de Probabilidades					
			GUM	LGUM	NOR	LNOR	PEAR	LPEAR
1	2.21	21.01	2.12	-	1.68	-	1.88	-
2	1.7	10.50	1.69	-	1.45	-	1.48	-
3	1.5	7.00	1.43	-	1.30	-	1.20	-
4	1.4	5.25	1.24	-	1.17	-	1.05	-
5	0.7	4.20	1.08	-	1.07	-	0.87	-
6	0.7	3.50	0.95	-	0.97	-	0.73	-
7	0.7	3.00	0.84	-	0.89	-	0.63	-
8	0.6	2.63	0.74	-	0.80	-	0.55	-
9	0.6	2.33	0.64	-	0.72	-	0.50	-
10	0.5	2.10	0.56	-	0.65	-	0.45	-
11	0.4	1.91	0.47	-	0.57	-	0.38	-
12	0.4	1.75	0.39	-	0.49	-	0.30	-
13	0.4	1.62	0.31	-	0.41	-	0.22	-
14	0.2	1.50	0.23	-	0.33	-	0.16	-
15	-	1.40	0.15	-	0.24	-	0.11	-
16	-	1.31	0.07	-	0.15	-	0.06	-
17	-	1.24	0.02	-	0.04	-	0.02	-
18	-	1.17	0.11	-	0.08	-	0.02	-
19	-	1.11	0.23	-	0.24	-	0.05	-
20	-	1.05	0.39	-	0.47	-	0.08	-

Elaboración Propia

ESTACION SAN LAZARO

m	PM24 max (mm)	Tr = $\frac{(N+1)}{m}$	Distribución de Probabilidades					
			GUM	LGUM	NOR	LNOR	PEAR	LPEAR
1	92.01	21.01	76.18	91.96	64.28	67.58	69.34	74.12
2	54.4	10.50	64.35	67.71	57.99	57.43	58.67	58.90
3	53.4	7.00	57.24	56.33	53.76	51.47	51.10	49.55
4	43.4	5.25	52.05	49.25	50.41	47.20	46.98	45.09
5	43.0	4.20	47.90	44.23	47.54	43.82	42.08	39.78
6	40.1	3.50	44.40	40.40	44.98	41.01	38.30	36.08
7	37.8	3.00	41.33	37.31	42.61	38.57	35.60	33.65
8	34.6	2.63	38.57	34.74	40.38	36.41	33.58	31.93
9	34.2	2.33	36.03	32.53	38.23	34.44	32.01	30.66
10	32.3	2.10	33.65	30.59	36.13	32.61	30.75	29.68
11	31.7	1.91	31.39	28.85	34.05	30.91	28.89	27.68
12	31.3	1.75	29.20	27.26	31.95	29.27	26.59	25.11
13	27.3	1.62	27.06	25.79	29.80	27.69	24.65	23.13
14	26.7	1.50	24.93	24.40	27.57	26.13	22.98	21.55
15	26.7	1.40	22.77 2	3.08	25.20	24.58	21.53	20.27
16	26.2	1.31	20.53	21.78	22.64	23.00	20.27	19.22
17	20.5	1.24	18.15	20.48	19.77	21.36	19.15	18.33
18	16.4	1.17	15.52	19.13	16.42	19.58	18.16	17.57
19	14.9	1.11	12.40	17.65	12.19	17.55	17.27	16.93
20	14.7	1.05	8.15	15.81	5.91	14.92	16.47	16.36

Elaboración Propia

ANEXO 5
ESTACIONES – AJUSTE DE PRUEBAS DE BONDAD

ESTACION HUANCATA

Distribución de Probabilidades													
Prec. _{Max} 24 hrs.	Fo	Gumbel		Log Gumbel		Normal		Log Normal		Pearson		Log Pearson	
		F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo
56.60	0.9524	0.9494	0.0030	0.9677	0.0153	0.9690	0.0166	0.9835	0.0311	0.9784	0.0260	0.9802	0.0278
46.35	0.9048	0.9006	0.0042	0.9068	0.0020	0.9290	0.0242	0.9420	0.0372	0.9473	0.0425	0.9462	0.0415
45.20	0.8571	0.8526	0.0046	0.8462	0.0109	0.8850	0.0279	0.8890	0.0319	0.8922	0.0350	0.8883	0.0311
37.22	0.8571	0.8526	0.0046	0.8436	0.0136	0.8850	0.0279	0.8890	0.0319	0.8922	0.0350	0.8871	0.0299
35.54	0.7619	0.7578	0.0041	0.7307	0.0312	0.7880	0.0261	0.7720	0.0101	0.7848	0.0229	0.7823	0.0203
33.71	0.7143	0.7108	0.0034	0.6683	0.0460	0.7350	0.0207	0.7180	0.0037	0.7376	0.0233	0.7316	0.0173
28.51	0.6667	0.6641	0.0026	0.6169	0.0498	0.6830	0.0163	0.6560	0.0107	0.6887	0.0221	0.6870	0.0203
28.23	0.6190	0.6175	0.0016	0.5687	0.0503	0.6330	0.0140	0.6000	0.0190	0.6383	0.0192	0.6443	0.0253
27.53	0.5714	0.5710	0.0004	0.5235	0.0479	0.5800	0.0086	0.5400	0.0314	0.5861	0.0147	0.6035	0.0321
27.11	0.5238	0.5246	0.0008	0.4809	0.0429	0.5300	0.0062	0.4900	0.0338	0.5321	0.0083	0.5644	0.0406
26.97	0.4762	0.4782	0.0020	0.4405	0.0356	0.4700	0.0062	0.4350	0.0412	0.4841	0.0079	0.4908	0.0146
25.84	0.4286	0.4319	0.0033	0.4022	0.0263	0.4200	0.0086	0.3850	0.0436	0.4517	0.0231	0.4549	0.0263
24.86	0.3810	0.3855	0.0046	0.3656	0.0153	0.3650	0.0160	0.3350	0.0460	0.4209	0.0399	0.4223	0.0413
24.30	0.3333	0.3391	0.0058	0.3304	0.0029	0.3170	0.0163	0.2920	0.0413	0.3916	0.0582	0.3926	0.0592
23.88	0.2857	0.2925	0.0068	0.2963	0.0106	0.2670	0.0187	0.2500	0.0357	0.3637	0.0779	0.3654	0.0797
23.88	0.2381	0.2458	0.0077	0.2629	0.0248	0.2140	0.0241	0.2050	0.0331	0.3370	0.0990	0.3405	0.1024
23.32	0.1905	0.1988	0.0083	0.2298	0.0393	0.1650	0.0255	0.1650	0.0255	0.3116	0.1212	0.3176	0.1271
22.89	0.1429	0.1514	0.0085	0.1962	0.0533	0.1160	0.0269	0.1280	0.0149	0.2874	0.1445	0.2965	0.1537
19.66	0.0952	0.1033	0.0080	0.1607	0.0655	0.0710	0.0242	0.0900	0.0052	0.2642	0.1689	0.2770	0.1817
17.14	0.0476	0.0539	0.0063	0.1200	0.0723	0.0310	0.0166	0.0520	0.0044	0.2420	0.1943	0.2589	0.2113
$D_{max} = F(xm) - Fo(mx) $		0.0085		0.0723		0.0279		0.0460		0.1943		0.2113	

Elaboración propia

ESTACION HUAÑEC

Distribución de Probabilidades													
Prec. Max 24 hrs.	Fo	Gumbel		Log Gumbel		Normal		Log Normal		Pearson		Log Pearson	
		F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo
29.58	0.9524	0.9494	0.0030	0.9690	0.0166	0.9690	0.0166	0.9835	0.0311	0.9784	0.0260	0.9809	0.0285
28.34	0.9048	0.9006	0.0042	0.9076	0.0028	0.9290	0.0242	0.9420	0.0372	0.9473	0.0425	0.9466	0.0418
28.34	0.8571	0.8526	0.0046	0.8421	0.0150	0.8850	0.0279	0.8890	0.0319	0.8922	0.0350	0.8864	0.0292
27.72	0.8095	0.8050	0.0045	0.7789	0.0307	0.8850	0.0255	0.8350	0.0255	0.8552	0.0457	0.8452	0.0357
27.47	0.7619	0.7578	0.0041	0.7194	0.0425	0.7880	0.0261	0.7720	0.0101	0.7848	0.0229	0.7761	0.0142
26.85	0.7143	0.7108	0.0034	0.6639	0.0504	0.7350	0.0207	0.7180	0.0037	0.7376	0.0233	0.7284	0.0141
25.85	0.6667	0.6641	0.0026	0.6123	0.0543	0.6830	0.0163	0.6560	0.0107	0.6887	0.0221	0.6828	0.0161
25.23	0.6190	0.6175	0.0016	0.5643	0.0547	0.6330	0.0140	0.6000	0.0190	0.6383	0.0192	0.6391	0.0201
25.11	0.5714	0.5710	0.0004	0.5194	0.0520	0.5800	0.0086	0.5400	0.0314	0.5861	0.0147	0.5974	0.0260
23.99	0.5238	0.5246	0.0008	0.4774	0.0464	0.5300	0.0062	0.4900	0.0338	0.5321	0.0083	0.5575	0.0337
23.99	0.4762	0.4782	0.0020	0.4378	0.0384	0.4700	0.0062	0.4350	0.0412	0.4841	0.0079	0.4893	0.0131
22.62	0.4286	0.4319	0.0033	0.4003	0.0283	0.4200	0.0086	0.3850	0.0436	0.4517	0.0231	0.4538	0.0252
21.75	0.3810	0.3855	0.0046	0.3656	0.0163	0.3650	0.0160	0.3350	0.0460	0.4209	0.0399	0.4218	0.0408
20.39	0.3333	0.3391	0.0058	0.3304	0.0029	0.3170	0.0163	0.2920	0.0413	0.3916	0.0582	0.3929	0.0595
19.39	0.2857	0.2925	0.0068	0.2974	0.0117	0.2670	0.0187	0.2500	0.0357	0.3637	0.0779	0.3666	0.0809
18.89	0.2381	0.2458	0.0077	0.2651	0.0271	0.2140	0.0241	0.2050	0.0331	0.3370	0.0990	0.3427	0.1046
17.77	0.1905	0.1988	0.0083	0.2332	0.0427	0.1650	0.0255	0.1650	0.0255	0.3116	0.1212	0.3208	0.1303
16.53	0.1429	0.1514	0.0085	0.2008	0.0579	0.1160	0.0269	0.1280	0.0149	0.2874	0.1445	0.3007	0.1579
11.68	0.0952	0.1033	0.0080	0.1665	0.0713	0.0710	0.0242	0.0900	0.0052	0.2642	0.1689	0.2822	0.1870
9.07	0.0476	0.0539	0.0063	0.1270	0.0793	0.0310	0.0166	0.0520	0.0044	0.2420	0.1943	0.2652	0.2176
$D_{max} = F(xm) - Fo(mx) $		0.0085		0.0723		0.0279		0.0460		0.1943		0.2176	

Elaboración propia

ESTACION HUAROCHIRI

Distribución de Probabilidades													
Prec.Max 24 hrs.	Fo	Gumbel		Log Gumbel		Normal		Log Normal		Pearson		Log Pearson	
		F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo
33.44	0.9524	0.9494	0.0030	0.9676	0.0152	0.9690	0.0166	0.9835	0.0311	0.9784	0.0260	0.9801	0.0278
25.36	0.9048	0.9006	0.0042	0.9068	0.0020	0.9290	0.0242	0.9420	0.0372	0.9473	0.0425	0.9462	0.0415
24.36	0.8571	0.8526	0.0046	0.8462	0.0109	0.8850	0.0279	0.8890	0.0319	0.8922	0.0350	0.8883	0.0311
23.12	0.8571	0.8526	0.0046	0.8436	0.0136	0.8850	0.0279	0.8890	0.0319	0.8922	0.0350	0.8871	0.0299
23.12	0.7619	0.7578	0.0041	0.7307	0.0312	0.7880	0.0261	0.7720	0.0101	0.7848	0.0229	0.7823	0.0203
22.90	0.7143	0.7108	0.0034	0.6683	0.0460	0.7350	0.0207	0.7180	0.0037	0.7376	0.0233	0.7316	0.0173
21.63	0.6667	0.6641	0.0026	0.6169	0.0498	0.6830	0.0163	0.6560	0.0107	0.6887	0.0221	0.6870	0.0203
20.01	0.6190	0.6175	0.0016	0.5687	0.0503	0.6330	0.0140	0.6000	0.0190	0.6383	0.0192	0.6443	0.0253
19.39	0.5714	0.5710	0.0004	0.5235	0.0479	0.5800	0.0086	0.5400	0.0314	0.5861	0.0147	0.6035	0.0321
18.15	0.5238	0.5246	0.0008	0.4809	0.0429	0.5300	0.0062	0.4900	0.0338	0.5321	0.0083	0.5644	0.0406
18.02	0.4762	0.4782	0.0020	0.4405	0.0356	0.4700	0.0062	0.4350	0.0412	0.4841	0.0079	0.4908	0.0146
16.53	0.4286	0.4319	0.0033	0.4022	0.0263	0.4200	0.0086	0.3850	0.0436	0.4517	0.0231	0.4549	0.0263
16.41	0.3810	0.3855	0.0046	0.3656	0.0153	0.3650	0.0160	0.3350	0.0460	0.4209	0.0399	0.4223	0.0413
15.91	0.3333	0.3391	0.0058	0.3304	0.0029	0.3170	0.0163	0.2920	0.0413	0.3916	0.0582	0.3926	0.0592
15.26	0.2857	0.2925	0.0068	0.2963	0.0106	0.2670	0.0187	0.2500	0.0357	0.3637	0.0779	0.3654	0.0797
14.29	0.2381	0.2458	0.0077	0.2629	0.0248	0.2140	0.0241	0.2050	0.0331	0.3370	0.0990	0.3405	0.1024
13.80	0.1905	0.1988	0.0083	0.2298	0.0393	0.1650	0.0255	0.1650	0.0255	0.3116	0.1212	0.3176	0.1271
12.68	0.1429	0.1514	0.0085	0.1962	0.0533	0.1160	0.0269	0.1280	0.0149	0.2874	0.1445	0.2965	0.1537
12.36	0.0952	0.1033	0.0080	0.1607	0.0655	0.0710	0.0242	0.0900	0.0052	0.2642	0.1689	0.2770	0.1817
11.44	0.0476	0.0539	0.0063	0.1200	0.0723	0.0310	0.0166	0.0520	0.0044	0.2420	0.1943	0.2589	0.2106
$D_{max} = F(xm) - Fo(mx) $		0.0085		0.0723		0.0279		0.0460		0.1943		0.2106	

Elaboración propia

ESTACION LA CAPILLA

Distribución de Probabilidades													
Prec. Max 24 hrs.	Fo	Gumbel		Log Gumbel		Normal		Log Normal		Pearson		Log Pearson	
		F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo
2.24	0.9524	0.9494	0.0030	-	-	0.9690	0.0166	0.9835	0.0311	0.9784	0.0260	-	-
1.74	0.9048	0.9006	0.0042	-	-	0.9290	0.0242	0.9420	0.0372	0.9473	0.0425	-	-
1.52	0.8571	0.8526	0.0046	-	-	0.8850	0.0279	0.8890	0.0319	0.8922	0.0350	-	-
1.37	0.8571	0.8526	0.0046	-	-	0.8850	0.0279	0.8890	0.0319	0.8922	0.0350	-	-
0.75	0.7619	0.7578	0.0041	-	-	0.7880	0.0261	0.7720	0.0101	0.7848	0.0229	-	-
0.75	0.7143	0.7108	0.0034	-	-	0.7350	0.0207	0.7180	0.0037	0.7376	0.0233	-	-
0.72	0.6667	0.6641	0.0026	-	-	0.6830	0.0163	0.6560	0.0107	0.6887	0.0221	-	-
0.62	0.6190	0.6175	0.0016	-	-	0.6330	0.0140	0.6000	0.0190	0.6383	0.0192	-	-
0.62	0.5714	0.5710	0.0004	-	-	0.5800	0.0086	0.5400	0.0314	0.5861	0.0147	-	-
0.50	0.5238	0.5246	0.0008	-	-	0.5300	0.0062	0.4900	0.0338	0.5321	0.0083	-	-
0.37	0.4762	0.4782	0.0020	-	-	0.4700	0.0062	0.4350	0.0412	0.4841	0.0079	-	-
0.37	0.4286	0.4319	0.0033	-	-	0.4200	0.0086	0.3850	0.0436	0.4517	0.0231	-	-
0.37	0.3810	0.3855	0.0046	-	-	0.3650	0.0160	0.3350	0.0460	0.4209	0.0399	-	-
0.25	0.3333	0.3391	0.0058	-	-	0.3170	0.0163	0.2920	0.0413	0.3916	0.0582	-	-
0.00	0.2857	0.2925	0.0068	-	-	0.2670	0.0187	0.2500	0.0357	0.3637	0.0779	-	-
0.00	0.2381	0.2458	0.0077	-	-	0.2140	0.0241	0.2050	0.0331	0.3370	0.0990	-	-
0.00	0.1905	0.1988	0.0083	-	-	0.1650	0.0255	0.1650	0.0255	0.3116	0.1212	-	-
0.00	0.1429	0.1514	0.0085	-	-	0.1160	0.0269	0.1280	0.0149	0.2874	0.1445	-	-
0.00	0.0952	0.1033	0.0080	-	-	0.0710	0.0242	0.0900	0.0052	0.2642	0.1689	-	-
0.00	0.0476	0.0539	0.0063	-	-	0.0310	0.0166	0.0520	0.0044	0.2420	0.1943	-	-
$D_{max} = F(xm) - Fo(mx) $		0.0085				0.0279		0.0460		0.1943			

Elaboración propia

ESTACION SAN LAZARO

Distribución de Probabilidades													
Prec. Max 24 hrs.	Fo	Gumbel		Log Gumbel		Normal		Log Normal		Pearson		Log Pearson	
		F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo	F(xm)	F-Fo
91.98	0.9524	0.9494	0.0030	0.9677	0.0153	0.9690	0.0166	0.9835	0.0311	0.9784	0.0260	0.9802	0.0278
54.44	0.9048	0.9006	0.0042	0.9068	0.0020	0.9290	0.0242	0.9420	0.0372	0.9473	0.0425	0.9462	0.0415
53.45	0.8571	0.8526	0.0046	0.8462	0.0109	0.8850	0.0279	0.8890	0.0319	0.8922	0.0350	0.8883	0.0311
43.38	0.8571	0.8526	0.0046	0.8436	0.0136	0.8850	0.0279	0.8890	0.0319	0.8922	0.0350	0.8871	0.0299
43.01	0.7619	0.7578	0.0041	0.7307	0.0312	0.7880	0.0261	0.7720	0.0101	0.7848	0.0229	0.7823	0.0203
40.15	0.7143	0.7108	0.0034	0.6683	0.0460	0.7350	0.0207	0.7180	0.0037	0.7376	0.0233	0.7316	0.0173
37.79	0.6667	0.6641	0.0026	0.6169	0.0498	0.6830	0.0163	0.6560	0.0107	0.6887	0.0221	0.6870	0.0203
34.56	0.6190	0.6175	0.0016	0.5687	0.0503	0.6330	0.0140	0.6000	0.0190	0.6383	0.0192	0.6443	0.0253
34.18	0.5714	0.5710	0.0004	0.5235	0.0479	0.5800	0.0086	0.5400	0.0314	0.5861	0.0147	0.6035	0.0321
32.32	0.5238	0.5246	0.0008	0.4809	0.0429	0.5300	0.0062	0.4900	0.0338	0.5321	0.0083	0.5644	0.0406
31.70	0.4762	0.4782	0.0020	0.4405	0.0356	0.4700	0.0062	0.4350	0.0412	0.4841	0.0079	0.4908	0.0146
31.32	0.4286	0.4319	0.0033	0.4022	0.0263	0.4200	0.0086	0.3850	0.0436	0.4517	0.0231	0.4549	0.0263
27.35	0.3810	0.3855	0.0046	0.3656	0.0153	0.3650	0.0160	0.3350	0.0460	0.4209	0.0399	0.4223	0.0413
26.72	0.3333	0.3391	0.0058	0.3304	0.0029	0.3170	0.0163	0.2920	0.0413	0.3916	0.0582	0.3926	0.0592
26.72	0.2857	0.2925	0.0068	0.2963	0.0106	0.2670	0.0187	0.2500	0.0357	0.3637	0.0779	0.3654	0.0797
26.23	0.2381	0.2458	0.0077	0.2629	0.0248	0.2140	0.0241	0.2050	0.0331	0.3370	0.0990	0.3405	0.1024
20.51	0.1905	0.1988	0.0083	0.2298	0.0393	0.1650	0.0255	0.1650	0.0255	0.3116	0.1212	0.3176	0.1271
16.14	0.1429	0.1514	0.0085	0.1962	0.0533	0.1160	0.0269	0.1280	0.0149	0.2874	0.1445	0.2965	0.1537
14.92	0.0952	0.1033	0.0080	0.1607	0.0655	0.0710	0.0242	0.0900	0.0052	0.2642	0.1689	0.2770	0.1817
14.67	0.0476	0.0539	0.0063	0.1200	0.0723	0.0310	0.0166	0.0520	0.0044	0.2420	0.1943	0.2589	0.2512
$D_{max} = F(xm) - Fo(mx) $		0.0085		0.0723		0.0279		0.0460		0.1943		0.251	

Elaboración propia

ANEXO 6

PRECIPITACION MAXIMA – PERIODOS DE RETORNOS

ESTACION HUANCATA

Tiempo de Duración	Coeficiente	Precipitación Max Pd (mm)					
		5	10	25	50	100	200
24	100%	37.97	44.52	52.81	58.96	66.06	71.14
18	90%	34.17	40.07	47.53	53.06	58.55	64.02
12	79%	29.99	35.17	41.72	46.58	51.40	56.20
8	64%	24.30	28.50	33.80	37.73	41.64	45.53
6	56%	21.26	24.93	29.57	33.02	36.43	39.84
5	50%	18.98	22.26	26.40	29.48	32.53	35.57
4	44%	16.70	19.59	23.24	25.94	28.63	31.30
3	38%	14.43	16.92	20.07	22.40	24.72	27.03
2	31%	11.77	13.80	16.37	18.28	20.17	22.05
1	25%	9.49	11.13	13.20	14.74	16.26	17.78

Elaboración propia

ESTACION HUAÑEC

Tiempo de Duración	Coeficiente	Precipitación Max Pd (mm)					
		5	10	25	50	100	200
24	100%	27.70	31.68	36.70	40.42	44.12	47.81
18	90%	24.93	28.51	33.03	36.38	39.71	43.03
12	79%	21.88	25.02	28.99	31.93	34.86	37.77
8	64%	17.73	20.27	23.49	25.87	28.24	30.60
6	56%	15.51	17.74	20.55	22.64	24.71	26.77
5	50%	13.85	15.84	18.35	20.21	22.06	23.90
4	44%	12.19	13.94	16.15	17.79	19.41	21.03
3	38%	10.53	12.04	13.95	15.36	16.77	18.17
2	31%	8.59	9.82	11.38	12.53	13.68	14.82
1	25%	6.93	7.92	9.17	10.11	11.03	11.95

Elaboración propia

ESTACION HUAROCHIRI

Tiempo de Duración	Coeficiente	Precipitación Max Pd (mm)					
		5	10	25	50	100	200
24	100%	23.91	27.75	32.61	36.21	39.79	43.35
18	90%	21.52	24.98	29.35	32.59	35.81	39.02
12	79%	18.89	21.93	25.76	28.61	31.43	34.25
8	64%	15.30	17.76	20.87	23.18	25.47	27.75
6	56%	13.39	15.54	18.26	20.28	22.28	24.28
5	50%	11.95	13.88	16.31	18.11	19.90	21.68
4	44%	10.52	12.21	14.35	15.93	17.51	19.08
3	38%	9.09	10.55	12.39	13.76	15.12	16.47
2	31%	7.41	8.60	10.11	11.23	12.34	13.44
1	25%	5.98	6.94	8.15	9.05	9.95	10.84

Elaboración Propia

ESTACION LA CAPILLA

Tiempo de Duración	Coeficiente	Precipitación Max Pd (mm)					
		5	10	25	50	100	200
24	100%	1.20	1.66	2.23	2.66	3.08	3.51
18	90%	1.08	1.49	2.01	2.39	2.78	3.16
12	79%	0.95	1.31	1.76	2.10	2.44	2.77
8	64%	0.77	1.06	1.43	1.70	1.97	2.24
6	56%	0.67	0.93	1.25	1.49	1.73	1.96
5	50%	0.60	0.83	1.12	1.33	1.54	1.75
4	44%	0.53	0.73	0.98	1.17	1.36	1.54
3	38%	0.46	0.63	0.85	1.01	1.17	1.33
2	31%	0.37	0.51	0.69	0.82	0.96	1.09
1	25%	0.30	0.41	0.56	0.67	0.77	0.88

Elaboración Propia

ESTACION SAN LAZARO

Tiempo de Duración	Coeficiente	Precipitación Max Pd (mm)					
		5	10	25	50	100	200
24	100%	51.16	63.50	79.11	90.68	102.17	113.62
18	90%	46.04	57.15	71.20	81.61	91.95	102.26
12	79%	40.41	50.17	62.49	71.64	80.72	89.76
8	64%	32.74	40.64	50.63	58.04	65.39	72.72
6	56%	28.65	35.56	44.30	50.78	57.22	63.63
5	50%	25.58	31.75	39.55	45.34	51.09	56.81
4	44%	22.51	27.94	34.81	39.90	44.96	49.99
3	38%	19.44	24.13	30.06	34.46	38.82	43.17
2	31%	15.86	19.69	24.52	28.11	31.67	35.22
1	25%	12.79	15.88	19.78	22.67	25.54	28.40

Elaboración propia

ANEXO 7

INTENSIDAD MAXIMA – DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

ESTACION HUANCATA

Tiempo de Duración (hr)	Intensidad de Lluvia (mm/hr)					
	5	10	25	50	100	200
24	1.58	1.86	2.20	2.46	2.71	2.96
18	1.90	2.23	2.64	2.95	3.25	3.56
12	2.50	2.93	3.48	3.88	4.28	4.68
8	3.04	3.56	4.22	4.72	5.20	5.69
6	3.54	4.16	4.93	5.50	6.07	6.64
5	3.80	4.45	5.28	5.90	6.51	7.11
4	4.18	4.90	5.81	6.49	7.16	7.83
3	4.81	5.64	6.69	7.47	8.24	9.01
2	5.88	6.90	8.19	9.14	10.08	11.03
1	9.49	11.13	13.20	14.74	16.26	17.78

Elaboración propia

ESTACION HUAÑEC

Tiempo de Duración (hr)	Intensidad de Lluvia (mm/hr)					
	5	10	25	50	100	200
24	1.15	1.32	1.53	1.68	1.84	1.99
18	1.39	1.58	1.83	2.02	2.21	2.39
12	1.82	2.09	2.42	2.66	2.90	3.15
8	2.22	2.53	2.94	3.23	3.53	3.82
6	2.59	2.96	3.43	3.77	4.12	4.46
5	2.77	3.17	3.67	4.04	4.41	4.78
4	3.05	3.48	4.04	4.45	4.85	5.26
3	3.51	4.01	4.65	5.12	5.59	6.06
2	4.29	4.91	5.69	6.27	6.84	7.41
1	6.93	7.92	9.17	10.11	11.03	11.95

Elaboración Propia

ESTACION HUAROCHIRI

Tiempo de Duración (hr)	Intensidad de Lluvia (mm/hr)					
	5	10	25	50	100	200
24	1.00	1.16	1.36	1.51	1.66	1.81
18	1.20	1.39	1.63	1.81	1.99	2.17
12	1.57	1.83	2.15	2.38	2.62	2.85
8	1.91	2.22	2.61	2.90	3.18	3.47
6	2.23	2.59	3.04	3.38	3.71	4.05
5	2.39	2.78	3.26	3.62	3.98	4.34
4	2.63	3.05	3.05	3.98	4.38	4.77
3	3.03	3.52	4.13	4.59	5.04	5.49
2	3.71	4.30	5.05	5.61	6.17	6.72
1	5.98	6.94	8.15	9.05	9.95	9.95

Elaboración Propia

ESTACION LA CAPILLA

Tiempo de Duración (hr)	Intensidad de Lluvia (mm/hr)					
	5	10	25	50	100	200
24	0.05	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15
18	0.06	0.08	0.11	0.13	0.15	0.18
12	0.08	0.11	0.15	0.18	0.20	0.23
8	0.10	0.13	0.18	0.21	0.25	0.28
6	0.11	0.15	0.21	0.25	0.29	0.33
5	0.12	0.17	0.22	0.27	0.31	0.35
4	0.13	0.18	0.25	0.29	0.34	0.39
3	0.15	0.21	0.28	0.34	0.39	0.44
2	0.19	0.26	0.35	0.41	0.48	0.54
1	0.30	0.41	0.56	0.67	0.77	0.88

Elaboración Propia

ESTACION SAN LAZARO

Tiempo de Duración (hr)	Intensidad de Lluvia (mm/hr)					
	5	10	25	50	100	200
24	2.13	2.65	3.30	3.78	4.26	4.73
18	2.56	3.18	3.96	4.53	5.11	5.68
12	3.37	4.18	5.21	5.97	6.73	7.48
8	4.09	5.08	6.33	7.25	8.17	9.09
6	4.77	5.93	7.38	8.46	9.54	10.60
5	5.12	6.35	7.91	9.07	10.22	11.36
4	5.63	6.99	8.70	9.97	11.24	12.50
3	6.48	8.04	10.02	11.49	12.94	14.39
2	7.93	9.84	12.26	14.06	15.84	17.61
1	12.79	15.88	19.78	22.67	25.54	28.40

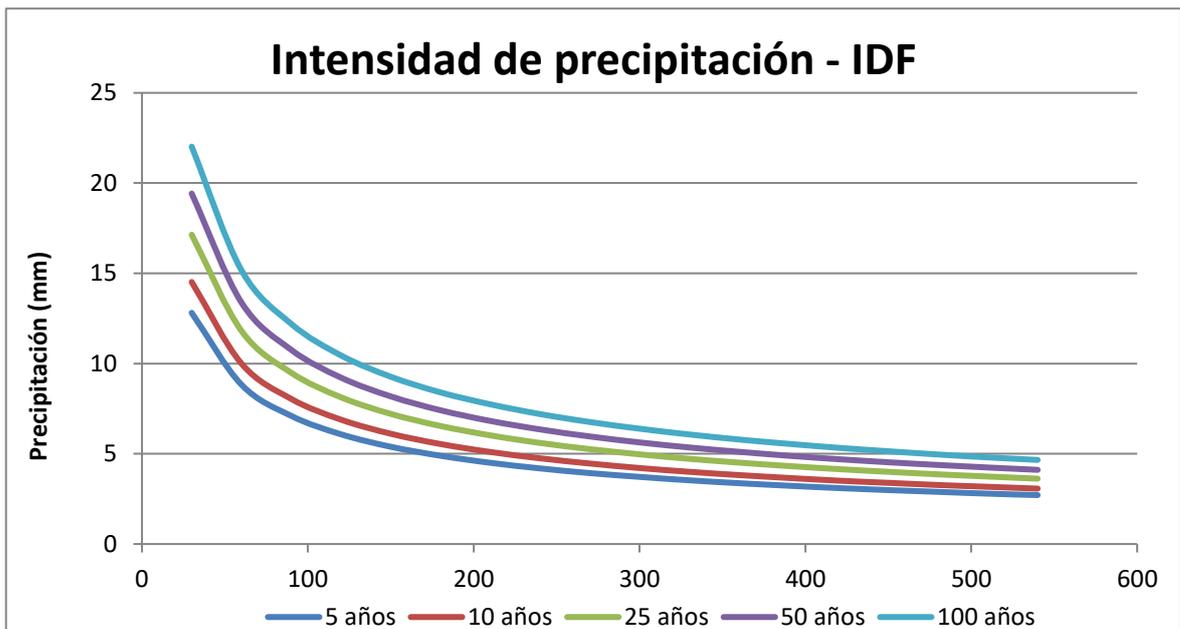
Elaboración propia

ANEXO 8
TABLA DE VALORES – CURVAS IDF
ESTACION HUANCATA

$$I = \frac{59.5890 * T^{0.18077}}{t^{0.5375}}$$

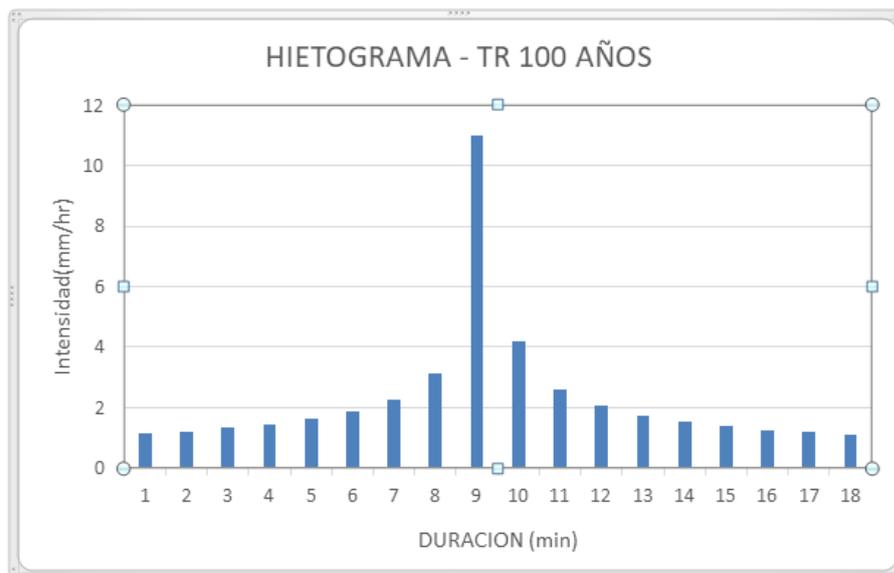
Duración (min)	Los Periodo de Retorno (años)				
	5	10	25	50	100
30	12.81	14.52	17.14	19.42	22.02
60	8.83	10.00	11.81	13.38	15.17
90	7.10	8.04	9.49	10.76	12.20
120	6.08	6.89	8.13	9.22	10.45
150	5.39	6.11	7.21	8.18	9.27
180	4.89	5.54	6.54	7.41	8.40
210	4.50	5.10	6.02	6.82	7.74
240	4.19	4.75	5.60	6.35	7.20
270	3.93	4.46	5.26	5.96	6.76
300	3.72	4.21	4.97	5.63	6.39
330	3.53	4.00	4.72	5.35	6.07
360	3.37	3.82	4.51	5.11	5.79
390	3.23	3.66	4.32	4.89	5.55
420	3.10	3.51	4.15	4.70	5.33
450	2.99	3.39	4.00	4.53	5.14
480	2.89	3.27	3.86	4.38	4.96
510	2.79	3.17	3.74	4.24	4.80
540	2.71	3.07	3.62	4.11	4.66

Elaboración Propia



Hietograma – Periodo de retorno – Huancata 100 años						
Tiempo (min)	I (mm/hr)	P acum. (mm)	P (mm)	I parcial (mm/h)	P altern. (mm)	I parcial Alter.(mm)
30	22.02	11.01	11.01	22.02	1.13	2.26
60	15.17	15.17	4.16	8.32	1.21	2.42
90	12.20	18.30	3.13	6.26	1.31	2.62
120	10.45	20.90	2.60	5.21	1.44	2.88
150	9.27	23.17	2.27	4.54	1.61	3.22
180	8.40	25.21	2.04	4.08	1.86	3.73
210	7.74	27.07	1.86	3.73	2.27	4.54
240	7.20	28.80	1.72	3.45	3.13	6.26
270	6.76	30.41	1.61	3.22	11.01	22.02
300	6.39	31.93	1.52	3.04	4.16	8.32
330	6.07	33.37	1.44	2.88	2.60	5.21
360	5.79	34.74	1.37	2.74	2.04	4.08
390	5.55	36.05	1.31	2.62	1.72	3.45
420	5.33	37.30	1.26	2.51	1.52	3.04
450	5.14	38.51	1.21	2.42	1.37	2.74
480	4.96	39.68	1.17	2.33	1.26	2.51
510	4.80	40.81	1.13	2.26	1.17	2.33
540	4.66	41.90	1.09	2.19	1.09	2.19

Elaboración Propia

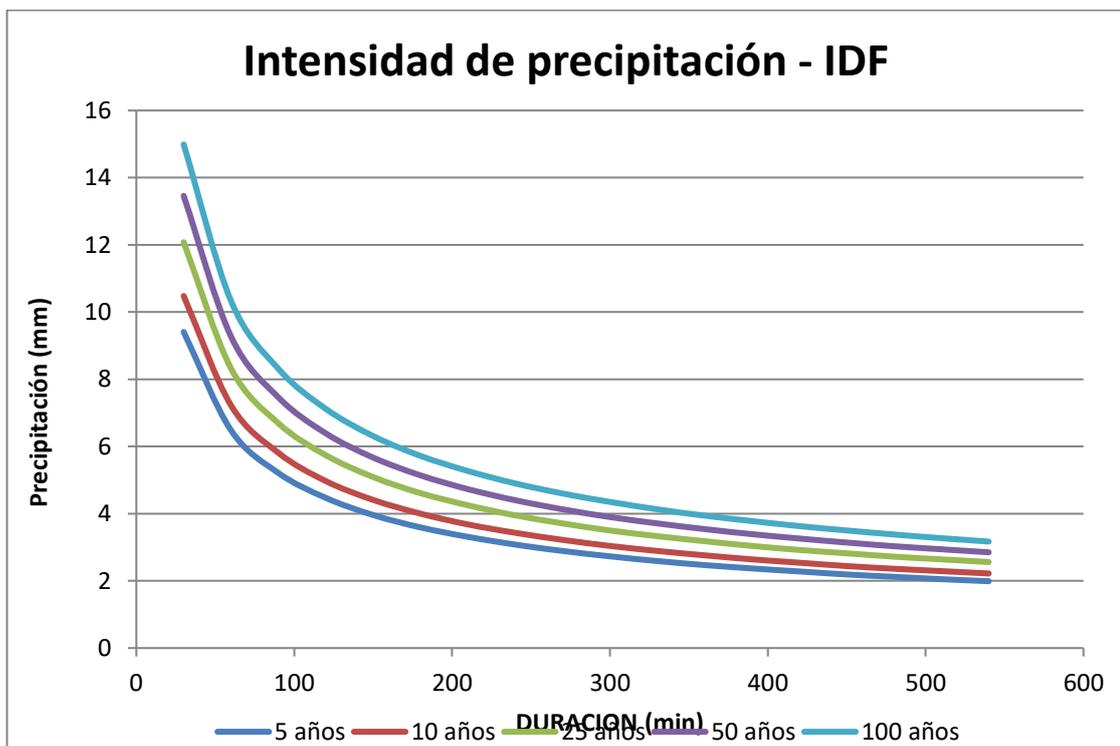


ESTACION HUAÑEC

$$I = \frac{45.5757 T^{0.1555}}{t^{0.5375}}$$

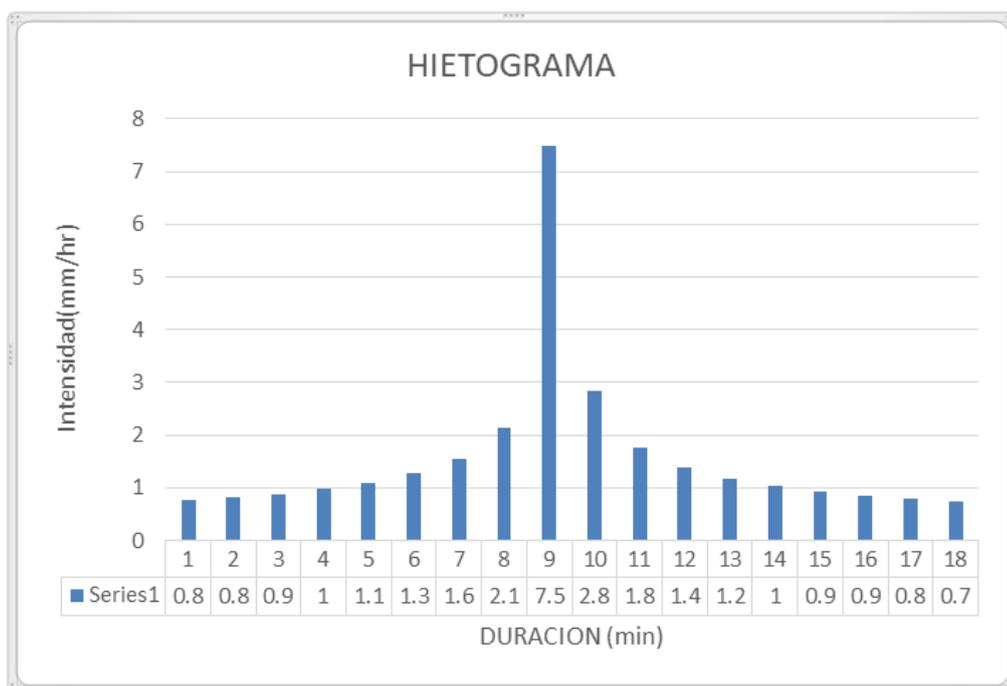
Duración (min)	Los Periodo de Retorno (años)				
	5	10	25	50	100
30	9.41	10.48	12.08	13.46	14.99
60	6.48	7.22	8.32	9.27	10.33
90	5.21	5.81	6.69	7.46	8.31
120	4.47	4.97	5.74	6.39	7.12
150	3.96	4.41	5.09	5.67	6.31
180	3.59	4.00	4.61	5.14	5.72
210	3.31	3.68	4.25	4.73	5.27
240	3.08	3.43	3.95	4.40	4.90
270	2.89	3.22	3.71	4.13	4.60
300	2.73	3.04	3.50	3.90	4.35
330	2.59	2.89	3.33	3.71	4.13
360	2.47	2.76	3.18	3.54	3.94
390	2.37	2.64	3.04	3.39	3.78
420	2.28	2.54	2.92	3.26	3.63
450	2.19	2.44	2.82	3.14	3.50
480	2.12	2.36	2.72	3.03	3.38
510	2.05	2.29	2.64	2.94	3.27
540	1.99	2.22	2.56	2.85	3.17

Elaboración propia



Hietograma – Periodo de retorno – Huañec 100 años						
Tiempo (min)	I (min/hr)	P acum. (mm)	P (mm)	I parcial (mm/h)	P altern. (mm)	I parcial Alter.(mm)
30	14.99	7.50	7.50	14.99	0.77	1.54
60	10.33	10.33	2.83	5.67	0.82	1.65
90	8.31	12.46	2.13	4.26	0.89	1.78
120	7.12	14.23	1.77	3.55	0.98	1.96
150	6.31	15.78	1.55	3.09	1.10	2.20
180	5.72	17.17	1.39	2.78	1.27	2.54
210	5.27	18.44	1.27	2.54	1.55	3.09
240	4.90	19.61	1.17	2.35	2.13	4.26
270	4.60	20.71	1.10	2.20	7.50	14.99
300	4.35	21.74	1.03	2.07	2.83	5.67
330	4.13	22.72	0.98	1.96	1.77	3.55
360	3.94	23.65	0.93	1.87	1.39	2.78
390	3.78	24.55	0.89	1.78	1.17	2.35
420	3.63	25.40	0.86	1.71	1.03	2.07
450	3.50	26.23	0.82	1.65	0.93	1.87
480	3.38	27.02	0.79	1.59	0.86	1.71
510	3.27	27.79	0.77	1.54	0.79	1.59
540	3.17	28.53	0.74	1.49	0.74	1.49

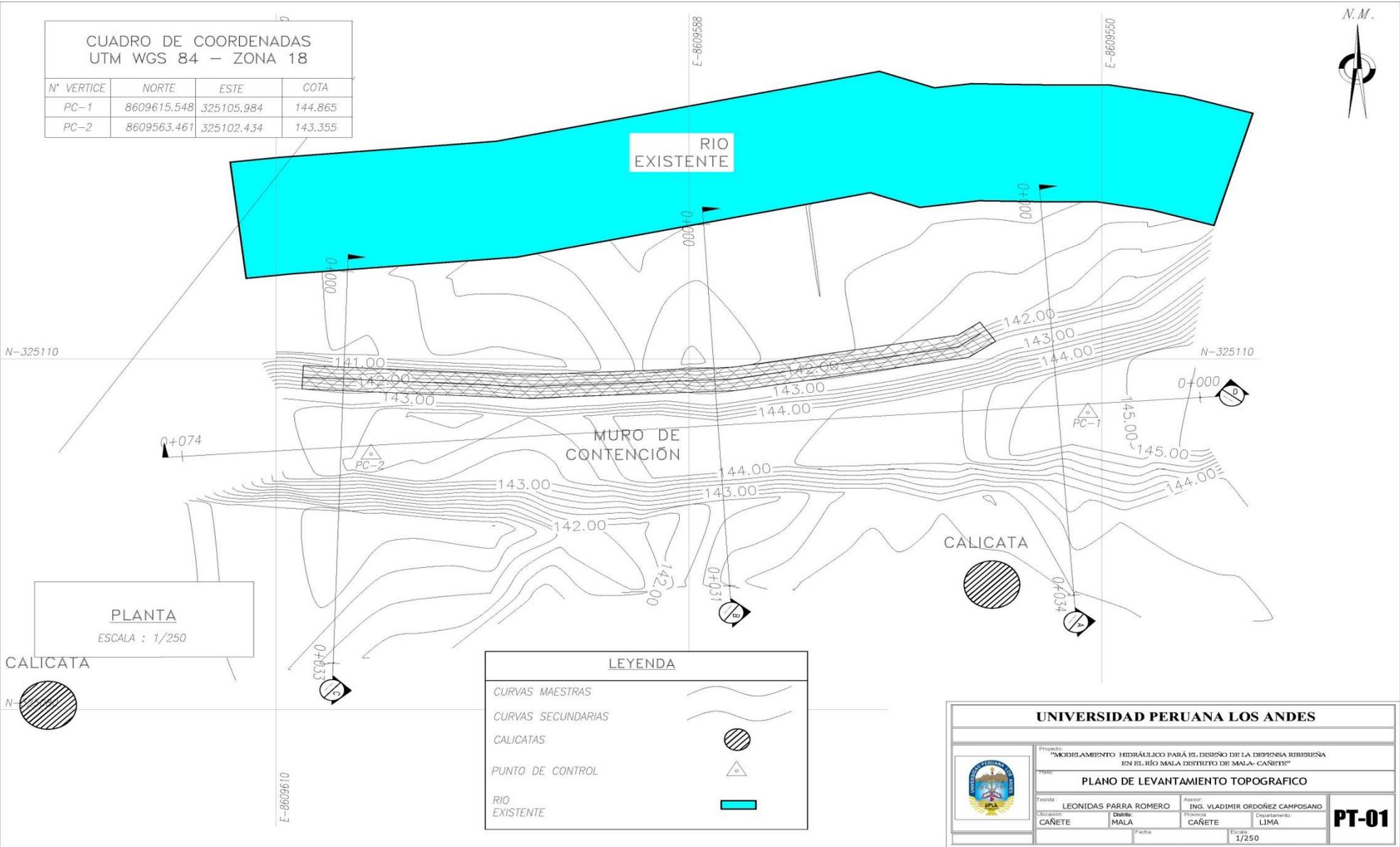
Elaboración Propia



ANEXO 9
PLANOS DE DEFENSA CON GAVIONES

CUADRO DE COORDENADAS
UTM WGS 84 - ZONA 18

N° VERTICE	NORTE	ESTE	COTA
PC-1	8609615.548	325105.984	144.865
PC-2	8609563.461	325102.434	143.355



PLANTA
ESCALA : 1/250

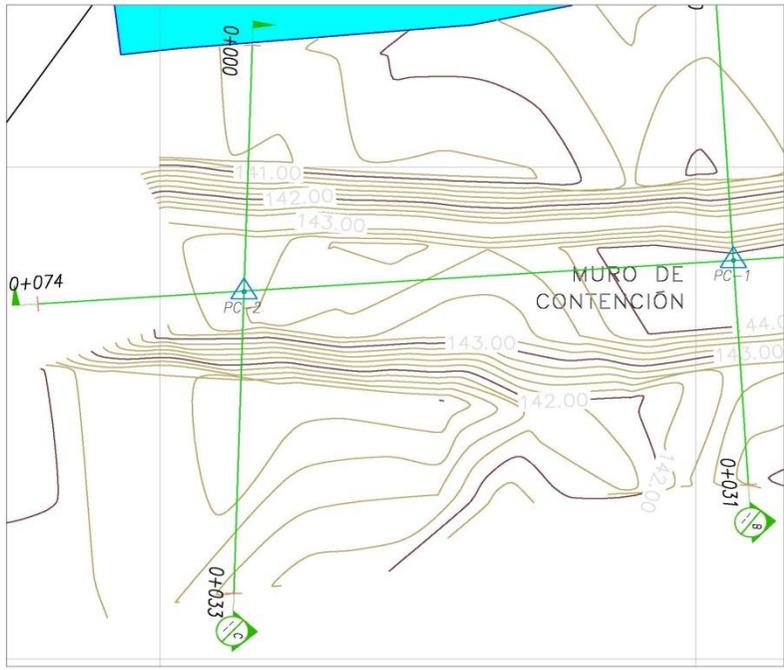
LEYENDA

CURVAS MAESTRAS	
CURVAS SECUNDARIAS	
CALICATAS	
PUNTO DE CONTROL	
RIO EXISTENTE	

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

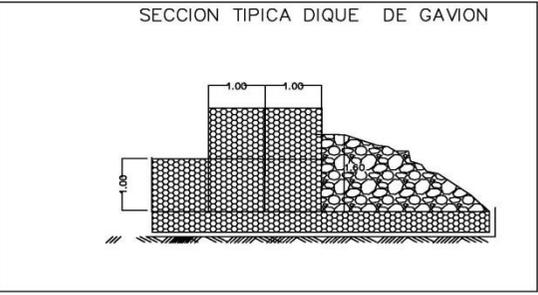
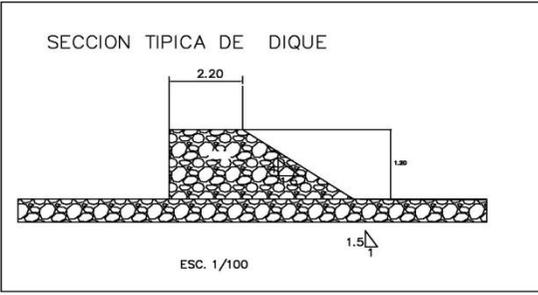
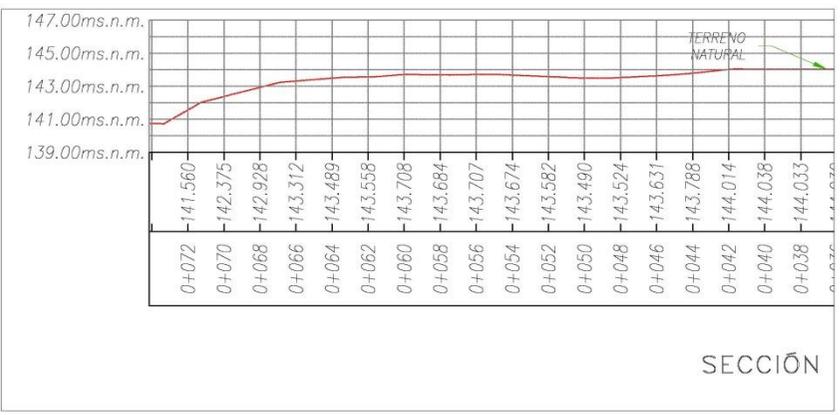


Proyecto: "MODIFICAMIENTO HIDRÁULICO PARA EL DISEÑO DE LA DEPÓSITA RIBERIEÑA EN EL RÍO MALA DISTRITO DE MALA- CAÑETE"			
Nombre: PLANO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO			
Tejido: LEONIDAS PARRA ROMERO	Asesor: ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO		PT-01
Ubicación: CAÑETE	Distrito: MALA	Provincia: CAÑETE	
Fecha:		Departamento: LIMA	
Escala: 1/250			



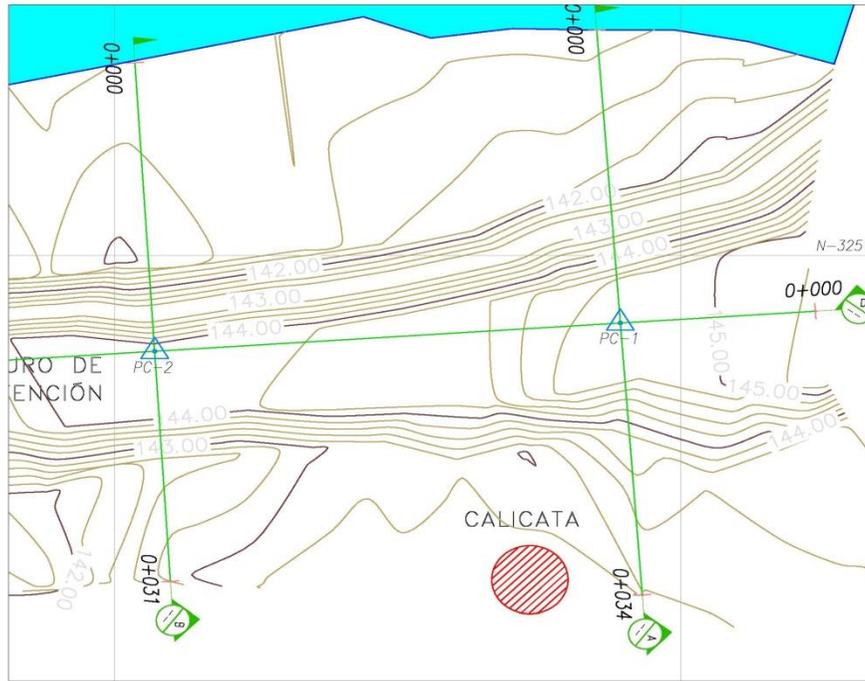
LEYENDA

CURVAS MAESTRAS	
CURVAS SECUNDARIAS	
CALICATAS	
PUNTO DE CONTROL	
RIO EXISTENTE	

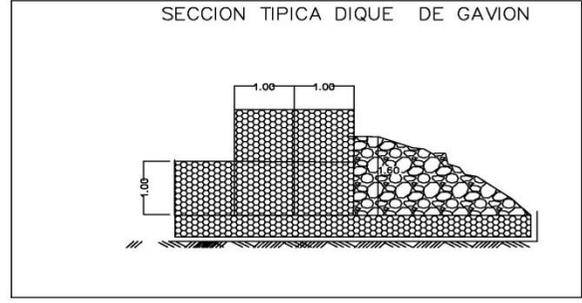
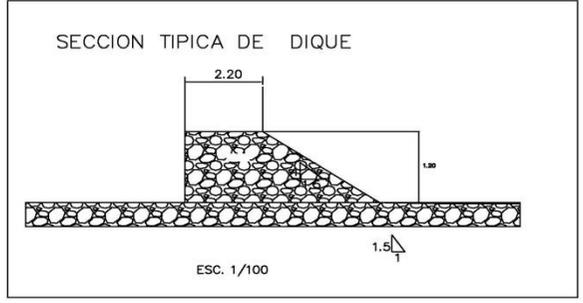
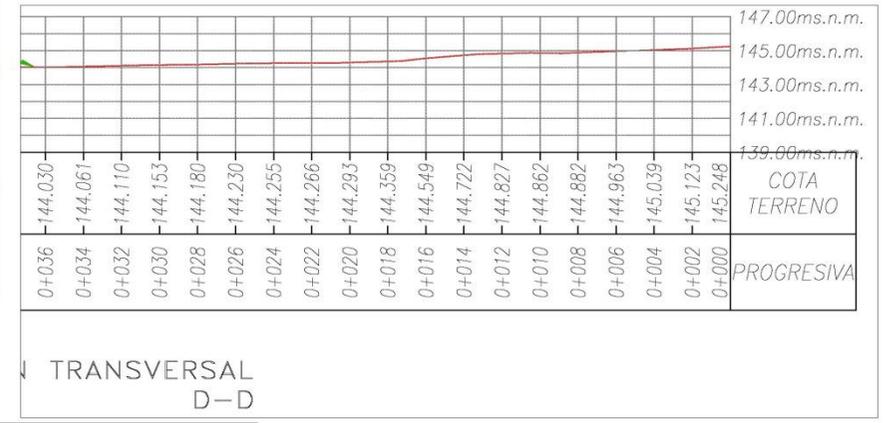


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

Proyecto: "MODELAMIENTO HIDRALICO PARA EL DISEÑO DE LA DEFENSA RIBERENA EN EL RIO MALA DISTRITO DE MALA- CAÑETE"			
PLANO PLANTA Y PERFIL + 0.037-0.074			
	Docente: LEONIDAS PARRA ROMERO	Asesor: ING. VLADIMIR ORDÓÑEZ CAMPOSANO	PP-01
Ubicación: CAÑETE	Distrito: MALA	Provincia: CAÑETE	
Fecha:		Escala: 1/250	



LEYENDA	
CURVAS MAESTRAS	
CURVAS SECUNDARIAS	
CALICATAS	
PUNTO DE CONTROL	
RIO EXISTENTE	



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES			
Proyecto: "MODELAMIENTO HIDRÁULICO PARA EL DISEÑO DE LA DISPENSA RIBERENA EN EL RÍO MALA DISTRITO DE MALA- CAÑETE" Título: PLANO PLANTA Y PERFIL + 0.000-0.037			
 Autor: LEONIDAS PARRA ROMERO	Asesor: ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO	PP-02	
Ubicación: CAÑETE	Distrito: MALA		
Fecha:		Escala: 1/250	

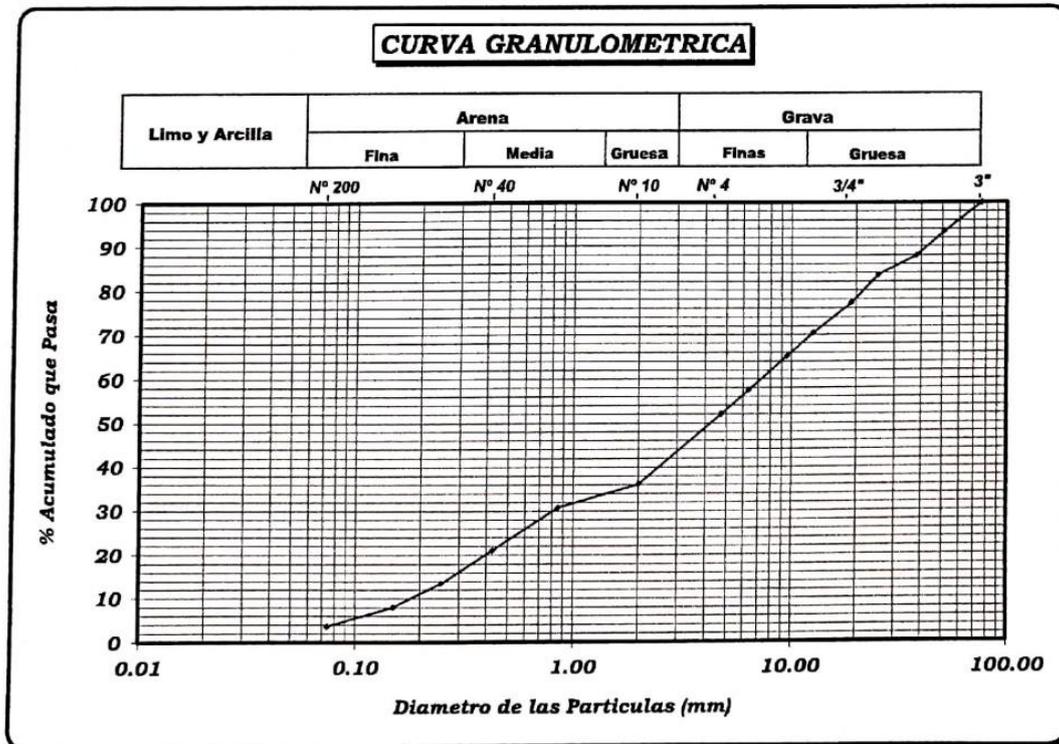
ANEXO 10
RESULTADOS DE CALICATAS



IGERSA
 Los Civiles 396 - Piso 1
 La Riviera de Monterrico - La Molina - Lima
 Telf : 349-6770 - email: igersa.geotecnia@gmail.com
GRANULOMETRIA
 POR TAMIZADO NORMA ASTM 422
 IGERSA-LMS - 033/2020

SOLICITA : LEONIDAS FELIPE PARRA ROMERO CALICATA : C - 2
 PROYECTO: MODELAMIENTO HIDRAULICO PARA EL DISEÑO DE LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL RIO MALA SECTOR CRUZ BLANCA, DISTRITO DE MALA - CAÑETE MUESTRA : MAB - 1
 UBICACIÓN: DISTRITO DE MALA PROFUND. : 0.00-1.50 m.
 FECHA : martes, 29 de septiembre de 2020 N.F. : -

TAMIZ ASTM	PESO RETENIDO	%			OBSERVACIONES	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
		RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA		
3"			0	100	Presencia de Boloneras.	LIMITE LIQUIDO = NT
2"	1211.3	6.62	7	93		LIMITE PLASTICO = NP
1 1/2"	1003.5	5.48	12	88		INDICE DE PLASTICIDAD = -
1"	811.6	4.44	17	83		CLASIFICACION S.U.C.S. = GP
3/4"	1136.5	6.21	23	77		CLASIFICACION AASHTO = A-1a → IG (0)
1/2"	1245.3	6.81	30	70		DESCRIPCIÓN : Grava mal graduada con arena
3/8"	978.6	5.35	35	65		Coef. de Uniformidad (C _u) = 39.90
1/4"	1399.2	7.65	43	57		Coef. de Curvatura (C _c) = 0.49
Nº 4	985.6	5.39	48	52		OBSERVACIONES:
Nº10	358.6	15.92	64	36		MATERIAL TOTAL (gr) 18297.21
Nº20	121.6	5.40	69	31		FRACCION GRAVAS (gr) 8771.60 48%
Nº40	216.8	9.63	79	21		FRACCION ARENAS (gr) 9525.61 48%
Nº60	169.7	7.53	86	14		FRACCION FINA (gr) 76.00 4%
Nº100	125.3	5.56	92	8		Fraccion Humeda (gr) 1256.80
Nº200	98.6	4.38	96	4		Humedad Muestra (%) 7.19%
PASA Nº 200	76.0	3.37	100			Fraccion Seca (gr) 1172.50



Marcos Meza Rivera
 TEC. EJECUTOR

EDUARDO V. RUIZ RODRIGUEZ
 ING. CIVIL
 CIR. N° 7485
 Eduardo Ruiz Rodriguez
 ING. RESPONSABLE



IGERSA

Los Civiles 396 - Piso 1

La Riviera de Monterrico - La Molina - Lima

Telf : 348-9077 - email: igersa.geotecnia@gmail.com

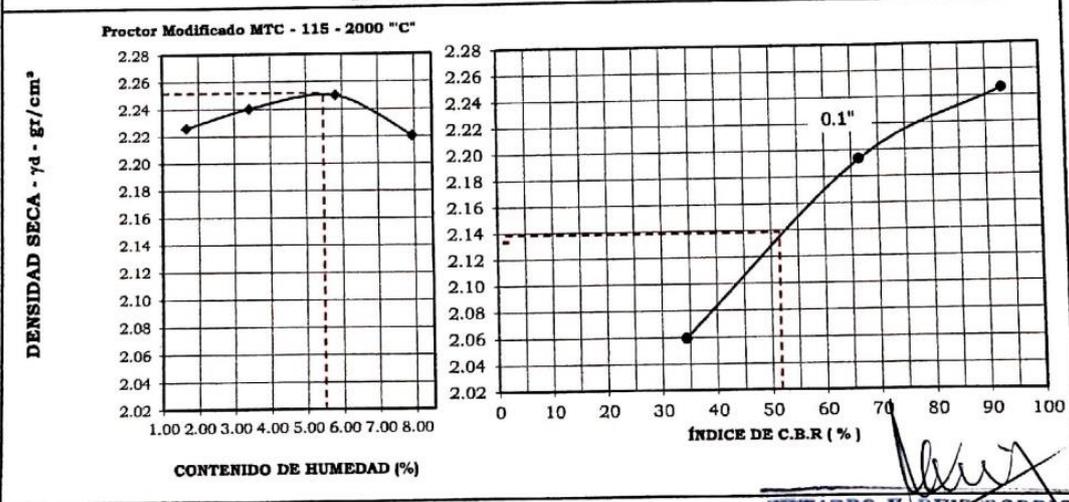
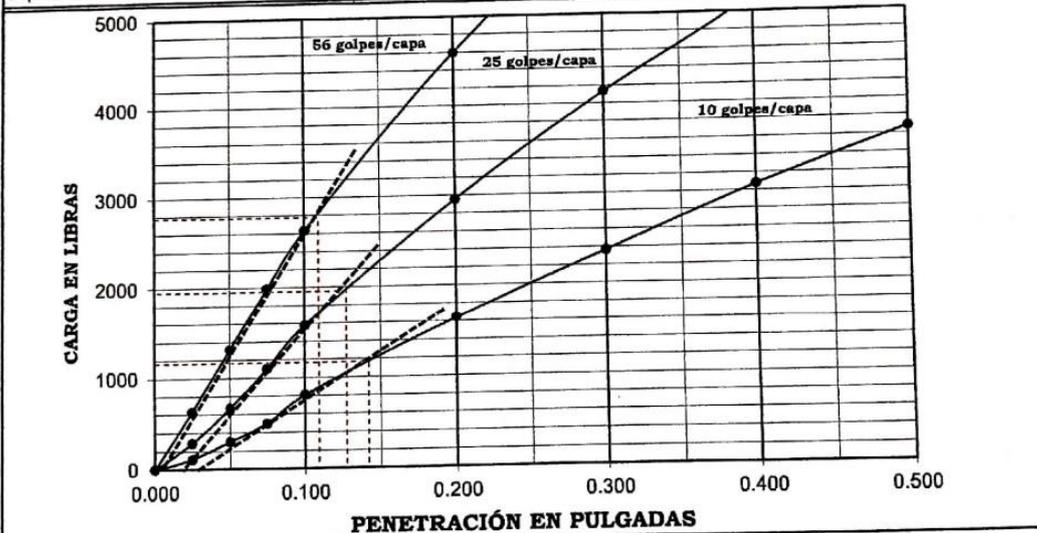
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

IGERSA-LMS - 033/2020

ENSAYO DE C.B.R. ASTM D - 1883

Solicitante : LEONIDAS FELIPE PARRA ROMERO	Realiza : IGERSA
Proyecto : MODELAMIENTO HIDRAULICO PARA EL DISEÑO DE LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL RIO MALA SECTOR CRUZ BLANCA, DISTRITO DE MALA - CAÑETE	Calicata : C - 1
Ubicación : DISTRITO DE MALA	Profundidad : 1.50 m.
Muestra : MAB-1	Fecha : 29 de Setiembre de 2020

Densidad Seca Máxima (D.S.M.)	: 2.25 gr/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	: 5.57 %
C.B.R. 0.1" - 95 % D.S.M.	: 52.78 %
C.B.R. 0.1" - 100 % D.S.M.	: 93.05 %
Expansión	: 0.00 %



Marcos Meza Rivera
 TÉC. EJECUTOR

EDUARDO V. RUIZ RODRIGUEZ
 ING. CIVIL
 CIR. N° 7434
Eduardo Ruiz Rodriguez
 ING. RESPONSABLE



IGERSA
 Los Civiles 396 - Piso 1
 La Riviera de Monterrico - La Molina - Lima
 Telf : 348-9077 - email: igersa.geotecnia@gmail.com

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CBR
 ASTM D 1883

SOLICITANTE	LEONIDAS FELIPE PARRA ROMERO	Realiza	IGERSA
PROYECTO	MODELAMIENTO HIDRAULICO PARA EL DISEÑO DE LA DEFENSA RIBERENA EN EL RIO MALA SECTOR CRUZ BLANCA, DISTRITO DE MALA - CAÑETE	Calicata	C - 1
UBICACIÓN	DISTRITO DE MALA	Profund.	1.50 m.
MUESTRA	MAB-1	Fecha	29 de Setiembre de 2020

Condición de la muestra	1		5		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	1		5		3	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Peso molde+suelo húmedo (gr)	12611	13024	12135	12645	12168	12752
Peso de molde (gr)	7110	7110	6754	6754	7155	7155
Peso del suelo húmedo (gr)	5501	5914	5381	5891	5013	5597
Volumen del molde (cm3)	2317	2317	2317	2317	2317	2317
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.374	2.552	2.322	2.543	2.164	2.416
Densidad seca (gr/cm3)	2.25	2.25	2.19	2.19	2.06	2.06
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	197.0	215.5	214.4	230.4	234.3	204.4
Tarro + Suelo seco (gr)	187.5	192.7	203.0	202.1	224.0	176.3
Peso del Agua (gr)	9.48	22.79	11.36	28.23	10.25	28.11
Peso del tarro (gr)	21.35	22.54	10.25	25.36	22.00	13.25
Peso del suelo seco (gr)	166.2	170.1	192.8	176.8	202.0	163.0
Humedad (%)	5.71	13.39	5.89	15.97	5.07	17.25
Expansión (%)	0.00		0.00		0.00	

PROCTOR MODIFICADO-MTC - 115 - 200 "C"

Condición de la muestra	5		5		5		5	
	NO SATURADO	SATURADO						
N° Capa	5		5		5		5	
Golpes por capa N°	56		56		56		56	
Peso molde+suelo húmedo (gr)	11243	11358	11494	11534				
Peso de molde (gr)	6435	6435	6435	6435				
Peso del suelo húmedo (gr)	4808	4923	5059	5099				
Volumen del molde (cm3)	2125	2125	2125	2125				
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.263	2.317	2.381	2.400				
Densidad seca (gr/cm3)	2.23	2.24	2.25	2.22				
Tarro N°	-	-	-	-				
Tarro + Suelo húmedo (gr)	216.3	195.3	255.7	213.7				
Tarro + Suelo seco (gr)	213.5	189.7	244.1	200.1				
Peso del Agua (gr)	2.78	5.64	11.60	13.55				
Peso del tarro (gr)	45.98	24.69	44.73	29.68				
Peso del suelo seco (gr)	167.5	165.0	199.4	170.4				
Humedad (%)	1.66	3.42	5.82	7.95				

C.B.R.

PENETRACIÓN	MOLDE N° 1 (56 g/c)				MOLDE N° 5 (25 g/c)				MOLDE N° 3 (10 g/c)			
	CARGA		CORREGIDA		CARGA		CORREGIDA		CARGA		CORREGIDA	
	Dial (div)	Lb	Lb/Pul²	%	Dial (div)	Lbs	Lb/Pul²	%	Dial (div)	Lbs	Lb/Pul²	%
0.000	0	0			0	0			0	0		
0.025	71	629			32	283			12	106		
0.050	148	1311			75	664			34	301		
0.075	224	1984			124	1098			56	496		
0.100	297	2630	2773.0	93.1	178	1576	1981	66.5	91	806	1024	34.4
0.200	519	4596			334	2958			185	1638		
0.300	687	6084			467	4136			267	2365		
0.400	758	6713			587	5199			347	3073		
0.500	821	7271			754	6678			416	3684		

Marcos Meza Rivera
TÉC. EJECUTOR

EDUARDO V. RUIZ RODRIGUEZ
ING CIVIL
CIR. N° 7485

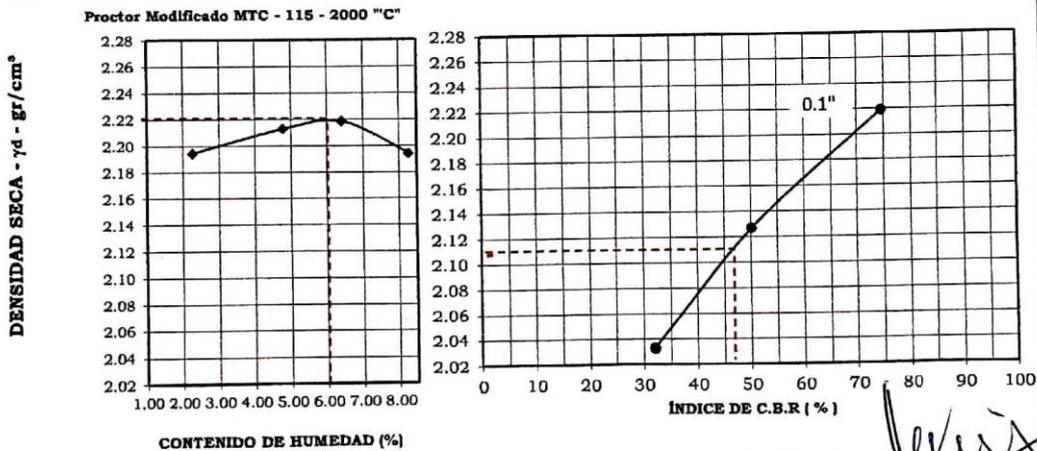
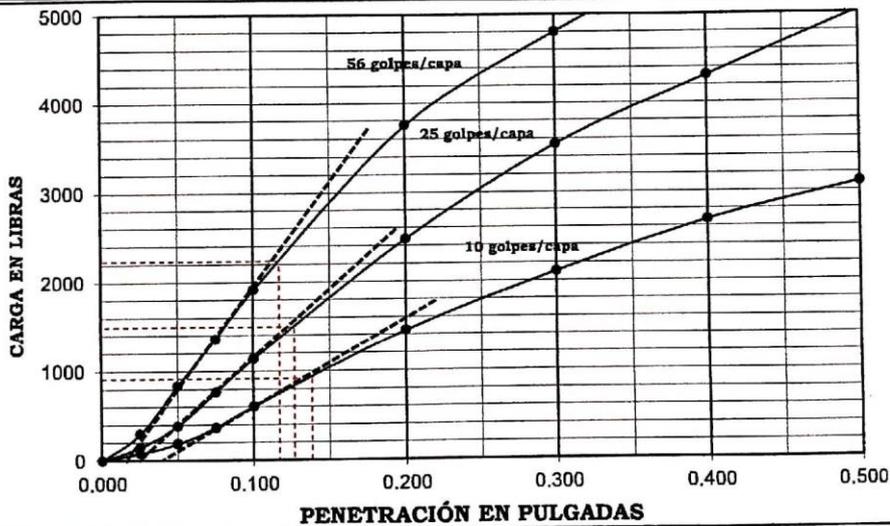
Eduardo Ruiz Rodriguez
ING RESPONSABLE



IGERSA
 Los Civiles 396 - Piso 1
 La Riviera de Monterrico - La Molina - Lima
 Telf : 348-9077 - email: igersa.geotecnia@gmail.com
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 IGERSA-LMS - 033/2020
 ENSAYO DE C.B.R. ASTM D - 1883

Solicitante	: LEONIDAS FELIPE PARRA ROMERO	Realiza	: IGERSA
Proyecto	: MODELAMIENTO HIDRAULICO PARA EL DISEÑO DE LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL RIO MALA SECTOR CRUZ BLANCA, DISTRITO DE MALA - CAÑETE	Calicata	: C - 2
Ubicación	: DISTRITO DE MALA	Profundidad	: 1.50 m.
Muestra	: MAB-1	Fecha	: 29 de Setiembre de 2020

Densidad Seca Máxima (D.S.M.)	:	2.22	gr/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	:	6.06	%
C.B.R. 0.1" - 95 % D.S.M.	:	46.11	%
C.B.R. 0.1" - 100 % D.S.M.	:	74.63	%
Expansión	:	0.00	%



Marcós Méza Rivera
Marcós Méza Rivera
 TÉC. EJECUTOR

Eduardo Ruiz Rodríguez
EDUARDO V. RUIZ RODRIGUEZ
 ING. CIVIL
 CIR N° 7425
Eduardo Ruiz Rodríguez
 ING. RESPONSABLE



IGERSA

Los Civiles 396 - Piso 1

La Riviera de Monterrico - La Molina - Lima

Telf : 348-9077 - email: igersa.geotecnia@gmail.com

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CBR ASTM D 1883

SOLICITANTE	: LEONIDAS FELIPE PARRA ROMERO	Realiza	: IGERSA
PROYECTO	: MODELAMIENTO HIDRAULICO PARA EL DISEÑO DE LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL RIO MALA SECTOR CRUZ BLANCA, DISTRITO DE MALA - CAÑETE	Calicata	: C - 2
UBICACIÓN	: DISTRITO DE MALA	Profund.	: 1.50 m.
MUESTRA	: MAB-1	Fecha	: 29 de Setiembre de 2020

Molde N°	1		5		3	
	56		25		10	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde+suelo húmedo (gr)	12571	13120	11985	12586	12158	12767
Peso de molde (gr)	7110	7110	6754	6754	7155	7155
Peso del suelo húmedo (gr)	5461	6010	5231	5832	5003	5612
Volumen del molde (cm3)	2317	2317	2317	2317	2317	2317
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.357	2.594	2.258	2.517	2.159	2.422
Densidad seca (gr/cm3)	2.22	2.22	2.13	2.13	2.03	2.03
Tarro N°	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr)	200.4	246.3	198.2	229.3	226.8	224.4
Tarro + Suelo seco (gr)	190.7	215.0	187.7	202.1	216.0	198.9
Peso del Agua (gr)	9.71	31.30	10.56	27.22	10.77	27.50
Peso del tarro (gr)	34.52	28.36	15.98	52.36	42.69	56.12
Peso del suelo seco (gr)	156.1	186.6	171.7	149.8	173.3	140.7
Humedad (%)	6.22	16.77	6.15	18.18	6.22	19.54
Expansión (%)	0.00		0.00		0.00	

PROCTOR MODIFICADO-MTC - 115 - 200 "C"

N° Capa	5		5		5		5	
	56		56		56		56	
Golpes por capa N°	56		56		56		56	
Peso molde+suelo húmedo (gr)	11203	11362	11452	11483				
Peso de molde (gr)	6435	6435	6435	6435				
Peso del suelo húmedo (gr)	4768	4927	5017	5048				
Volumen del molde (cm3)	2125	2125	2125	2125				
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.244	2.319	2.361	2.376				
Densidad seca (gr/cm3)	2.19	2.21	2.22	2.19				
Tarro N°								
Tarro + Suelo húmedo (gr)	228.6	179.7	245.8	220.7				
Tarro + Suelo seco (gr)	224.4	172.0	235.4	206.5				
Peso del Agua (gr)	4.24	7.65	10.39	14.24				
Peso del tarro (gr)	36.87	11.98	73.56	34.21				
Peso del suelo seco (gr)	187.5	160.0	161.9	172.2				
Humedad (%)	2.26	4.78	6.42	8.27				

C.B.R.

PENETRACIÓN Pulg	MOLDE N° 1 (56 g/c)				MOLDE N° 5 (25 g/c)				MOLDE N° 3 (10 g/c)			
	CARGA		CORREGIDA		CARGA		CORREGIDA		CARGA		CORREGIDA	
	Dial (div)	Lb	Lb/Pul²	%	Dial (div)	Lbs	Lb/Pul²	%	Dial (div)	Lbs	Lb/Pul²	%
0.000	0	0			0	0			0	0		
0.025	33	292			16	142			9	80		
0.050	94	832			43	381			21	186		
0.075	153	1355			86	762			41	363		
0.100	216	1913	2224.0	74.6	128	1134	1497	60.2	68	602	958	32.1
0.200	423	3746			279	2471			163	1444		
0.300	542	4800			399	3534			237	2099		
0.400	645	5712			486	4304			302	2675		
0.500	772	6837			588	5030			349	3091		

Marcos Meza Rivera
TÉC. EJECUTOR

Eduardo Ruiz Rodríguez
ING RESPONSABLE