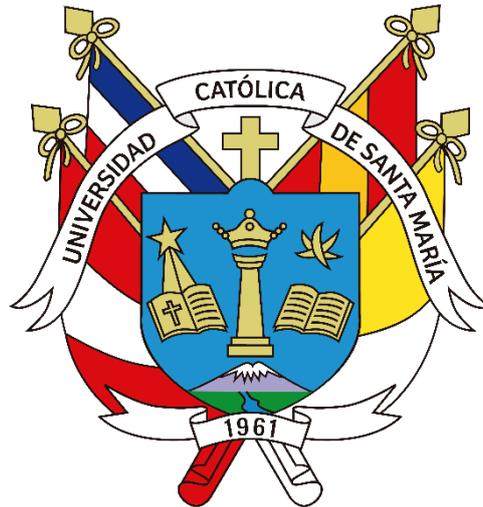


Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**“ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA
ESTANQUILLO CON EL MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO
DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO
DE AREQUIPA”**

Tesis presentada por la Bachiller:

Villegas Masías, Meyling Nayham

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Asesor:

Dr. Ing. Hidalgo Valdivia,

Alejandro Víctor.

Arequipa – Perú

2023

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA CIVIL
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 07 de Noviembre del 2022

Dictamen: 004222-C-EPIC-2022

Visto el borrador del expediente 004222, presentado por:

2007202302 - VILLEGAS MASIAS MEYLING NAYHAM

Titulado:

**ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO CON EL
MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE
AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1950 - ARROYO AMBLA ARTURO FELIX
DICTAMINADOR**



**2115 - TICONA BALDARRAGO AGUSTO ISRAEL
DICTAMINADOR**



**9926 - NORIEGA AQUISE GUILLERMO YOREL
DICTAMINADOR**



ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO CON EL MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

7%

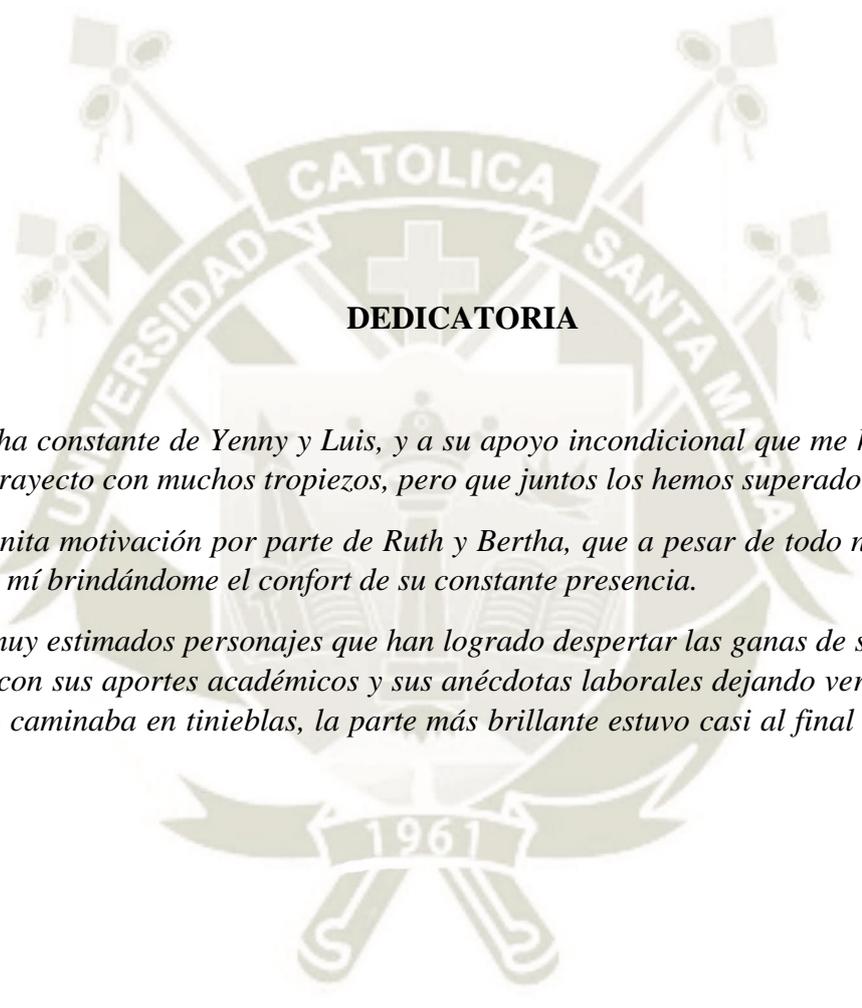
PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	idoc.pub Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	es.slideshare.net Fuente de Internet	1%
6	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.ana.gob.pe Fuente de Internet	1%



DEDICATORIA

A la lucha constante de Yenny y Luis, y a su apoyo incondicional que me han brindado en este trayecto con muchos tropiezos, pero que juntos los hemos superado.

A la infinita motivación por parte de Ruth y Bertha, que a pesar de todo no dejaron de creer en mí brindándome el confort de su constante presencia.

A esos muy estimados personajes que han logrado despertar las ganas de seguir en este camino con sus aportes académicos y sus anécdotas laborales dejando ver que, aunque al inicio caminaba en tinieblas, la parte más brillante estuvo casi al final de este largo período.



“Nadie es una isla, completo en sí mismo; cada hombre es un pedazo del continente, una parte de la tierra; si el mar se lleva una porción de tierra, toda Europa queda disminuida, como si fuera un promontorio, o la casa de uno de tus amigos, o la tuya propia; la muerte de cualquier hombre me disminuye, porque estoy ligado a la humanidad; y, por consiguiente, nunca hagas preguntar por quién doblan las campanas; doblan por ti.”

John Donne

RESUMEN

La presente tesis sobre el “Análisis de Riesgo frente a inundaciones en la Quebrada Estanquillo” se enfoca en la evaluación Hidrológica e Hidráulica en el sector de Cono Norte, más especialmente en la quebrada Estanquillo, Distrito de Cerro Colorado, ciudad de Arequipa.

En primer lugar, se comenzó con la recopilación de información de las Instituciones (SENAMHI Y ANA) y la visita a campo para conocer el aspecto topográfico de la quebrada, uso de suelo y las características geológicas de la zona de estudio. Así mismo se recopiló información Catastral para identificar la vulnerabilidad del área de evaluación ante máximas avenidas.

Luego, se delimitó la cuenca mediante el Software Arc Gis a través de imágenes Satelitales ASTER-GDEM, conociendo así sus parámetros Físicos, Geomorfológicos e Hidráulicos para la simulación de las características fisiográficas de la cuenca con la extensión HEC – GeoHMS para el modelo Hidrológico HEC - HMS.

A partir de los datos pluviómetros de las estaciones más cercanas y circundantes en la zona del proyecto “Quebrada Estanquillo” se determinó la lluvia de diseño para diferentes periodos de retorno de acuerdo al Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (MTC). Para lo cual el modelamiento Hidráulico se realizó con el Software libre IBER que es un modelo matemático bidimensional en el análisis numérico sobre Hidráulica Fluvial (Simulación del flujo en lamina libre en cauces naturales, diseño de encauzamientos y obras de protección).

Para de esta manera realizar la identificación de zonas riesgo frente a inundaciones en máximas avenidas y de elaborar mapas de exposición y vulnerabilidad por posibles

daños en la zona del proyecto “quebrada Estanquillo”. De esta manera diseñar obras de protección como muros de Contención en Voladizo como solución y/o mitigación.

Palabras Clave: Análisis de riesgo, modelo matemático bidimensional, quebrada estanquillo, Vulnerabilidad.



ABSTRACT

The present thesis on the "Flood Risk Analysis in the Estanquillo Ravine" focuses on Hydrological and Hydraulic Assessment in the North Cone sector, especially in the Estanquillo Ravine, Cerro Colorado District, city of Arequipa.

First, we began with the collection of information from the Institutions (SENAMHI and ANA) and the field visit to know the topographic aspect of the ravine, land use and geological characteristics of the study area. Cadastral information was also collected to identify the vulnerability of the evaluation area to maximum floods.

Then, the basin was delimited through the Arc Gis Software through ASTER-GDEM satellite images, thus knowing its physical parameters, Geomorphological and Hydraulic to simulate the physiographic characteristics of the basin with the extension HEC - GeoHMS for the hydrological model HEC - HMS.

From the rainfall data of the nearest and surrounding stations in the "Quebrada Estanquillo" project area, the design rain was determined for different return periods according to the Manual of Hydrology, Hydraulics and Drainage (MTC). For which the Hydraulic modeling was carried out with the free software IBER that is a two-dimensional mathematical model in the numerical analysis on Fluvial Hydraulics (simulation of the flow in free lamina in mother-of-pearl channels, design of channeling and protection works).

In order to carry out the identification of risk zones in front of floods in maximum avenues and to elaborate maps of exposure and vulnerability for possible damages in the area of the "quebrada Estanquillo" project. In this way, design protective works such as cantilevered retaining walls as a solution and/or mitigation.

Keywords: Risk analysis, two-dimensional mathematical model, broken standard, Vulnerability.



INTRODUCCIÓN

El Perú es uno de los países más vulnerables al cambio climático y Arequipa no es ajena a ella, más aún en Cono Norte, con una alta creciente y población vulnerable frente a máximas avenidas en época de lluvias.

La Población de Cono Norte presenta riesgos recurrentes de inundación cada año, una alta exposición y vulnerabilidad ante fenómenos Hidro-meteorológicos extremos, como también una inadecuada planificación de la ocupación del territorio.

Las inundaciones son fenómenos naturales, que se han presentado y se presentaran a lo largo de toda la historia de nuestro planeta y que hoy en día causan muchos daños. La incertidumbre de no conocer áreas de inundación cartografiada, hace que la población se acentúe en áreas de posible peligro, al no contar con estudios de análisis de riesgo, lo que causa pérdidas económicas en zonas rurales y más aun de vidas humanas.

Actualmente en Cono Norte y específicamente en la “Quebrada Estanquillo” no se cuentan con estudios Hidrológicos e Hidráulicos que permitan una adecuada planificación frente a máximas avenidas, ya que son de vital importancia porque nos permiten una adecuada planificación, ordenamiento territorial y gestión ambiental. Por consiguiente, estos factores permitirán un conocimiento de análisis de riesgo frente a inundaciones en la “Quebrada Estanquillo”.

Actualmente se han desarrollado diversos Softwares, que permiten el modelamiento de estos fenómenos (HEC - HMS, HEC - RAS, IBER) para luego proponer documentos cartografiados y estimar el riesgo frente a inundaciones en época de lluvias.

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I 1

1. ASPECTOS GENERALES 1

1.1 Generalidades..... 2

1.2 Área de estudio 2

1.3 Ubicación 2

1.3.1 Límites..... 3

1.4 Torrenteras 3

1.5 Clima..... 3

1.6 Vías de acceso..... 3

1.6.1 Vías Locales 3

1.6.2 Vía Interdistrital 3

1.7 Situación de predios..... 4

1.8 Objetivos 6

1.8.1 Objetivo Principal..... 6

1.8.2 Objetivo Especifico 6

CAPITULO II 7

2. REVISIÓN DE LITERATURA 7

2.1 Marco conceptual: Modelo Digital de Elevación MDE 8

2.2 Marco conceptual: Análisis Hidrológico 8

2.3 Marco conceptual: Análisis Hidráulico 9

2.4 Marco conceptual: SIG 10

CAPITULO III 11

3. METODOLOGÍA Y MATERIALES 11

3.1 Recopilación de información 12

3.1.1 Cuenca hidrográfica 12

3.1.2 UH Medio Quilca – Vitor -Chili 14

3.2 Modelo digital de Elevación MDE 14

3.3 Sistema de información Geográfica – SIG 14

3.3.1 Arc Gis 14

3.4 Parámetros de la cuenca delimitada 15

3.4.1 Delimitación	15
3.4.2 Metodología.....	16
3.5 Determinación de los parámetros geométricos	19
3.6 Determinación de los parámetros de relieve	22
3.7 Determinación de los parámetros de Altitud	25
3.7.1 Red de drenaje	25
3.8 Curva Numero (CN)	26
3.9 Topografía.....	26
3.10 Precipitación	27
3.10.1 Estación CORPAC	27
CAPITULO IV.....	30
4. MODELACIÓN HIDROLÓGICA.....	30
4.1 Registro	31
4.2 Análisis gráfico	31
4.3 Análisis estadístico	32
4.3.1 Análisis de datos (Outliers).....	32
4.3.2 Coeficiente de Asimetría.....	33
4.3.3 Desviación Estándar.....	34
4.3.4 Media Aritmética.....	34
4.4 Estadística aplicada a la hidrología.....	35
4.4.1 Periodo de retorno	35
4.4.2 Riesgo de falla.....	36
4.5 Precipitación Máxima	37
4.5.1 Método de estimación de parámetros de las funciones probabilísticas.....	37
4.6 Funciones de distribución de probabilidad	37
4.6.1 Distribución Gumbel.....	38
4.7.2 Distribución Pearson Tipo III.....	38
4.7.3 Distribución Log Pearson Tipo III	38
4.7 Software Hidroesta	39
4.8 Verificación de las distribuciones modelos	44
4.8.1 Prueba de Smirnov - Kolmogorov	44
4.9 Corrección.....	45
4.10 Determinación de la tormenta de diseño.....	45
4.10.1 Método de Dick y Peschke.....	45
4.10.2 Método ILLA SENAMHI	47

4.11 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia	49
4.12 Método de bloque alterno	50
4.13 Estimación de caudales	52
4.13.1 Tiempo de concentración	52
4.13.2 Numero de curva	53
CAPITULO V	57
5. MODELACIÓN HIDRÁULICA	57
5.1 Modelamiento con el Software Iber.....	58
5.2 Pre – Proceso	58
5.3 Importar geometría	58
5.4 Menú herramienta MDT	58
5.5 Menú herramienta RTIN.....	59
5.6 Importar una TIN generada con un SIG	59
5.7 Condiciones hidrodinámicas.....	60
5.7.1 Condiciones iniciales.....	60
5.7.2 Condiciones de contorno de entrada	60
5.8 Rugosidad	60
5.9 Post – Proceso	60
5.9.1 Visualización de resultados	60
5.10 Ecuaciones hidrodinámicas.....	61
5.10.1 Fricción de fondo	62
5.10.2 Rozamiento superficial por viento	62
5.10.3 Condiciones de contorno.....	62
5.10.4 Abstracción inicial.....	64
5.11 Zona de flujo preferente y zonas inundables	64
5.11.1 Zona de flujo preferente	64
5.11.2 Zonas inundables.....	64
CAPITULO VI.....	67
6. ANÁLISIS DE RIESGO	67
6.1 Inundaciones	68
6.2 Parámetros de evaluación	68
6.2.1 Geología de la zona	68
6.2.2 Geomorfología	70
6.2.3 Meteorología	72
6.2.4 Hidrología.....	72

6.2.5 Pendientes.....	75
6.3 Determinación de peligro.....	77
6.3.1 Identificación del peligro	77
6.4 Análisis de vulnerabilidad	86
6.4.1 Análisis de la vulnerabilidad en la dimensión social	87
6.4.2 Análisis de la vulnerabilidad en la dimensión económica.....	93
6.4.3 Niveles de Vulnerabilidad	96
6.5 Cálculo de riesgo	99
6.5.1. Matriz de Riesgo	99
6.5.2 Niveles y estratificación de riesgo	100
6.6 Cálculo de los efectos probables.....	103
6.7 Control de riesgo.....	103
6.7.1 Aceptabilidad o tolerancia del riesgo	104
CAPITULO VII.....	106
7 OBRAS DE PROTECCIÓN	106
7.1 Protección contra inundaciones	107
7.1.1 Medidas estructurales.....	107
7.2 Defensas ribereñas	107
7.3 Áreas de inundación.....	107
7.3.1 Diagnostico.....	107
7.4 Obras de tipo flexible.....	107
7.4.1 Muros gaviones	107
7.5 Obras de tipo rígido	108
7.5.1 Muros de concreto armado.....	108
7.5.2 Pantalla de concreto armado	108
7.5.3 Propiedades de las pantallas de concreto armado	108
7.6 Consideraciones previas	108
7.7 Muros de contención.....	108
7.8 Diseño de muro de contención en voladizo – Socavación.....	109
7.3.1 Diseño de muro de contención en voladizo (H= 5m).....	109
7.3.2 Diseño de muro de contención en voladizo (H= 4m).....	117
7.3.3 Socavación.....	124
CAPITULO VIII	131
8 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	131
8.1 Contaminación Ambiental	132

8.2 Principales riesgos ambientales	132
8.2.1 Contaminación del aire.....	132
8.2.2 Contaminación del agua	132
8.3 Análisis de elementos expuestos en zonas susceptibles	133
8.4 Factores ambientales.....	133
8.4.1 Impacto por la calidad de aire	133
8.4.2 Impacto por generación de ruidos	134
8.4.3 Impacto por contaminación de suelo.....	134
8.4.4 Impacto por contaminación del agua	135
8.5 Condiciones ecológicas.....	136
8.6 Factores culturales	136
8.7 Evaluación de los impactos según la matriz de Leopold	136
CAPITULO IX.....	139
9 COSTOS Y PRESUPUESTOS	139
9.1 Presupuesto	140
9.2 Metrados	140
9.3 Análisis de precios unitarios	141
9.4 Gastos generales	142
9.5 Utilidades	142
9.6 Presupuesto general	142
CAPITULO X	149
10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	149
10.1 Conclusiones.....	150
10.2 Recomendaciones	151
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	154
ANEXOS	158

INDICE DE TABLA

Tabla 1 Área de las Unidades Hidrográficas de la Cuenca Quilca - Chili	13
Tabla 2 Clasificación por Superficie de Cuencas.....	19
Tabla 3 Formas de la Cuenca Acorde al Coeficiente de Compacidad	20
Tabla 4 Valores de Factor de Forma	22
Tabla 5 Parámetros de Altitud.....	24
Tabla 6 Categoría de Densidad de Drenaje	25
Tabla 7 Datos de Precipitación Máxima de 24 horas (mm) – Estación Corpac	28

Tabla 8	Valores de Kn para la prueba de datos dudosos	33
Tabla 9	Análisis de Datos Outliers.....	34
Tabla 10	Resultados del Análisis de Datos Outliers.....	35
Tabla 11	Vida Útil de Obras en función del Riesgo Admisible	36
Tabla 12	Valores Críticos para la Prueba de Smirnov - Kolmogorov	44
Tabla 13	Distribuciones Probabilísticas – Estación Corpac	45
Tabla 14	Precipitación Máxima de 24 Horas Corregida para Diferentes Periodos de Retorno	45
Tabla 15	Distribución de las Precipitaciones para una Duración de 3 horas.....	46
Tabla 16	Intensidades Máximas para una Duración de 3 horas	46
Tabla 17	Intensidades Máximas – Método ILLA - SENAMHI	48
Tabla 18	Determinación del Hietograma de Diseño para un Periodo de Retorno de T=100 años	51
Tabla 19	Condiciones de Contorno Implementadas en los Contornos Abiertos.....	63
Tabla 20	Precipitación generada (mm).....	74
Tabla 21	Tirante máximo	75
Tabla 22	Factores de Suceptibilidad.....	78
Tabla 23	Matriz de comparación de pares del parámetro precipitación.....	78
Tabla 24	Matriz de normalización de pares del parámetro precipitación.....	79
Tabla 25	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro Precipitación.	79
Tabla 26	<i>Matriz de comparación de pares del parámetro geología</i>	<i>79</i>
Tabla 27	Matriz de normalización de pares del parámetro geología.....	80
Tabla 28	<i>Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro Geología</i>	<i>80</i>
Tabla 29	<i>Matriz de comparación de pares del parámetro geomorfología.....</i>	<i>80</i>
Tabla 30	Matriz de normalización de pares del parámetro geología.....	80
Tabla 31	<i>Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro Geomorfología.....</i>	<i>81</i>
Tabla 32	<i>Matriz de comparación de pares del parámetro pendientes</i>	<i>81</i>
Tabla 33	Matriz de normalización de pares del parámetro pendientes.	81
Tabla 34	<i>Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro pendientes</i>	<i>81</i>
Tabla 35	<i>Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes</i>	<i>81</i>
Tabla 36	Matriz de normalización de pares de los factores condicionantes.....	82
Tabla 37	<i>Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para los factores condicionantes.</i>	<i>82</i>
Tabla 38	<i>Matriz de comparación de pares del parámetro frecuencia</i>	<i>82</i>
Tabla 39	Matriz de normalización de pares del parámetro frecuencia.....	83
Tabla 40	<i>Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro frecuencia.</i>	<i>83</i>
Tabla 41	<i>Niveles de peligro</i>	<i>83</i>
Tabla 42	<i>Estratificación del Peligro</i>	<i>83</i>
Tabla 43	<i>Matriz de comparación de pares del grupo etario.....</i>	<i>87</i>
Tabla 44	<i>Matriz de normalización de pares del grupo etario.....</i>	<i>87</i>
Tabla 45	<i>Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el grupo etario.....</i>	<i>88</i>

Tabla 46 <i>Matriz de comparación de pares del descriptor discapacidad</i>	88
Tabla 47 <i>Matriz de normalización de pares del descriptor discapacidad</i>	89
Tabla 48 <i>Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el descriptor discapacidad</i>	89
Tabla 49 <i>Matriz de comparación de pares del descriptor Nivel educativo</i>	89
Tabla 50 <i>Matriz de normalización de pares del descriptor Nivel educativo</i>	90
Tabla 51 <i>Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el descriptor Nivel educativo</i>	90
Tabla 52 <i>Matriz de comparación de pares del descriptor Tipo de seguro</i>	90
Tabla 53 <i>Matriz de normalización de pares del descriptor Tipo de seguro</i>	90
Tabla 54 <i>Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el descriptor Tipo de seguro</i>	91
Tabla 55 <i>Matriz de comparación de pares del descriptor Beneficiario de programas sociales</i>	91
Tabla 56 <i>Matriz de normalización de pares del descriptor Beneficiario de programas sociales</i>	91
Tabla 57 <i>Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el descriptor Beneficiario de programas sociales</i>	92
Tabla 58 <i>Matriz de comparación de pares para la ponderación de parámetros</i>	92
Tabla 59 <i>Matriz de normalización de pares para la ponderación de parámetros</i>	92
Tabla 60 <i>Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para la ponderación de parámetros</i>	93
Tabla 61 <i>Matriz de comparación de pares para el descriptor material predominante de las paredes</i>	93
Tabla 62 <i>Matriz de normalización de pares para la ponderación de parámetros</i>	94
Tabla 63 <i>Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para la ponderación de parámetros</i>	94
Tabla 64 <i>Matriz de comparación de pares para el descriptor material predominante de las paredes</i>	94
Tabla 65 <i>Matriz de normalización de pares para la ponderación de parámetros</i>	94
Tabla 66 <i>Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para la ponderación de parámetros</i>	95
Tabla 67 <i>Matriz de comparación de pares para Tipo de Vivienda</i>	95
Tabla 68 <i>Matriz de normalización de pares para Tipo de Vivienda</i>	95
Tabla 69 <i>Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para Tipo de Vivienda</i>	96
Tabla 70 <i>Niveles de Vulnerabilidad</i>	96
Tabla 71 <i>Estratificación de la Vulnerabilidad</i>	96
Tabla 72 <i>Matriz de riesgo por inundaciones</i>	99
Tabla 73 <i>Niveles de riesgo por inundaciones</i>	100
Tabla 74 <i>Estratificación del nivel de riesgo por inundaciones</i>	100
Tabla 75 <i>Efectos probables</i>	103
Tabla 76 <i>Valoración de las consecuencias</i>	104
Tabla 77 <i>Valoración de la frecuencia de ocurrencia</i>	104
Tabla 78 <i>Nivel de consecuencia y daños</i>	105
Tabla 79 <i>Factor de corrección por contracción del cauce” μ”</i>	126
Tabla 80 <i>Coefficiente de corrección $K\theta$</i>	129

Tabla 81 Coeficiente de corrección KQ	129
Tabla 82 Coeficiente de corrección Km	129
Tabla 83 Elementos Expuestos Identificados	133
Tabla 84 Clasificación de Impactos.....	136
Tabla 85 Identificación de Impactos – Matriz de Leopold.....	138

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Plan de Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres – Distrito de Cerro Colorado	4
Figura 2 llenar hueco del DEM - fill the sinks	16
Figura 3 Dirección del flujo – Flow Direction	17
Figura 4 Herramienta de acumulación de flujo	17
Figura 5 Creación de Hillshade – sombras de laderas del MDT	18
Figura 6 Segmento de Corrientes	18
Figura 7 Curva Hipsométrica y Frecuencia de Altitudes	24
Figura 8 Histograma de la Estación CORPAC	31
Figura 9 Precipitación del 8 de febrero del 2013	32
Figura 10 Distribución Normal – Estación Corpac	40
Figura 11 Distribución Log Normal II – Estación Corpac	40
Figura 12 Distribución Gumbel – Estación Corpac	41
Figura 13 Distribución Log Gumbel – Estación Corpac	41
Figura 14 Distribución Gamma II Parámetros – Estación Corpac	42
Figura 15 Distribución Gamma III Parámetros – Estación Corpac.....	42
Figura 16 Distribución Log Pearson Tipo III – Estación Corpac.....	43
Figura 17 Distribución Log Normal III Parámetros – Estación Corpac.....	43
Figura 18 Curva – Intensidad – Frecuencia.....	47
Figura 19 I-D-F (ILLA – SENAMHI-UNI).....	49
Figura 20 Descripción del Método Mediante el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.....	50
Figura 21 Resultados del Método de los Bloques Alternados.....	51
Figura 22 Hietograma de Diseño para un Periodo de Retorno de $T=100$ años.....	52
Figura 23 Delimitación de las cuencas de estudio en HEC - HMS.....	55
Figura 24 Resultados obtenidos con el Modelo Numérico HEC - HMS	56
Figura 25 Hidrograma de Salida para un periodo de retorno de $T=100$ años	56
Figura 26 Mallas Creadas en Iber.....	59
Figura 27 Herramienta RTIN en Iber	59
Figura 28 Creación de la Geometría no Estructurada en Iber	60
Figura 29 Visualización de Resultados con el Modelo Numérico Iber.....	61
Figura 30 Visualización de Resultados – Tirante (m).....	64
Figura 31 Visualización de Resultados – Velocidad (m/s).....	65
Figura 32 Zona de Inundación – Asentamiento Humano APIPA I.....	65
Figura 33 Zona de Protección – Asentamiento Humano APIPA I.....	66
Figura 34 Mapa Geológico.....	69
Figura 35 Mapa Geomorfológico.....	71
Figura 36 Mapa de pendientes.....	76

Figura 37 Metodología general para determinar el nivel de peligrosidad.....	77
Figura 38 Mapa de peligrosidad	85
Figura 39 Metodología del análisis de la vulnerabilidad	86
Figura 40 Parámetros para el análisis de la vulnerabilidad	86
Figura 41 Mapa de Vulnerabilidad.....	98
Figura 42 Flujoograma para determinar los niveles de riesgo	99
Figura 43 Mapa de Riesgo.....	102
Figura 44 Muro dimensionado (H – 5m).....	110
Figura 45 Diagrama de cargas en la punta. H:5m	112
Figura 46 Diagrama de cargas en el talón. H:5m	113
Figura 47 Diagrama de cargas en la pantalla. H:5m	115
Figura 48 Detalle de acero en la zapata. H: 5m.....	116
Figura 49 Detalle de acero en la pantalla. H:5m	116
Figura 50 Muro dimensionado (H - 4m)	118
Figura 51 Diagrama de cargas en la punta H:4m	119
Figura 52 Diagrama de cargas en el talón. H:4m	120
Figura 53 Diagrama de cargas en la pantalla. H:4m	122
Figura 54 Detalle de acero en la zapata. H: 4m.....	123
Figura 55 Detalle de acero en la pantalla. H:4m	123
Figura 56 Gráfico de la profundidad de la socavación general	124
Figura 57 Socavación en aguas arriba del muro de contención	127
Figura 58 Socavación en aguas arriba del muro de contención	128

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1 Casas Construidas en Lecho de Torrentera.....	5
Imagen 2 Residuos Sólidos en Torrentera.....	5
Imagen 3 Ubicación y Propiedades de las Unidades Hidrográficas del Ámbito del Consejo de Recursos Hídrico de Cuenca	12
Imagen 4 Ubicación de Quebradas	13
Imagen 5 Pagina Web para la Descarga de MDE – Alos Palsar	14
Imagen 6 Pantalla de Inicio de Arc Gis 10.5	15
Imagen 7 El Modelo Digital de Elevación – Arc Gis.....	15
Imagen 8 Cuenca Delimitada en Arc Gis 10.5	19
Imagen 9 determinación de la Pendiente Media – Arc Gis	23
Imagen 10 Numero de Curva - ANA.....	26
Imagen 11 Modelo Digital de Elevación del Cauce de la Torrentera de Estudio.....	27
Imagen 12 Ubicación de las Estación de Estudio	29
Imagen 13 Determinación del Numero de Curva	55
Imagen 14 Botaderos de Desechos Sólidos en Quebradas	132
Imagen 15 Vista General del área de estudio	134
Imagen 16 Vista del Cauce de Estudio con Presencia de Contaminación de Residuos Sólidos	135
Imagen 17 Vista General de la Zona de Protección	135
Imagen 18 Vista de la longitud del Cauce de Análisis de la Zona de Estudio	136



CAPITULO I

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 Generalidades

La Población de Cono Norte presenta riesgos recurrentes de inundación cada año, una alta exposición y vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos extremos, como también una inadecuada planificación de la ocupación del territorio.

Las inundaciones son fenómenos naturales, que se han presentado y se presentaran a lo largo de toda la historia de nuestro planeta y que hoy en día causan muchos daños. La incertidumbre de no conocer áreas de inundación cartografiada hace que la población se acentúe en áreas de posible peligro, al no contar con estudios de análisis de riesgo, lo que causa pérdidas económicas en zonas rurales y más aun de vidas humanas.

Actualmente en Cono Norte y específicamente en la “Quebrada Estanquillo” no se cuentan con estudios Hidrológicos e Hidráulicos que permitan una adecuada planificación frente a máximas avenidas, ya que son de vital importancia porque nos permiten una adecuada planificación, ordenamiento territorial y gestión ambiental. Por consiguiente, estos factores permitirán un conocimiento de análisis de riesgo frente a inundaciones en la “Quebrada Estanquillo”.

1.2 Área de estudio

Está situada al norte de la ciudad de Arequipa con el nombre de “Cerro Colorado”.

1.3 Ubicación

El distrito de Cerro Colorado está ubicado en el norte de la provincia de Arequipa con latitud 16 22' 24'', longitud 71 33' 37'', altitud 2642.8 m.s.n.m. y con un área de 174.920 km².

1.3.1 Límites

- Norte : Faldas del Chachani.
- Este : La Tomilla y Cayma.
- Sur : Huaranguillo, Sachaca, y Pachacutec.
- Oeste : Torrentera Añashuayco.

1.4 Torrenteras

Quebrada Piedraypicho en la margen derecha del río Chili y la quebrada de Añashuayco que desemboca en el río Chili.

1.5 Clima

Según el Plan de Gobierno Cerro Colorado 2023-2026 menciona que el clima es tonificante, temporal otoñal y de temperaturas invernales.

1.6 Vías de acceso

Según el Diagnóstico de Cerro Colorado, considera las siguientes vías de acceso al distrito.

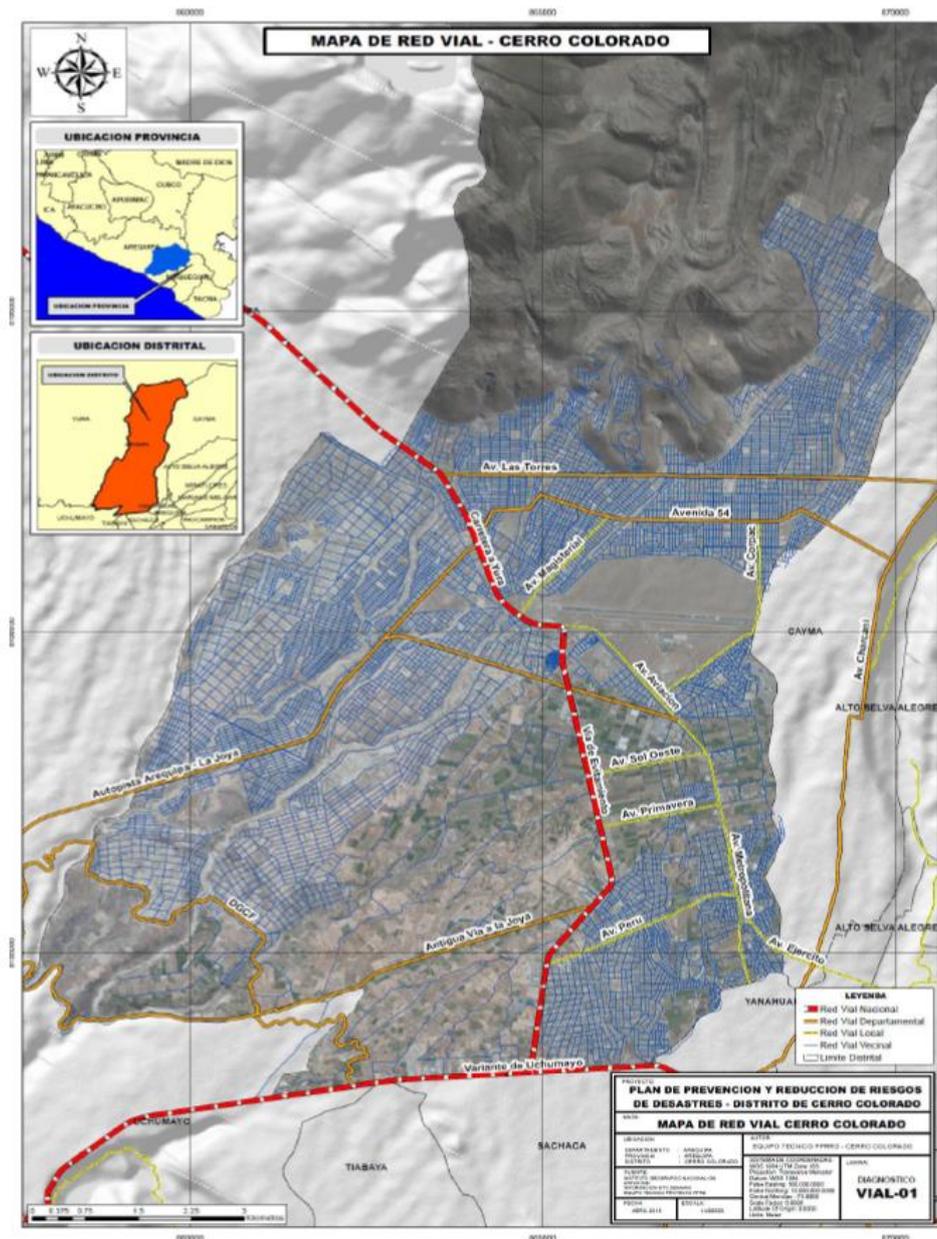
1.6.1 Vías Locales

- Vía 54
- Vía 100 – Eje Residencial
- Avenida Aviación
- Avenida Pumacahua y Prolongación Av. Ejército
- Avenida Metropolitana
- Avenida Perú, prolongación José Olaya

1.6.2 Vía Interdistrital

- La Autopista la Joya.

Figura 1
Plan de Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres – Distrito de Cerro Colorado



Nota: la figura muestra el Mapa de Red Vial. Fuente: Plan de prevención y reducción de riesgo de desastres del distrito de Cerro Colorado (2018).

1.7 Situación de predios

Según el Plan de Prevención y Reducción de Riesgo de Desastres del Distrito de Cerro Colorado (2018), menciona que en el contexto actual nos encontramos en situaciones más vulnerables antes desastres naturales por las fallas geológicas y el avance del calentamiento climático.

Imagen 1
Casas Construidas en Lecho de Torrentera



Nota: la Imagen muestra la situación actual de las viviendas existentes en la torrentera de estudio. Fuente: Plan de prevención y reducción de riesgo de desastres del distrito de Cerro Colorado (2018).

El Plan de Prevención y Reducción de Riesgo de Desastres del Distrito de Cerro Colorado (2018), menciona que las amenazas derivadas de fenómenos potencialmente destructivos sólo pueden existir si encuentran condiciones de vulnerabilidad.

Imagen 2
Residuos Sólidos en Torrentera



Nota: la Imagen muestra la situación actual de la torrentera de estudio. Fuente: Plan de prevención y reducción de riesgo de desastres del distrito de Cerro Colorado (2018).

1.8 Objetivos

1.8.1 Objetivo Principal

- Realizar los estudios de Análisis: Modelamiento Hidrológico e Hidráulico frente a inundaciones en la Quebrada Estanquillo con el modelo matemático Iber, en el Distrito de Cerro Colorado, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa.

1.8.2 Objetivo Específico

- Estudio Hidrológico (Delimitación de las cuencas y sus respectivos parámetros Geomorfológicos, Físicos e Hidráulicos).
- Estudio Hidráulico (Determinación de láminas de agua para diferentes periodos de retorno).
- Identificar las zonas de inundación para un periodo de retorno de $T=100$ años.
- Diseño de una obra de protección (Rígido y/o Flexible) frente a máximas avenidas en la quebrada Estanquillo.



CAPITULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco conceptual: Modelo Digital de Elevación MDE

Clima

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2015), es el estado normal o medio de la atmósfera para un periodo temporal dado dentro del año y en una posición geográfica dada.

Fisiografía

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2015), es el relieve o geomorfología del lugar de estudio.

Divisoria

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2015), es una línea imaginaria que representa el límite entre las cuencas hidrográficas vecinas de dos cursos de agua.

2.2 Marco conceptual: Análisis Hidrológico

Estación pluviométrica

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2015), estaciones de registro y medición de la cantidad de precipitación en un lugar determinado.

Precipitación

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2015) es la caída de un conjunto de partículas, con formas de lluvia, llovizna, nieve, nieve granulada, granizo y gránulos de hielo.

Periodo de retorno

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2015), es el tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico o precipitación, es igualado o superado una vez cada “t” años.

Hietograma

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2015), es el gráfico que permite conocer la precipitación de un lugar a través del tiempo de la tormenta (MTC, 2015).

Escorrentía

La escorrentía se define como el agua de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hacia la salida de la cuenca (Aparicio, 1989).

2.3 Marco conceptual: Análisis Hidráulico

Hidrograma

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2015), es el gráfico que permite ver el comportamiento del caudal acumulado durante la tormenta a través del tiempo de la misma.

Cota de aguas máximas

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2015), es la cota de aguas máximas esperada para el caudal de diseño.

Caudal

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2015), es la cantidad de agua que pasa por un punto específico en un sistema hidráulico en un momento o período dado.

2.4 Marco conceptual: SIG

Arc GIS

Arc GIS es un software de Sistemas de Información Geográfica o SIG.

Representación cartográfica

Según La Cartografía de Zonas Inundables (2011), es una base de datos que permite la rápida consulta y tratamiento de la información almacenada.



CAPITULO III

3. METODOLOGÍA Y MATERIALES

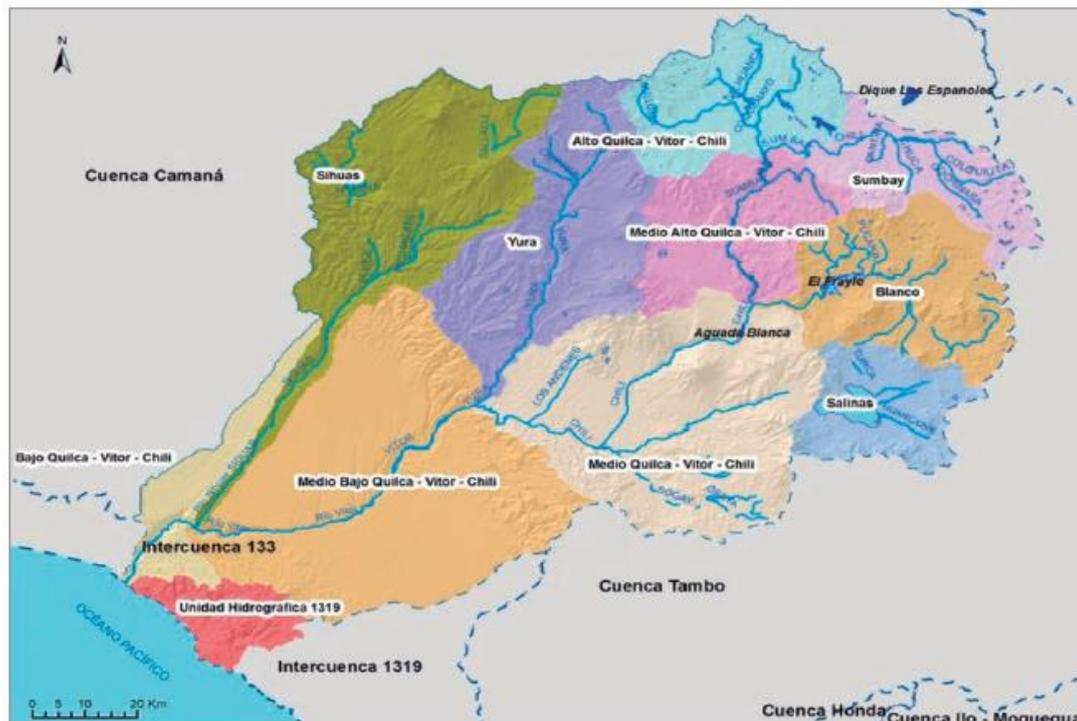
3.1 Recopilación de información

3.1.1 Cuenca hidrográfica

Según el Plan de Gestión de Recursos Hídricos en la Cuenca Quilca – Chili (2015), menciona que la cuenca Quilca – Chili está ubicada en la vertiente de la cordillera de los Andes, por lo que pertenece a la vertiente del océano pacifico.

Imagen 3

Ubicación y Propiedades de las Unidades Hidrográficas del Ámbito del Consejo de Recursos Hídrico de Cuenca



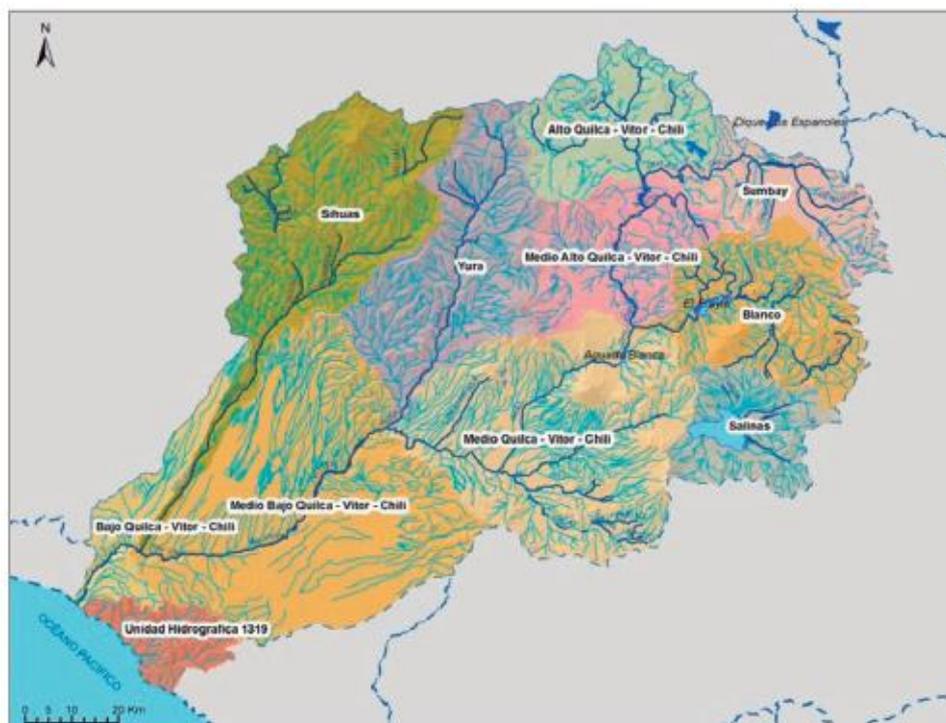
Nota. En la Imagen se aprecia las Unidades Hidrográficas de Quilca -Chili. Fuente: Plan de gestión de recursos hídricos en la cuenca Quilca – Chili (2015).

Tabla 1
Área de las Unidades Hidrográficas de la Cuenca Quilca - Chili

Unidades hidrográficas	Superf. total (Km ²)	% superf.
Alto Quilca-Vitor-Chili	949,62	6,9
Bajo Quilca-Vitor-Chili	469,75	3,4
Blanco	1 161,98	8,4
Medio-Alto Quilca-Vitor-Chili	934,66	6,8
Medio-Bajo Quilca-Vitor-Chili	2 932,59	21,2
Medio Quilca-Vitor-Chili	2 334,60	16,9
Salinas	655,73	4,7
Siguas	1 762,38	12,8
Sumbay	721,43	5,2
Unidad Hidrográfica 1319	360,38	2,6
Yura	1 534,26	11,1
Cuenca total	13 817,39	100,0%

Nota. La tabla muestra el porcentaje de área de cada Unidad Hidrográfica Quilca – Chili. Fuente: Plan de gestión de recursos hídricos en la cuenca Quilca – Chili (2015).

Imagen 4
Ubicación de Quebradas



Nota. En la imagen se aprecia la red de drenaje de quebradas en la Unidad Hidrográfica de Quilca -Chili. Fuente: Plan de gestión de recursos hídricos en la cuenca Quilca – Chili (2015).

3.1.2 UH Medio Quilca – Vitor -Chili

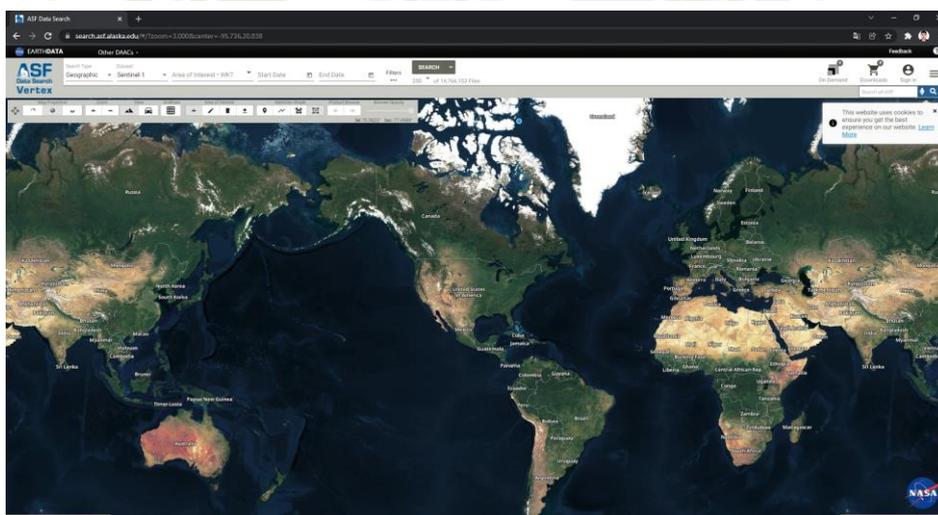
Según el Plan de Gestión de Recursos Hídricos en la Cuenca Quilca – Chili (2015), incluye también el sitio donde encuentra la represa reguladora del sistema Aguada Blanca, y donde se aprovecha el recurso hídrico para uso poblacional, agrícola, pecuario, hidro energético, minero e industrial.

3.2 Modelo digital de Elevación MDE

El satélite ALOS fue lanzado en enero del 2006 por la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial.

Imagen 5

Página Web para la Descarga de MDE – Alos Palsar



Nota. En la imagen se aprecia la página web de descarga de los DEM

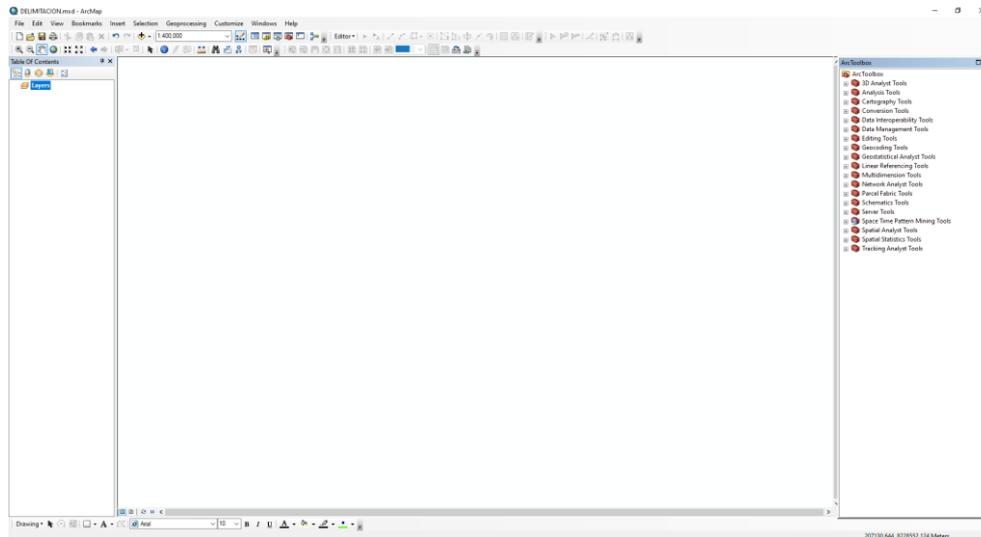
3.3 Sistema de información Geográfica – SIG

Básicamente, un SIG ha de permitir la Lectura, edición y almacenamiento de datos espaciales.

3.3.1 Arc Gis

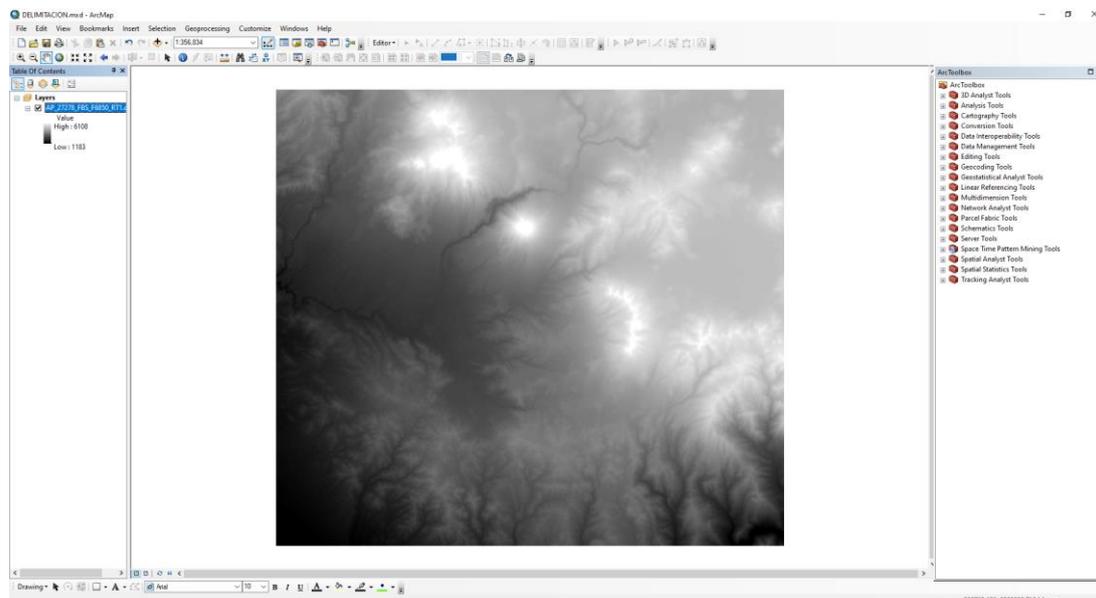
Arc GIS Desktop, la familia de aplicaciones SIG de escritorio, es una de las más ampliamente utilizadas.

Imagen 6
Pantalla de Inicio de Arc Gis 10.5



Nota. En la imagen se aprecia la pantalla de inicio al momento de cargar el software Arc Gis.

Imagen 7
El Modelo Digital de Elevación – Arc Gis



Nota. En la imagen se aprecia el modelo digital de elevación cargado en Arc Gis.

3.4 Parámetros de la cuenca delimitada

3.4.1 Delimitación

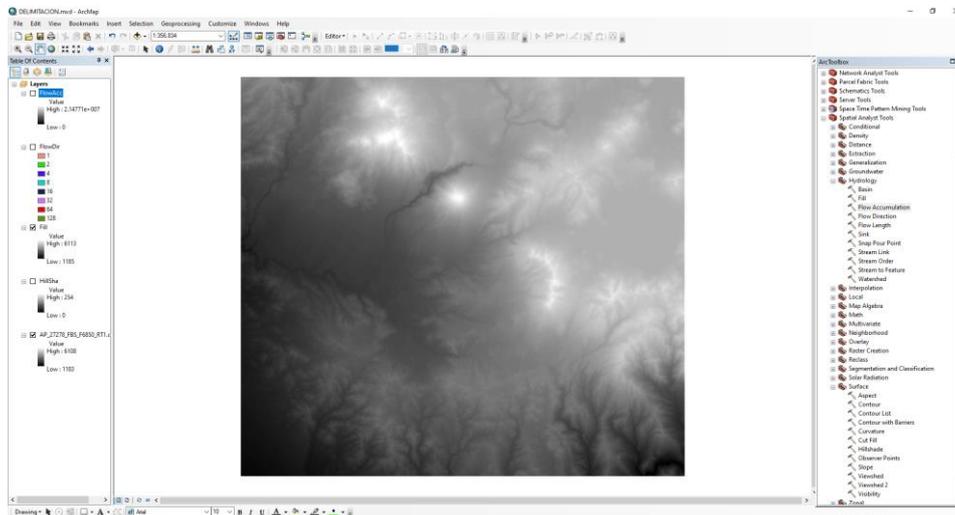
La cuenca está delimitada por la línea imaginaria conocida como “divortium acuarium” o línea “divisoria de aguas”.

3.4.2 Metodología

- Ubicaremos en donde se dan las desembocaduras del cauce principal de la cuenca que delimitaremos.
- Identificamos así mismo los afluentes de la cuenca para definir la franja de delimitación.
- Se aplica luego el criterio de máxima pendiente, en donde la divisoria al ser perpendicular a las otras direcciones de la gota de lluvia, dará paso al criterio de la gota de agua.
- Se considera todo el recorrido de la cuenca, la longitud y los parámetros morfológicos de la misma. El registro que se hace tendrá que contener la latitud sur, la longitud oeste y la altitud del inicio de la cuenca, así como el final de la misma.

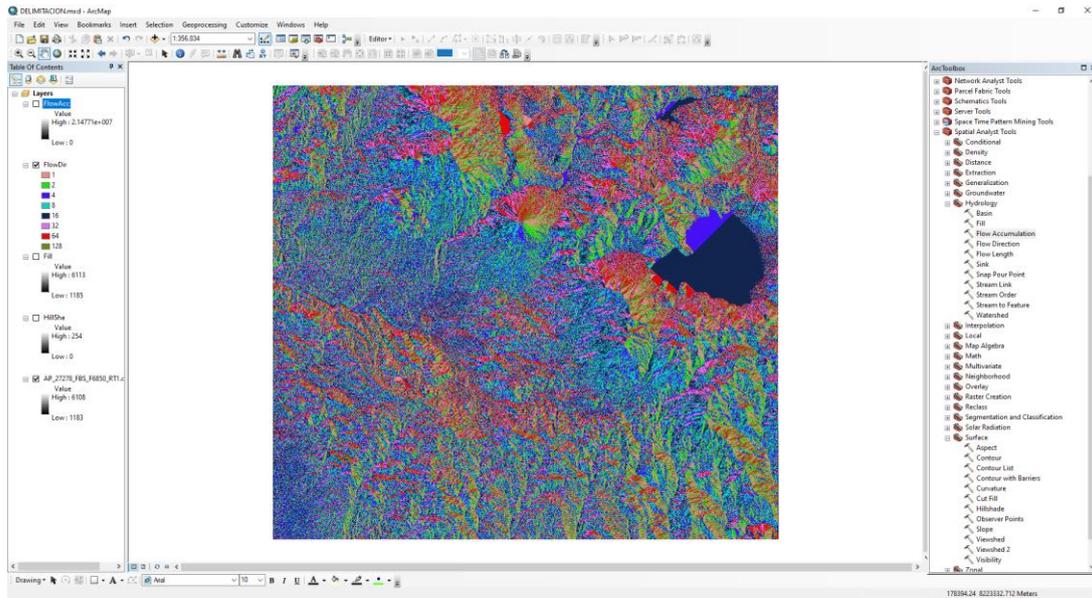
Figura 2

llenar hueco del DEM - fill the sinks



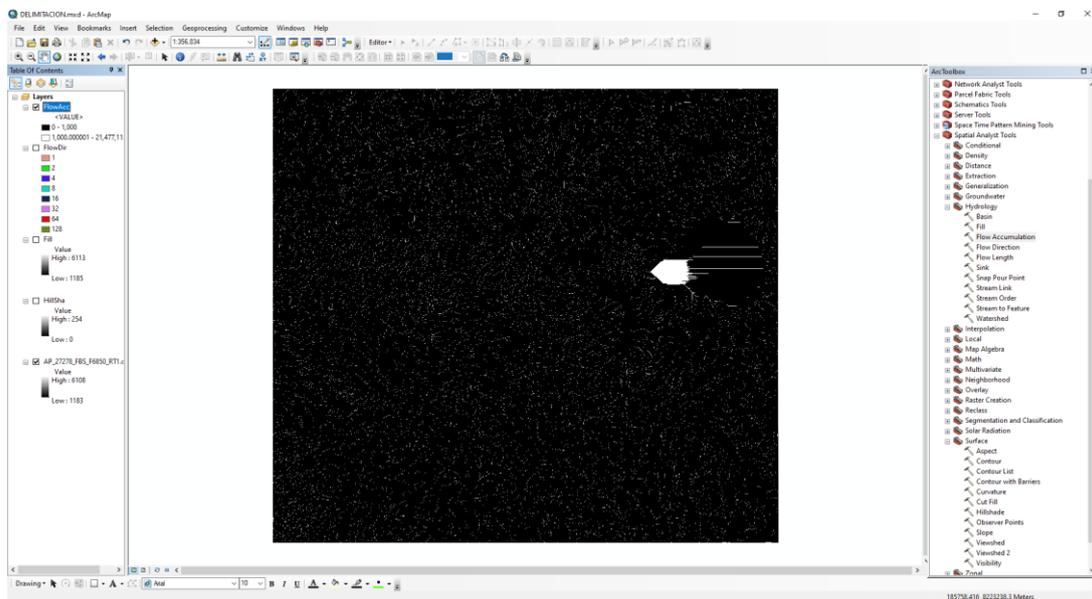
Nota. En la imagen se aprecia el MDE (DEM).

Figura 3
Dirección del flujo – Flow Direction



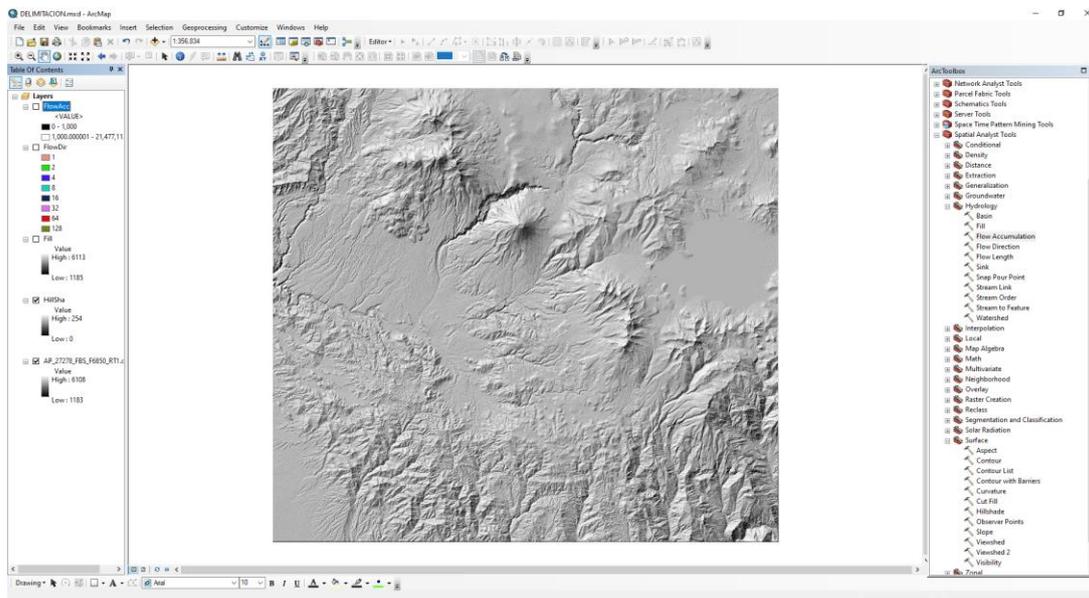
Nota. En la imagen se aprecia el resultado de la herramienta Flow Dirección, para determinar la dirección de la escorrentía por medio del Software Arc Gis.

Figura 4
Herramienta de acumulación de flujo



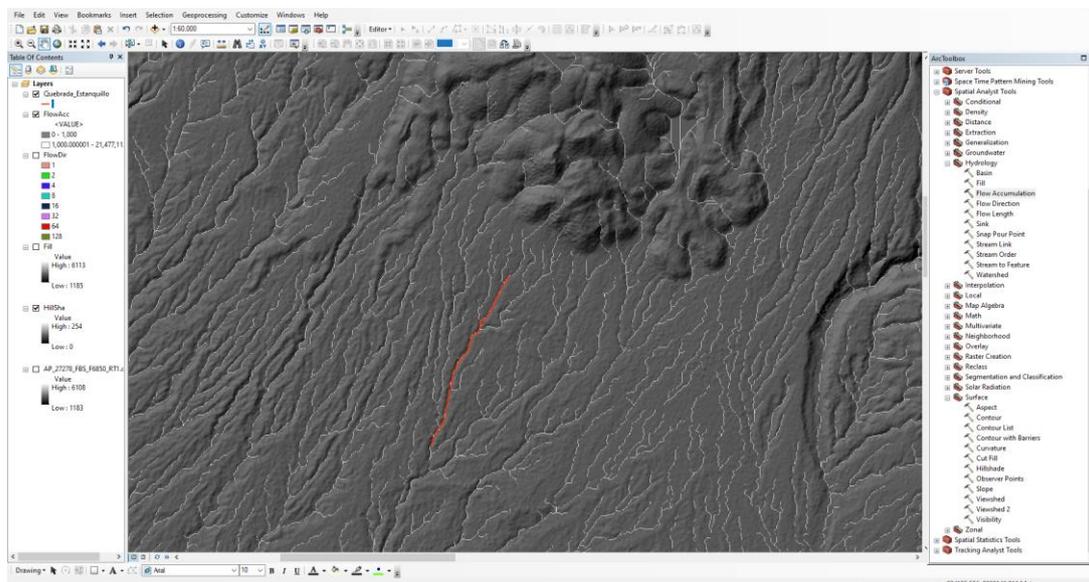
Nota. En la imagen se aprecia el resultado de la herramienta Flow Accumulation, para la dirección de los afluentes en la cuenca de estudio por medio del Software Arc Gis.

Figura 5
Creación de Hillshade – sombras de laderas del MDT



Nota. En la imagen se aprecia el resultado de la herramienta Hillshade, para la representación de sombras del MDT (Modelo Digital de Elevación) descargado de ALOS PALSAR.

Figura 6
Segmento de Corrientes



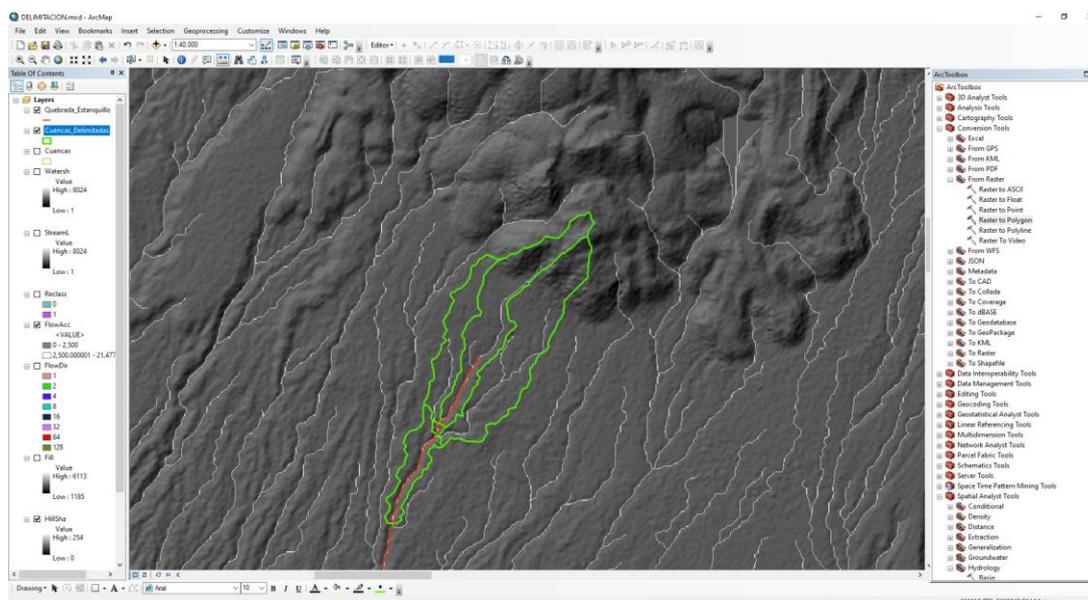
Nota. En la imagen se aprecia el resultado de la herramienta Red Hídrica, para la representación de las corrientes del MDT (Modelo Digital de Elevación) descargado de ALOS PALSAR.

3.5 Determinación de los parámetros geométricos

Para la determinación de los parámetros geométricos de la cuenca de estudio, se utilizó el Software Arc Gis 10.5.

Imagen 8

Cuenca Delimitada en Arc Gis 10.5



Nota. En la imagen se aprecia la delimitación de la cuenca de estudio con el software Arc Gis 10.5.

- Tamaño de la cuenca

El tamaño de una cuenca se determina según el área que esta abarca, debido al efecto de flujo superficial que pudiera generar (Viramontes et al., 2007).

Tabla 2
Clasificación por Superficie de Cuenca

Tamaño de la cuenca (Km)	Descripción
Menos de 25	Muy Pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia Pequeña
500 a 2500	Intermedia grande
2500 a 5000	Grande
5000 a mas	Muy Grande

De acuerdo con los cálculos hechos en Arc Gis 10.5 el área y perímetro de la cuenca delimitada es la siguientes:

Área (km ²)	Perímetro (Km)	Coordenada Este (m.s.n.m.)	Coordenada Norte (m.s.n.m.)
1.2	8.0	219962.686	8194267.715
2.4	11.5	220838.463	8194782.882
3.2	11.3	221168.442	8194124.372
0.8	6.1	219163.899	8191895.724

- **Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius**

Cuánto más cercano esté el índice a la unidad, la cuenca será más circular y por tanto más compacta, y en la medida que aumenta, la cuenca adquiere una forma más oval (Viramontes et al., 2007).

Tabla 3
Formas de la Cuenca Acorde al Coeficiente de Compacidad

Clase de forma	Coeficiente de Compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1.0 - 1.25	Casi redonda a oval - redonda
Clase II	1.26 - 1.5	Oval - redonda a oval - oblonga
Clase III	1.51 a más de 2	Oval - oblonga a rectangular - oblonga

De acuerdo a los cálculos hechos en Arc gis el coeficiente de compacidad o índice de gravelius en la cuenca delimitada es de:

Coeficiente de compacidad C-1	Adimensional	2.1
Coeficiente de compacidad C-2	Adimensional	2.1
Coeficiente de compacidad C-3	Adimensional	1.8
Coeficiente de compacidad C-4	Adimensional	1.9

- **Razón de elongación**

Es la relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la de la cuenca y la longitud máxima de la misma (Viramontes et al., 2007).

$$R_e = 1.128 \frac{A^{1/2}}{L_c}$$

Donde:

Re: es la relación de elongación

Le: es la longitud del cauce principal de la cuenca en km,

A: es el Área de la cuenca en km².

De acuerdo a los cálculos hechos en Arc Gis la longitud de cauce principal y la relación de la elongación de las cuencas delimitadas es de:

Relación de elongación C-1	Adimensional	0.37
Relación de elongación C-2	Adimensional	0.36
Relación de elongación C-3	Adimensional	0.44
Relación de elongación C-4	Adimensional	0.42

- **Factor de forma**

La forma de la cuenca, factor de forma, fue propuesta por Horton (1945) donde relaciona el área de la cuenca y la longitud de la misma.

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

Donde:

Ff: es el factor de forma

A: es el área de la cuenca en km²

Le: es la longitud del cauce principal en km.

Tabla 4
Valores de Factor de Forma

Valores aproximados	Forma de la cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22 - 0.30	Alargada
0.3 - 0.37	Ligeramente alargada
0.37 - 0.45	ni alargada ni ensanchada
0.45 - 0.6	Ligeramente ensanchada
0.6 - 0.8	Ensanchada
0.8 - 1.2	Muy ensanchada
>1.2	Rodeando el desagüe

De acuerdo a los cálculos hechos en Arc Gis 10.5 el factor de forma de las micro cuencas delimitadas es de:

Factor de forma C-1	Adimensional	0.1
Factor de forma C-2	Adimensional	0.3
Factor de forma C-3	Adimensional	0.1
Factor de forma C-4	Adimensional	0.1

Nota. La tabla muestra que el factor de forma de las 04 micro cuencas delimitadas presenta una forma “Muy Alargada” e indica que esta menos sujeta crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma.

3.6 Determinación de los parámetros de relieve

- Pendiente de la cuenca

La fórmula para el cálculo de la pendiente media es:

$$J = 100 \left(\sum l_i \frac{E}{A} \right)$$

Donde:

J: es la Pendiente media de la cuenca

Li: es la longitud de cada una de las curvas de nivel en km

E es equidistancia de las curvas de nivel en km

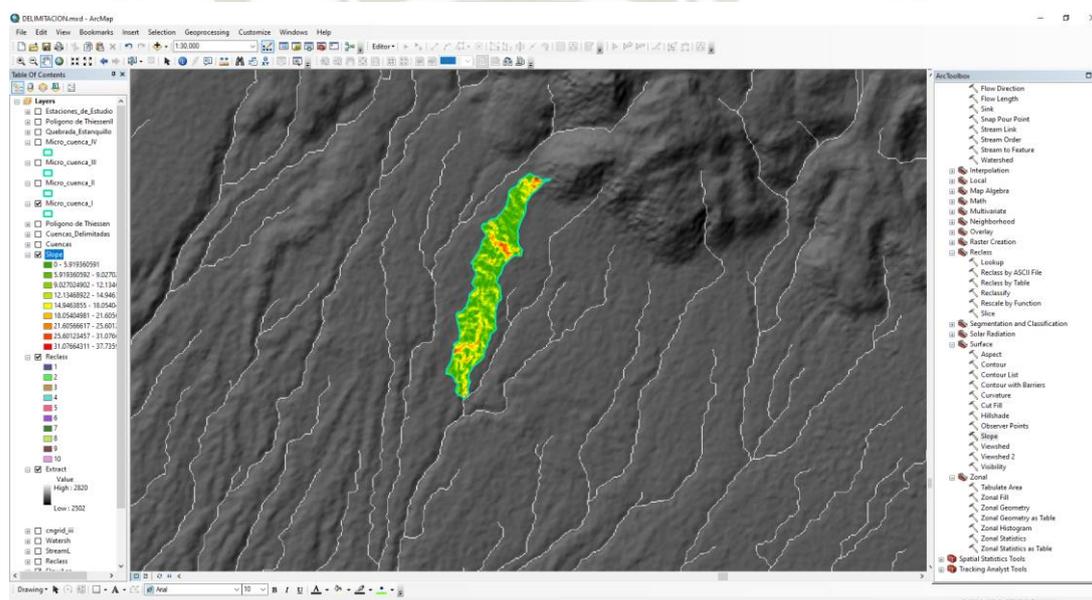
A es el área de la cuenca en km²

De acuerdo a los cálculos hechos en Arc Gis 10.5 la pendiente media de la cuenca delimitada es de:

Pendiente media C-1	m/m	0.119
Pendiente media C-2	m/m	0.248
Pendiente media C-3	m/m	0.250
Pendiente media C-4	m/m	0.177

Nota. La tabla muestra que la pendiente media de las micro cuencas delimitadas presentan una tipología de “fuertemente accidentado” e indica que está sujeta la presencia de flujos hiperconcentrados.

Imagen 9
determinación de la Pendiente Media – Arc Gis



Nota. En la imagen se aprecia la determinación de la pendiente media de la cuenca de estudio con el software Arc Gis.

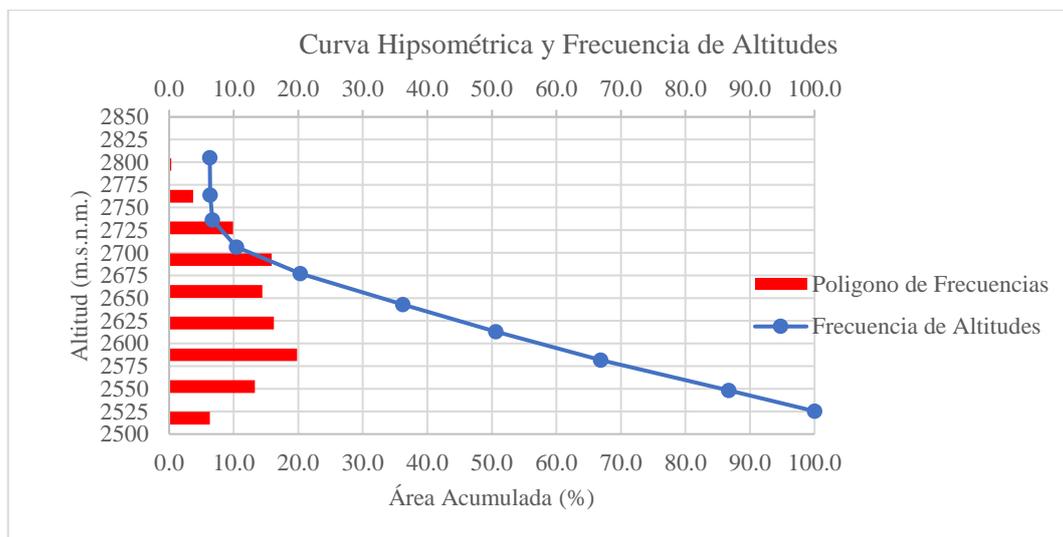
- Curva Hipsométrica

La curva hipsométrica representa el área drenada variando con la altura de la superficie de la cuenca.

Tabla 5
Parámetros de Altitud

PARAMETRO	DESCRIPCION	VALOR
Altitud Media (m.s.n.m.)	Mayor área en %	2642.8
Altitud más Frecuente (m.s.n.m.)	La que tiene 50 % (por encima y debajo)	2581.5
Altitud de frecuencia media (m.s.n.m.)	La media en % de áreas	2620.0

Figura 7
Curva Hipsométrica y Frecuencia de Altitudes



Nota. En la imagen se aprecia la determinación de la curva hipsométrica de la cuenca de estudio con el software Arc Gis.

La curva hipsométrica representativa de las micro cuenca delimitadas refleja que es una cuenca sedimentaria (fase de vejez) y nos indica que la presencia de flujo hiperconcentrados como evento desencadenante a eventos extremos de precipitación.

3.7 Determinación de los parámetros de Altitud

3.7.1 Red de drenaje

- Densidad de drenaje

Definida para una cuenca como la longitud media de curso por unidad de superficie, calculándose mediante la siguiente expresión:

$$D = \sum \frac{L}{A}$$

Donde:

D: es la densidad de drenaje en km/km^2

L: es la suma de las longitudes de los cursos que se integran en la cuenca en km

A: es el área de la cuenca en km^2

Tabla 6
Categoría de Densidad de Drenaje

Densidad de drenaje (Km/Km ²)	Categoría
<1	Baja
1 a 2	Moderada
2 a 3	Alta
>3	Muy alta

De acuerdo a los cálculos hechos en Arc Gis la densidad de drenaje de la cuenca delimitadas es de:

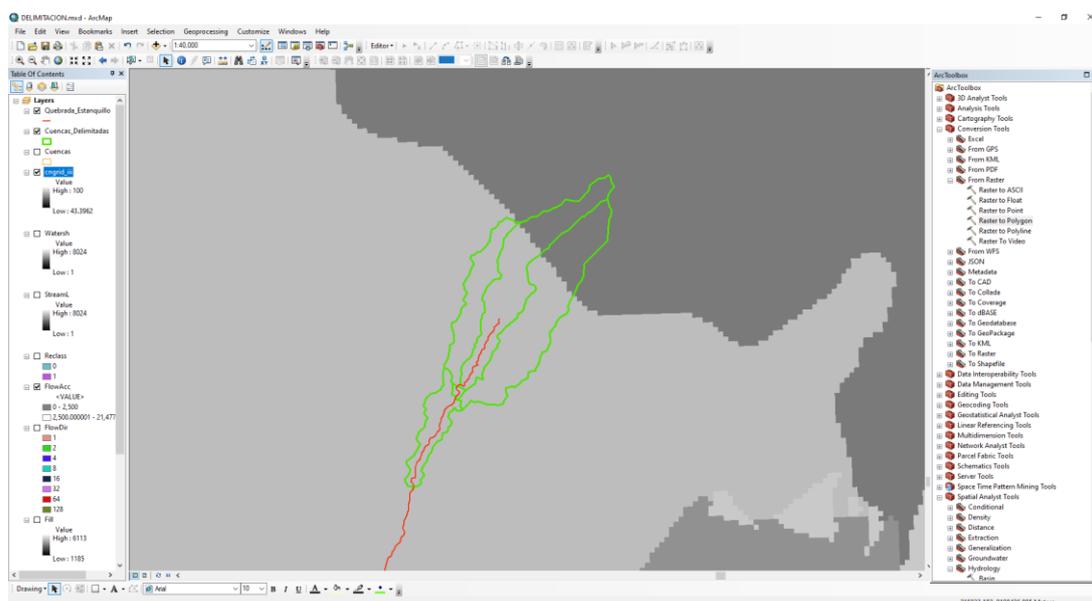
Densidad de drenaje C-1	Adimensional	0.65
Densidad de drenaje C-2	Adimensional	1.01
Densidad de drenaje C-3	Adimensional	0.94
Densidad de drenaje C-4	Adimensional	2.71

3.8 Curva Numero (CN)

Es el parámetro más sensible del modelo hidrológico y es usado para la calibración de este. Es por esa razón que el mapa Curva Número no se elaboró, sino que se adquirió del Geo portal de la Autoridad Nacional del Agua con el fin de obtener resultados confiables.

Imagen 10

Numero de Curva - ANA



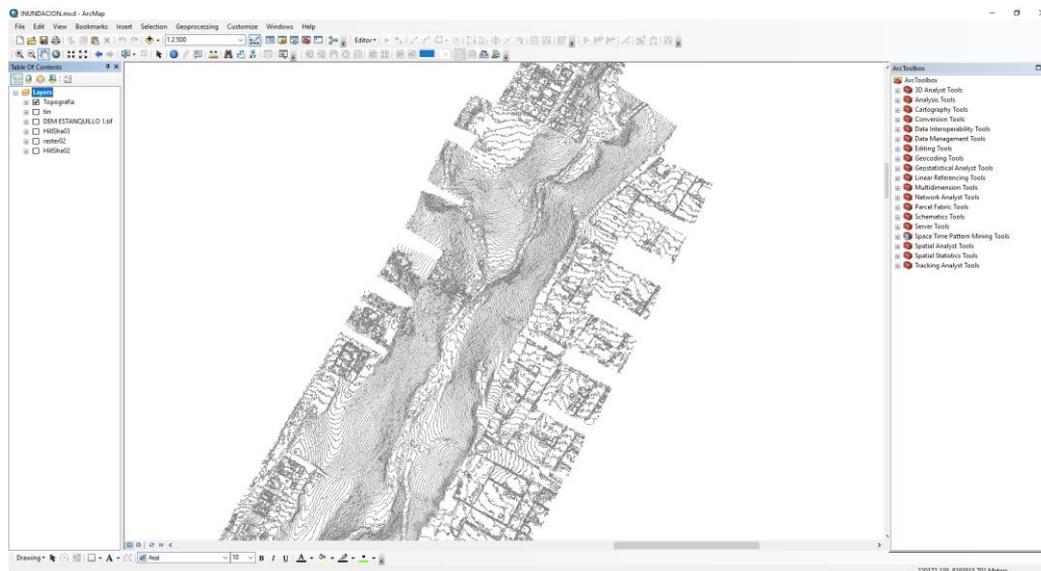
Nota. En la imagen se aprecia la data del Número de Curva en la zona de estudio con el software Arc Gis.

3.9 Topografía

El levantamiento topográfico para la “Quebrada Estanquillo” de 5 km, fue en coordinación con la Autoridad Local del Agua (ALA).

Imagen 11

Modelo Digital de Elevación del Cauce de la Torrentera de Estudio



Nota. En la imagen se aprecia la topografía de la zona de estudio con el software Arc Gis.

3.10 Precipitación

3.10.1 Estación CORPAC

Para lo que implica la precipitación, utilizaremos los datos que brinda la estación CORPAC (la cual es la que más se adecúa a la zona de estudio por cercanía). CORPAC S.A. es el proveedor del Servicio Meteorológico Aeronáutico designado por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

Esta estación está ubicada en el distrito de Cerro Colorado, en la provincia de Arequipa, en el departamento de Arequipa; con una latitud sur $16^{\circ} 20' 00''$, longitud oeste $71^{\circ} 34' 00''$ y una altitud de 2539 m.s.n.m.

Los informes meteorológicos aeronáuticos de rutina emitidos diariamente son veinticuatro por hora (a tiempo actual). Las observaciones sinópticas realizadas en esta estación son completas, es decir, se realizan rutinariamente a las 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 y 21 horas UTC todos los días por el personal técnico de la estación.

Los pronósticos del tiempo meteorológico se dan a las 00, 06, 12 y 18 horas UTC diariamente, haciendo un total de cuatro pronósticos para fines aeronáuticos.

A continuación, veremos los datos de precipitación máxima para poder elaborar el estudio en cuestión.

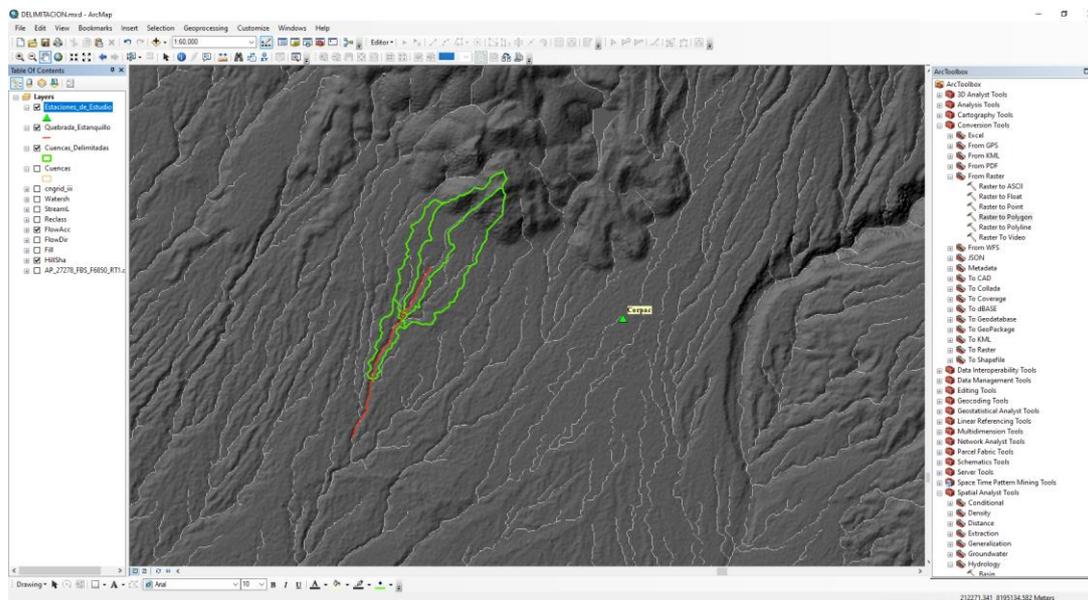
Tabla 7
Datos de Precipitación Máxima de 24 horas (mm) – Estación Corpac

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1993	12.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0
1994	9.8	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
1995	8.1	0.0	34.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1996	2.5	8.1	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1997	16.5	12.1	37.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	8.9	0.0	0.0
1998	6.1	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1999	3.1	10.9	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	59.9
2000	8.9	13.0	9.9	0.3	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	3.1
2001	7.9	15.0	22.1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
2002	7.1	29.0	15.0	1.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
2003	2.0	1.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2004	7.9	9.9	1.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1
2005	4.1	2.0	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	3.1
2006	4.1	9.9	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2007	4.1	3.1	9.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
2008	23.1	6.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.8
2009	6.1	25.9	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2010	2.0	6.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2011	7.1	23.9	16.0	8.9	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1
2012	23.9	17.0	7.9	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2013	7.8	18.0	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	25.0	8.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
2015	23.9	0.0	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2016	0.5	37.1	0.5	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	23.1	43.9	23.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota. El cuadro muestra las precipitaciones Máximas de 24 horas del servicio meteorológico aeronáutico de Corpac S.A.

Imagen 12

Ubicación de las Estación de Estudio



Nota. En la imagen se aprecia la ubicación de las estaciones en la zona del proyecto de estudio con el software Arc Gis.



CAPITULO IV

4. MODELACIÓN HIDROLÓGICA

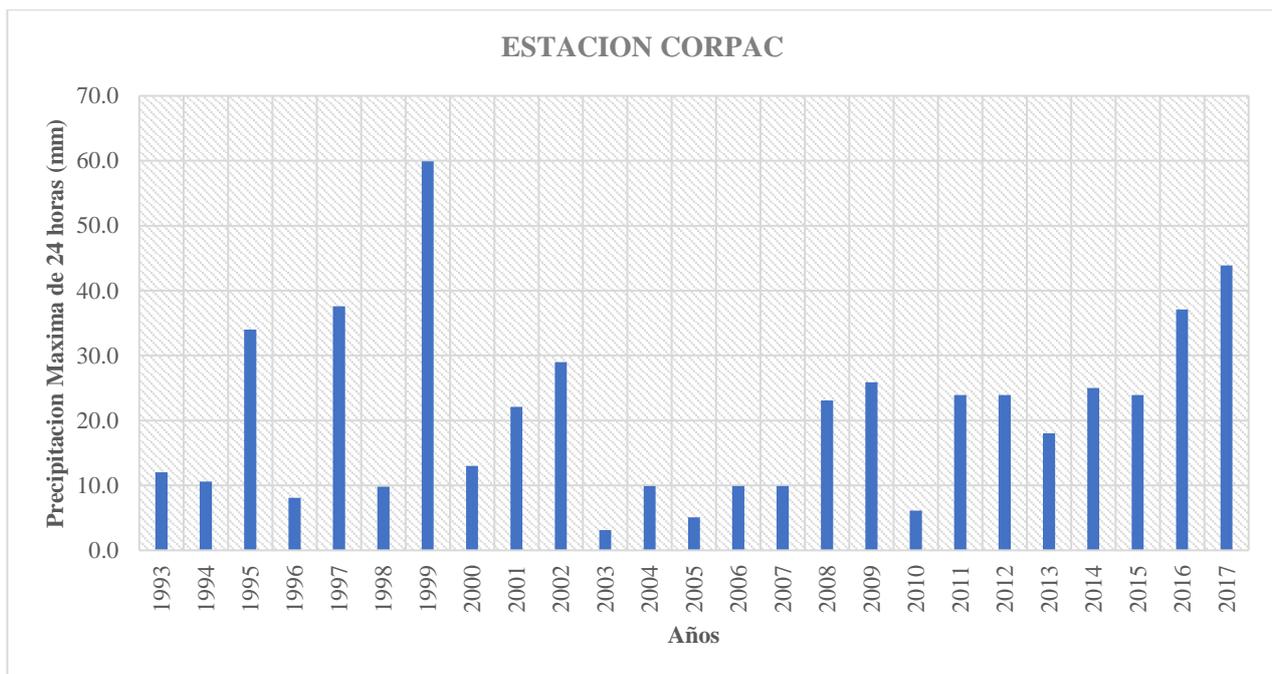
4.1 Registro

Una vez realizados los procedimientos anteriores se obtiene la información pluviométrica completa, en consecuencia, ahora se analizará dicha información si es homogénea, libre de saltos y tendencias la que finalmente es la información de trabajo.

4.2 Análisis gráfico

Este análisis se realiza en forma visual, graficándose los datos de precipitación con la finalidad de detectar posibles saltos y/o tendencias para determinar el periodo en el cual la información es incierta.

Figura 8
Histograma de la Estación CORPAC



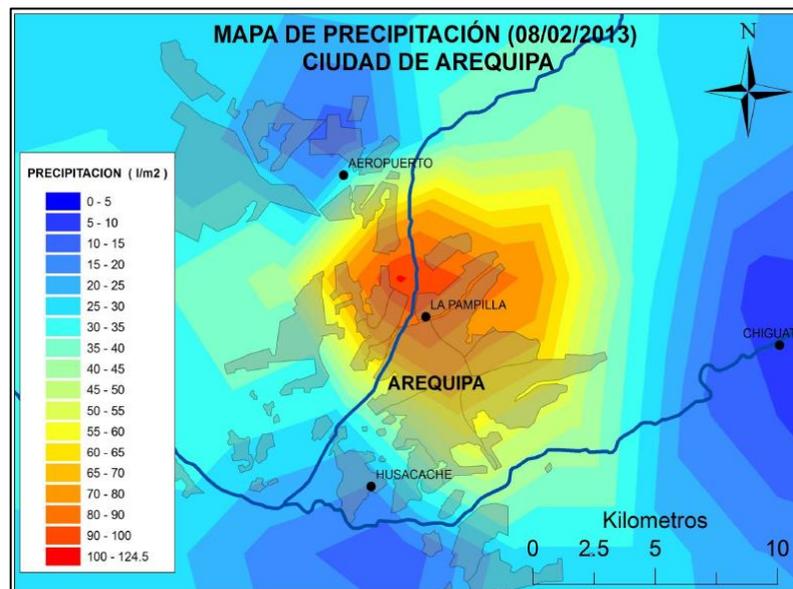
4.3 Análisis estadístico

4.3.1 Análisis de datos (Outliers)

La retención o eliminación de estos datos puede afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos calculados para la información, especialmente en muestras pequeñas (Chow et al., 1994).

Figura 9

Precipitación del 8 de febrero del 2013



Nota. En la figura se muestra el mapa de precipitación del 08/02/2013. Fuente: SSENAMHI – Meteorología Sinóptica

En el mapa se puede apreciar el área de influencia de la lluvia del día 8 de febrero del 2013 en Arequipa. Sin embargo, la precipitación registrada aquel día fue excepcional, la eliminación o retención de estos datos excepcionales pueden afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos calculados para la información, especialmente en muestras pequeñas como lo dice el método del Water Resources Council.

La ecuación de frecuencia para detectar datos dudosos altos es la siguiente:

$$y_H = \bar{y} + K_n * S_y$$

Donde:

Y_H : Umbral de datos dudosos altos en unidades logarítmicas.

Y : Media de los logaritmos de las precipitaciones.

K_n : Valor tabulado para una muestra de tamaño n .

S_Y : Desviación estándar de los logaritmos de las precipitaciones.

Una ecuación similar puede utilizarse para detectar datos dudosos bajos.

$$y_L = \bar{y} + K_n * S_y$$

Donde:

Y_L : Umbral de datos dudosos bajos en unidades logarítmicas.

Tabla 8

Valores de K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra	K_n	Tamaño de la muestra n	K_n	Tamaño de la muestra n	K_n	Tamaño de la muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.7	80	2.94
15	2.247	29	2.549	43	2.71	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.76	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.65	55	2.804		

Fuente: U.S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de K_n de un lado con un nivel de significancia de 10% de la distribución normal.

4.3.2 Coeficiente de Asimetría

Devuelve la asimetría de una distribución.

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^3}{(n-1)(n-2)S_Y^3}$$

4.3.3 Desviación Estándar

Devuelve una medida de dispersión de una distribución.

$$S_Y = \left(\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \right)^{1/2}$$

4.3.4 Media Aritmética

Devuelve el valor medio o media de una distribución.

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n Y_i$$

Tabla 9
Análisis de Datos Outliers

Estación Corpac			
Nro.	Año	Pmax24hr (mm)	Log (Pmax24hr)
1	1993	12.00	1.08
2	1994	10.60	1.03
3	1995	34.00	1.53
4	1996	8.10	0.91
5	1997	37.60	1.58
6	1998	9.80	0.99
7	1999	59.90	1.78
8	2000	13.00	1.11
9	2001	22.10	1.34
10	2002	29.00	1.46
11	2003	3.10	0.49
12	2004	9.90	1.00
13	2005	5.10	0.71
14	2006	9.90	1.00
15	2007	9.90	1.00
16	2008	23.10	1.36
17	2009	25.90	1.41
18	2010	6.10	0.79
19	2011	23.90	1.38
20	2012	23.90	1.38
21	2013	18.00	1.26
22	2014	25.00	1.40
23	2015	23.90	1.38

24	2016	37.10	1.57
25	2017	43.90	1.64

Tabla 10
Resultados del Análisis de Datos Outliers

Registro	25.0	
Precip. Máx (mm)	59.90	1.777
Precip. Mn (mm)	3.10	0.491
Precip. Prom (mm)	20.99	1.222
Desv. Est.	13.84	0.318
Coef. Asim.	1.019	-0.419
Evaluación Dato:	Dud. Alto	Dud. Bajo
Kn ()	2.486	
YH / YL ()	2.013	0.432
QH / QL ()	103.0	2.7
Elimin. de Datos	NO	NO

De acuerdo con *Wáter Resources Council (1981)*, si existe información disponible que indica que un dato dudoso alto es el máximo sobre un periodo extendido, el dato dudoso es EXCLUIDO DEL ANÁLISIS. En conclusión, en nuestros datos y resultados podemos observar que el umbral de dato dudoso alto es mayor que la precipitación máxima en el año 1999 de la estación CORPAC, por consecuencia, según *Wáter Resources Council* el dato dudoso NO es tratado como información excepcional y NO es EXCLUIDO DEL ANÁLISIS.

4.4 Estadística aplicada a la hidrología

Existen métodos estadísticos disponibles para organizar, presentar y reducir los datos observados de manera de que se facilite su interpretación y evaluación.

4.4.1 Periodo de retorno

Si “T” es el periodo de retorno, la probabilidad de ocurrencia “P” es: $1/T$

Estadísticamente el periodo de retorno es la inversa de la probabilidad de excedencia, es decir:

$$T = \frac{1}{P(X \geq x)}$$

O también puede ser representada por la inversa de la probabilidad de no excedencia:

$$T = \frac{1}{1 - P(X \geq x)}$$

4.4.2 Riesgo de falla

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Dónde:

R: Probabilidad que un evento máximo ocurra por lo menos una vez en “n” años

n: vida útil de la estructura

T: periodo de retorno de diseño

Tabla 11
Vida Útil de Obras en función del Riesgo Admisible

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0.01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0.02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0.05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0.1	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0.2	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0.25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0.5	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0.75	1.3	2	2.7	4.1	7.7	15	18	37	73	144
0.99	1	1.11	1.27	1.66	2.7	5	5.9	11	22	44

Fuente: Monalve, 1999

4.5 Precipitación Máxima

El procedimiento usado para la estimación de la precipitación máxima de diseño es la siguiente

1. Se escoge la vida esperada de la estructura n ; (1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 años)
2. Se escoge determinados porcentajes de riesgo de falla (10, 20, 25, 50%, etc.)
3. Para cada vida esperada del proyecto y riesgo de falla, se estima cual es el periodo de retorno real con la siguiente expresión:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

4.5.1 Método de estimación de parámetros de las funciones probabilísticas

Existen varias técnicas para la estimación de los parámetros de una distribución, dentro de las cuales se puede mencionar:

- Método de momentos.
- Método de máxima verosimilitud.
- Método de mínimos cuadrados.

4.6 Funciones de distribución de probabilidad

Para el análisis de las precipitaciones máximas de 24 horas de la ESTACION CORPAC, se han utilizado como ya se ha indicado los últimos 25 registros históricos de precipitaciones máximas en 24 horas completas y consistentes (1993-2016), para ello se ajustaron a nueve distribuciones de probabilidades las cuales se detallan a continuación:

- Distribución Normal Estándar.
- Distribución Log Normal II Parámetros.
- Distribución Log Normal III Parámetros.
- Distribución Gumbel (Distribución extrema Tipo I).

- Distribución Log Gumbel.
- Distribución Gamma II Parámetros.
- Distribución Pearson tipo III
- Distribución Log Pearson Tipo III.

4.6.1 Distribución Gumbel

Función de Distribución de Probabilidad Gumbel

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad \text{para } -\infty \leq x \leq \infty$$

Dónde:

X: Representa el valor a asumir por la variable aleatoria

e: Constante de Neper.

4.7.2 Distribución Pearson Tipo III

Función de Distribución de Probabilidad Pearson Tipo III

$$F(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x-\delta}{\delta}\right)} \left(\frac{x-\delta}{\delta}\right)^{\beta-1} dx$$

Dónde:

γ : Coeficiente de sesgo

e: Constante de Neper

4.7.3 Distribución Log Pearson Tipo III

Función de Distribución de Probabilidad Log Pearson Tipo III

$$F(x) = \int_{x_0}^x \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{\ln x - x_0}{\beta}}}{x\beta^\gamma\Gamma(\gamma)}$$

Donde:

x_0 : Parámetro de posición

β : Parámetro de escala

γ : Parámetro de forma

A continuación, se observa el Análisis de Frecuencia con las Funciones de Distribución de Probabilidad más utilizadas en hidrología.

4.7 Software Hidroesta

El software Hidroesta sirve para los cálculos hidrológicos. Este simplifica los cálculos hidrológicos.



En nuestro análisis para las precipitaciones máximas de 24 horas en la quebrada Estanquillo, se ajustaron los datos a nueve distribuciones de probabilidades las cuales se detallan a continuación:

Figura 10
Distribución Normal – Estación Corpac

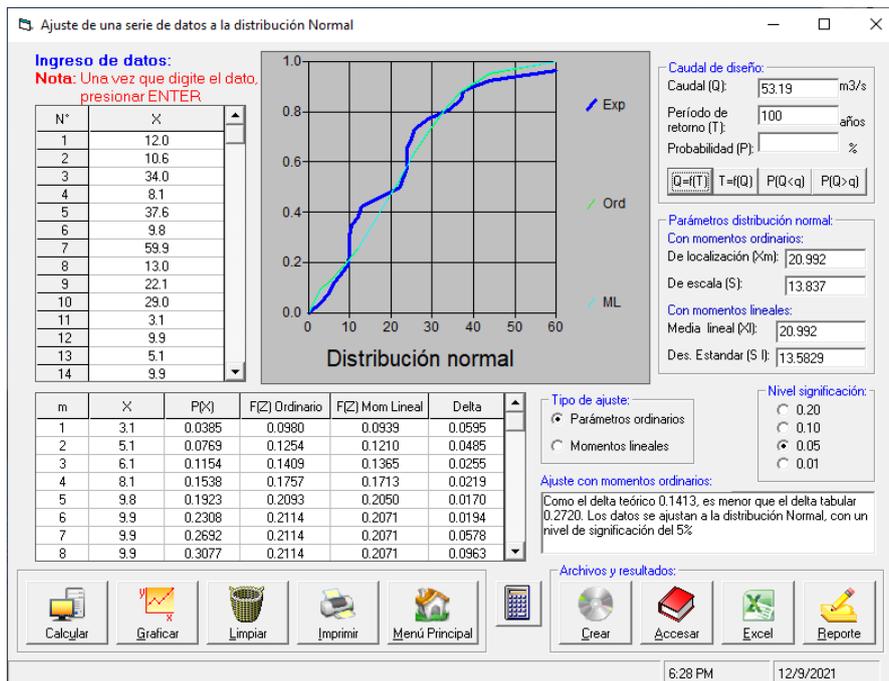


Figura 11
Distribución Log Normal II – Estación Corpac

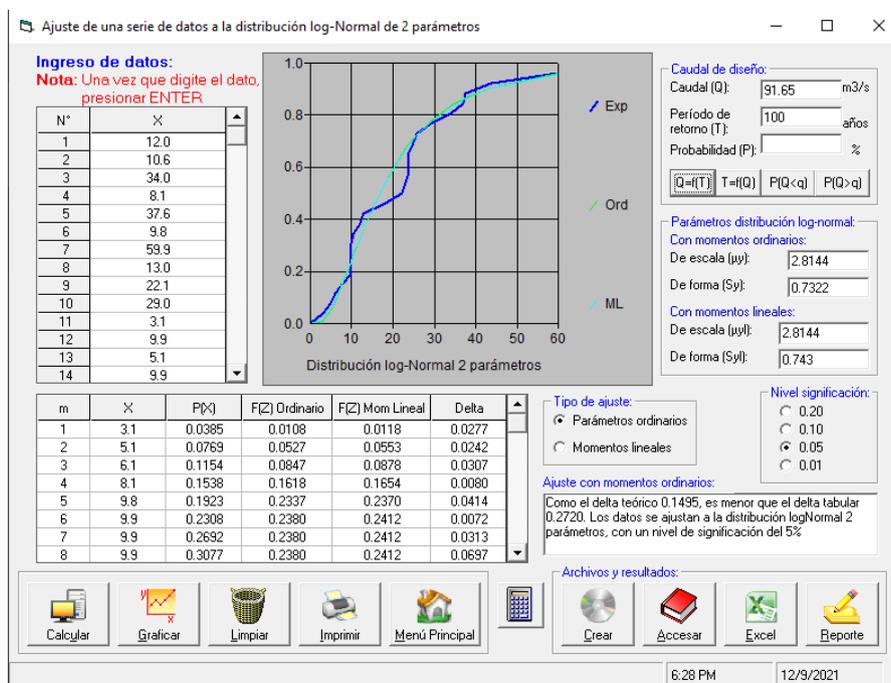


Figura 12
Distribución Gumbel – Estación Corpac

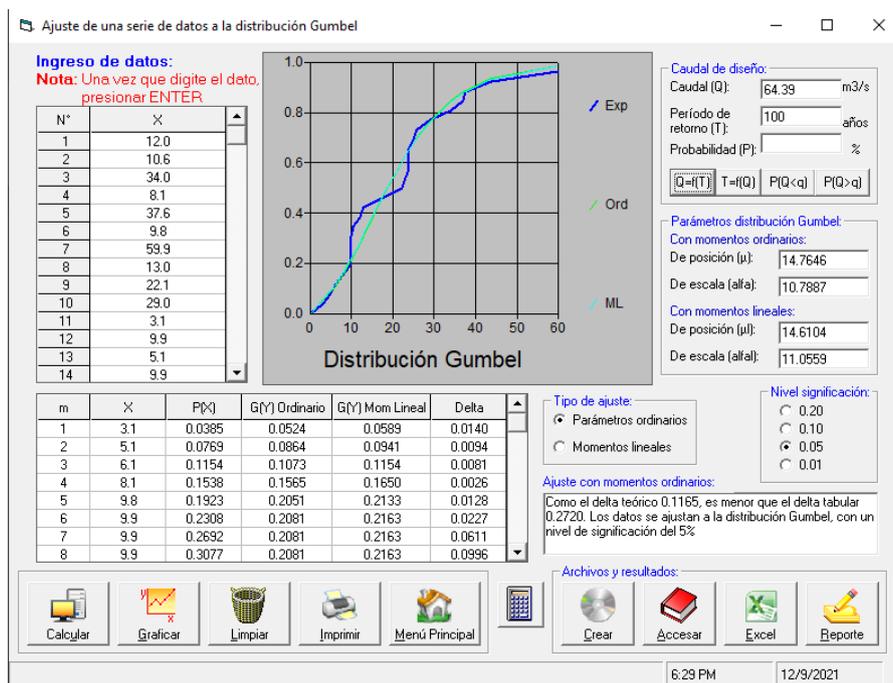


Figura 13
Distribución Log Gumbel – Estación Corpac

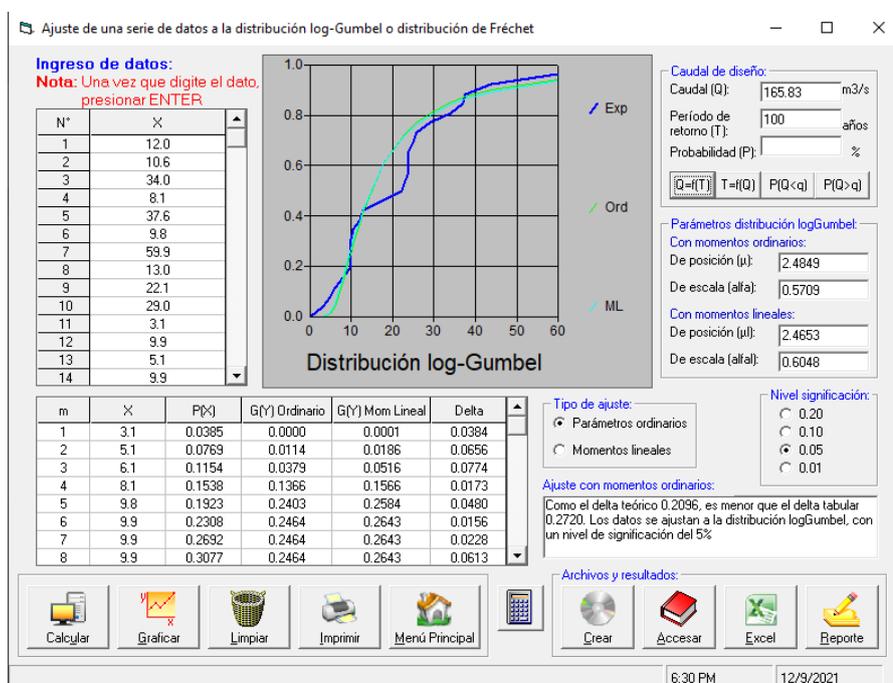


Figura 14
Distribución Gamma II Parámetros – Estación Corpac

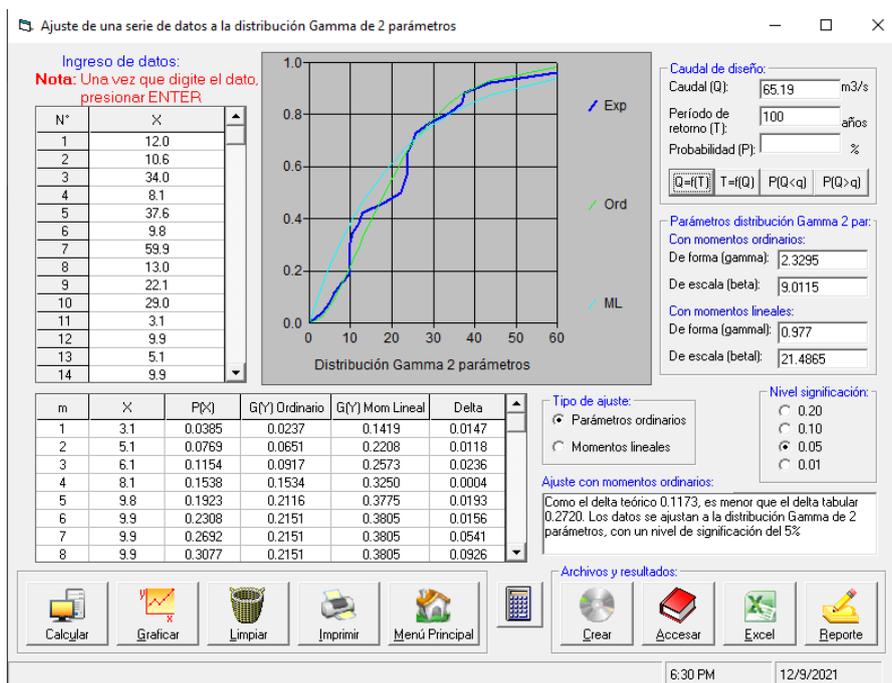


Figura 15
Distribución Gamma III Parámetros – Estación Corpac

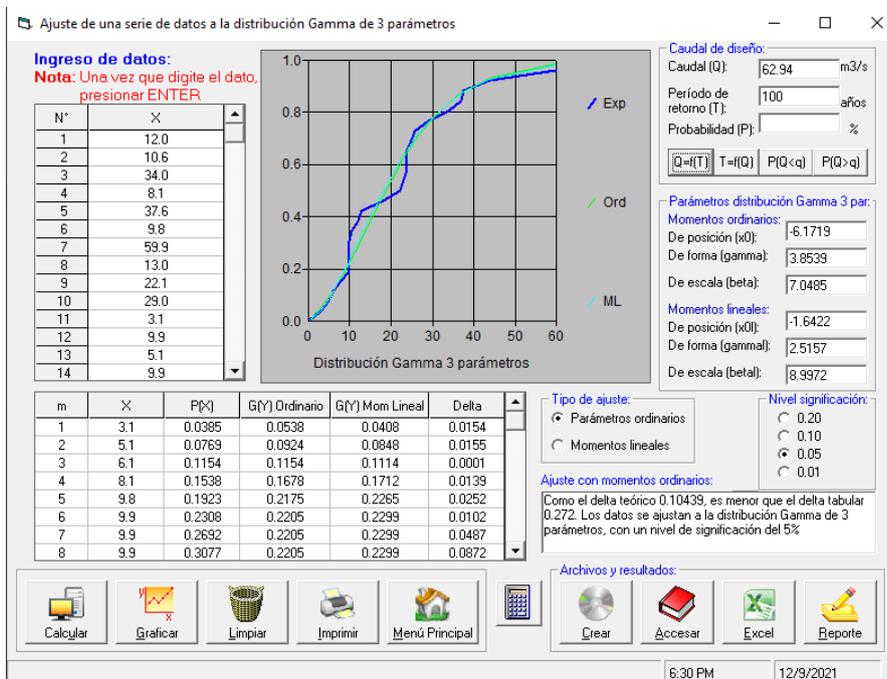


Figura 16
Distribución Log Pearson Tipo III – Estación Corpac

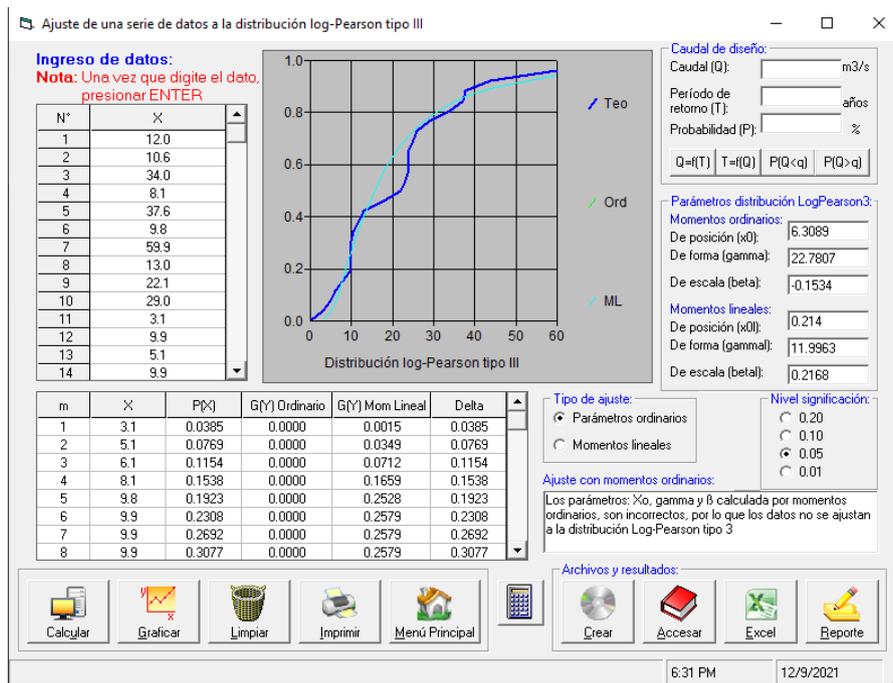
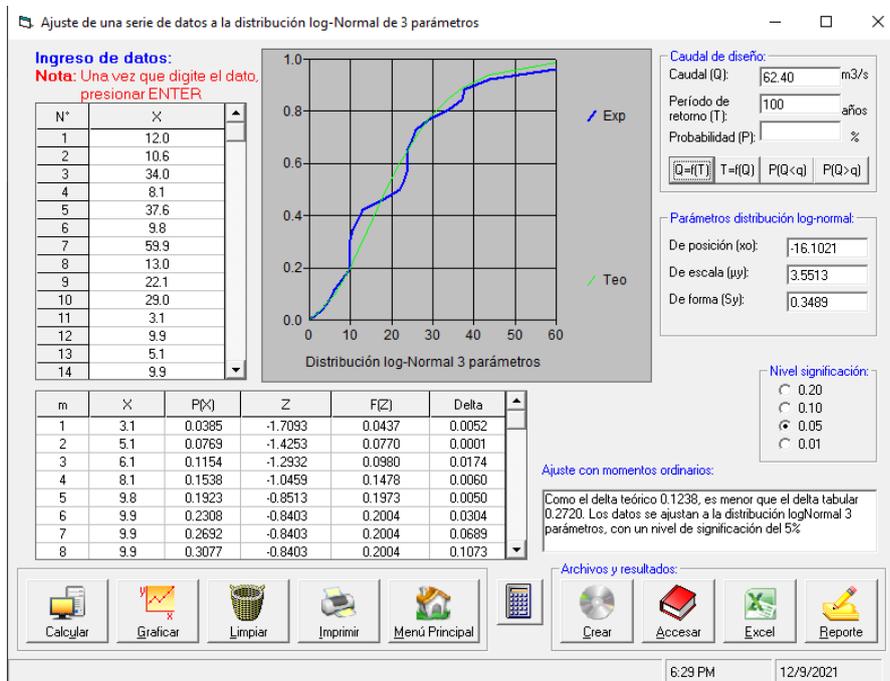


Figura 17
Distribución Log Normal III Parámetros – Estación Corpac



4.8 Verificación de las distribuciones modelos

LAS PRUEBAS DE AJUSTE consisten en comprobar gráfica y estadísticamente.

Los ajustes más comunes son:

- Chi cuadrado
- Smirnov – Kolmogorov
- Método del error cuadrático mínimo

4.8.1 Prueba de Smirnov - Kolmogorov

Se compara el máximo valor absoluto de la diferencia que hay entre la función de distribución observada $F_o(P_m)$ y la estimada $F(P_m)$.

$$D = \max|F_o(P_m) - F(P_m)|$$

Esta prueba tiene la ventaja sobre la X^2 de que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos.

$$F_o(P_m) = 1 - \frac{m}{n + 1}$$

Dónde:

m : es el número de orden del dato X_m en una lista de mayor a menor.

n : número total de datos.

Tabla 12
Valores Críticos para la Prueba de Smirnov - Kolmogorov

Tamaño de la muestra	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
31	0.22	0.24	0.29
40	0.19	0.21	0.25

N grande	$1.22/\sqrt{n}$	$1.36/\sqrt{n}$	$1.63/\sqrt{n}$
----------	-----------------	-----------------	-----------------

Fuente: Fuentes de Hidrología de Superficie, Aparicio

Tabla 13
Distribuciones Probabilísticas – Estación Corpac

Distribución Probabilística	Δ	ΔT	Observación
D. Normal	0.1413	0.272	
D. Log Normal II	0.1495	0.272	
D. Log Normal III	0.1238	0.272	
D. Gumbel	0.1165	0.272	
D. Log Gumbel	0.2096	0.272	
D. Gamma II	0.1173	0.272	
D. Gamma III	0.1044	0.272	Valor Mínimo del delta
D. Log Pearson Tipo III	-	0.272	No se Ajusta a los datos

4.9 Corrección

Debido a que las mediciones y reportes de observaciones analizadas son realizadas en intervalos de tiempo fijo, se recomienda el uso del factor de corrección 1.13 (Hershfield, 1961).

Tabla 14
Precipitación Máxima de 24 Horas Corregida para Diferentes Periodos de Retorno

Precipitación para T años (mm)								
2	5	10	20	25	50	100	200	500
18.8	31.4	44.7	53.1	55.7	63.6	71.1	78.4	87.7

4.10 Determinación de la tormenta de diseño

Una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación.

4.10.1 Método de Dick y Peschke

Se ha utilizado el método de *Dick Peschke* el cual *Guevara (1991)*, menciona que hay una relación entre la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente:

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

Dónde:

P_d : Precipitación (mm).

d : Duración en minutos.

$P_{24 \text{ horas}}$: Precipitación máxima en 24 horas (mm).

Tabla 15

Distribución de las Precipitaciones para una Duración de 3 horas

Duración (min)	Pd (mm/24 h)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
10	9.2	17.2	21.7	27.1	30.9	34.5	38.1	42.6
20	10.9	20.5	25.8	32.2	36.7	41.1	45.3	50.7
30	12.0	22.7	28.5	35.6	40.6	45.4	50.1	56.1
40	12.9	24.4	30.7	38.3	43.6	48.8	53.8	60.2
50	13.7	25.8	32.4	40.5	46.2	51.6	56.9	63.7
60	14.3	27.0	33.9	42.3	48.3	54.0	59.6	66.7
70	14.9	28.1	35.3	44.0	50.2	56.2	61.9	69.3
80	15.4	29.0	36.5	45.5	51.9	58.1	64.0	71.6
90	15.8	29.9	37.6	46.9	53.5	59.8	65.9	73.8
100	16.3	30.7	38.6	48.1	54.9	61.4	67.7	75.8
110	16.7	31.4	39.5	49.3	56.2	62.9	69.3	77.6
120	17.0	32.1	40.4	50.3	57.4	64.3	70.9	79.3
130	17.4	32.8	41.2	51.4	58.6	65.6	72.3	80.9
140	17.7	33.4	42.0	52.3	59.7	66.8	73.6	82.4
150	18.0	33.9	42.7	53.2	60.7	68.0	74.9	83.8
160	18.3	34.5	43.4	54.1	61.7	69.1	76.1	85.2
170	18.6	35.0	44.0	54.9	62.7	70.1	77.3	86.5
180	18.8	35.5	44.7	55.7	63.6	71.1	78.4	87.7

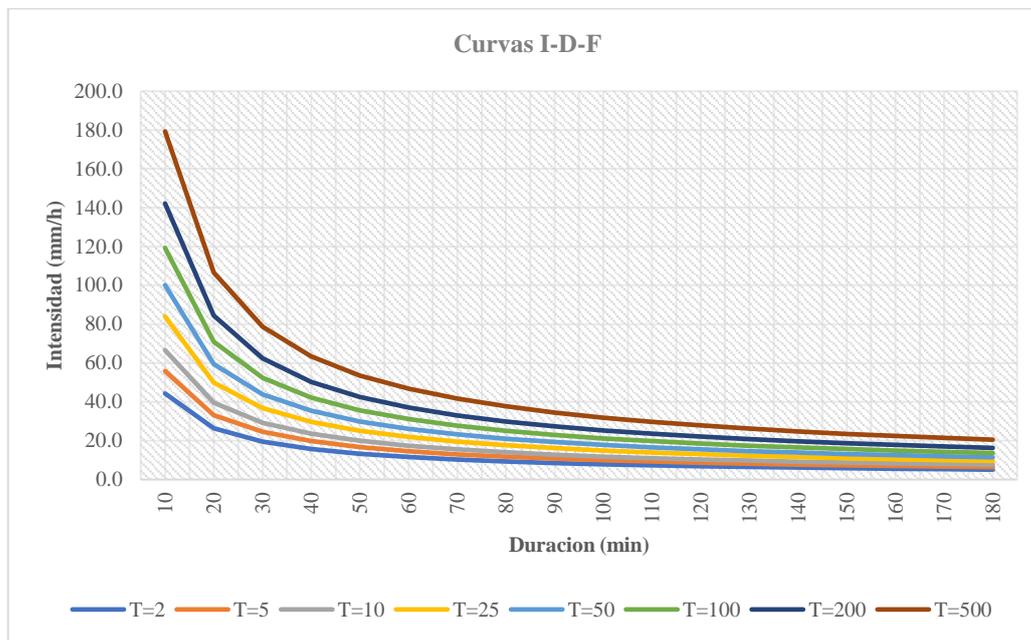
Tabla 16

Intensidades Máximas para una Duración de 3 horas

Duración (min)	Intensidad de lluvia (mm/h)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
10	54.9	103.5	130.2	162.3	185.2	207.2	228.4	255.6
20	32.6	61.5	77.4	96.5	110.1	123.2	135.8	152.0
30	24.1	45.4	57.1	71.2	81.2	90.9	100.2	112.1
40	19.4	36.6	46.0	57.4	65.5	73.2	80.8	90.4
50	16.4	31.0	38.9	48.5	55.4	62.0	68.3	76.4
60	14.3	27.0	33.9	42.3	48.3	54.0	59.6	66.7
70	12.8	24.0	30.2	37.7	43.0	48.1	53.1	59.4
80	11.5	21.8	27.4	34.1	38.9	43.6	48.0	53.7
90	10.6	19.9	25.0	31.2	35.6	39.9	44.0	49.2

100	9.8	18.4	23.1	28.9	32.9	36.8	40.6	45.5
110	9.1	17.1	21.5	26.9	30.7	34.3	37.8	42.3
120	8.5	16.1	20.2	25.2	28.7	32.1	35.4	39.6
130	8.0	15.1	19.0	23.7	27.0	30.3	33.4	37.3
140	7.6	14.3	18.0	22.4	25.6	28.6	31.6	35.3
150	7.2	13.6	17.1	21.3	24.3	27.2	30.0	33.5
160	6.9	12.9	16.3	20.3	23.1	25.9	28.6	31.9
170	6.6	12.4	15.5	19.4	22.1	24.7	27.3	30.5
180	6.3	11.8	14.9	18.6	21.2	23.7	26.1	29.2

Figura 18
Curva – Intensidad – Frecuencia



4.10.2 Método ILLA SENAMHI

Son escasas las estaciones que ofrecen información automatizada de registros pluviales, por lo que existe bastante dispersión en los datos.

$$i_{t,T} = a * (1 + \log_{10} T) * (t + b)^{n-1}$$

Donde:

$i_{t,T}$: Intensidad de la lluvia (mm/hora).

a: Parámetro de intensidad (mm).

K: Parámetro de frecuencia (adimensional).

b: Parámetro de tiempo (hora).

n: Parámetro de duración (adimensional).

t: Duración (hora).

$$P_{24,T} = \varepsilon_g * (1 + K * \log_{10} T)$$

$$a = \left(\frac{1}{t_g}\right)^n * \varepsilon_g$$

Donde:

$P_{24,T}$: Máxima precipitación en 24 horas para periodo de retorno T. La referencia original (IILA-SENAMHI, 1983) es equivalente a la nomenclatura h_g

T: Tiempo de retorno

t_g : Duración de la lluvia diaria asumiendo un promedio de 15,2 horas para el Perú, pudiendo ser diferente según la condición local.

K: K_g , parámetro de frecuencia según zona.

b: 0.5 horas (costa, centro y sur) 0.4 horas (sierra) 0.2 horas (costa, norte y selva)

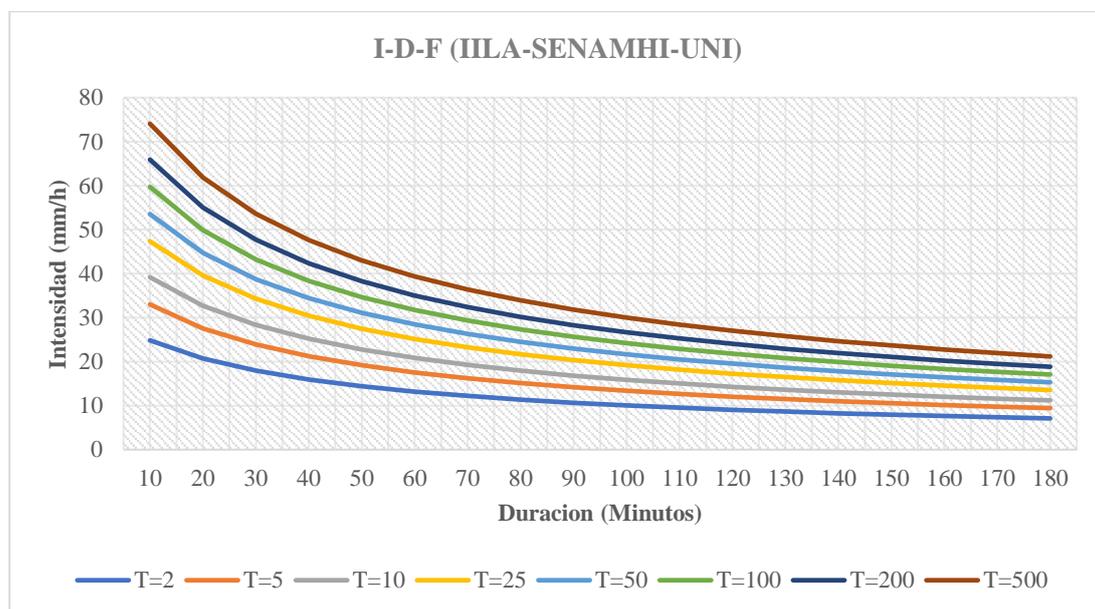
ε_g : Parámetro para determinar $P_{24,T}$

Tabla 17
Intensidades Máximas – Método ILLA - SENAMHI

Duración	Intensidad de lluvia (mm/h)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
10	24.8	33.0	39.2	47.4	53.5	59.7	65.9	74.1
20	20.7	27.6	32.7	39.5	44.7	49.9	55.0	61.9
30	18.0	23.9	28.4	34.3	38.7	43.2	47.7	53.6
40	16.0	21.2	25.2	30.4	34.4	38.4	42.3	47.6
50	14.4	19.2	22.8	27.5	31.1	34.7	38.3	43.0
60	13.2	17.5	20.8	25.2	28.4	31.7	35.0	39.4
70	12.2	16.2	19.2	23.3	26.3	29.3	32.4	36.4
80	11.4	15.1	17.9	21.7	24.5	27.3	30.2	33.9
90	10.7	14.2	16.8	20.3	23.0	25.6	28.3	31.8

Duración	Intensidad de lluvia (mm/h)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
100	10.1	13.4	15.9	19.2	21.7	24.2	26.7	30.0
110	9.5	12.7	15.0	18.2	20.5	22.9	25.3	28.4
120	9.1	12.0	14.3	17.3	19.5	21.8	24.0	27.0
130	8.6	11.5	13.6	16.5	18.6	20.8	22.9	25.8
140	8.3	11.0	13.0	15.8	17.8	19.9	21.9	24.7
150	7.9	10.5	12.5	15.1	17.1	19.1	21.0	23.7
160	7.6	10.1	12.0	14.5	16.4	18.3	20.2	22.8
170	7.4	9.8	11.6	14.0	15.8	17.7	19.5	21.9
180	7.1	9.4	11.2	13.5	15.3	17.1	18.8	21.2

Figura 19
I-D-F (ILLA – SENAMHI-UNI)



4.11 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia

Comúnmente se utiliza la intensidad promedio, que puede expresarse como:

$$i = \frac{P}{T_d}$$

Donde:

P : es la profundidad de lluvia (mm).

T_d : es la duración, dada usualmente en horas.

Las curvas de intensidad – duración – frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación.

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$

Donde:

I: intensidad máxima (mm/h).

K, m, n: factores característicos de la zona.

T: periodo de retorno en años.

t: duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min).

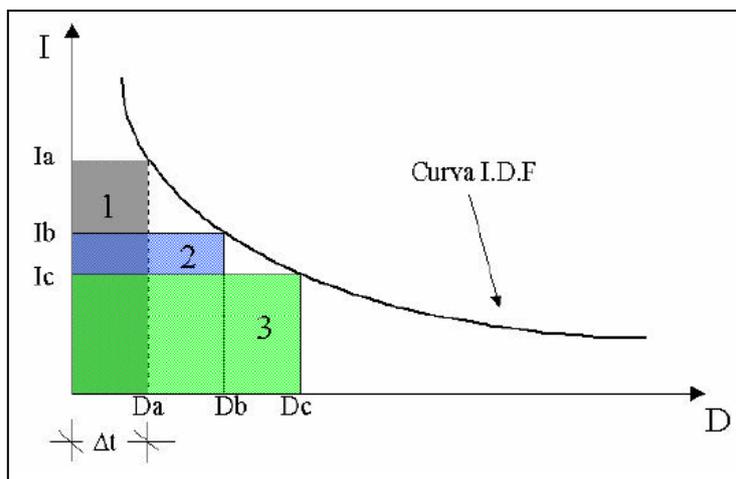
4.12 Método de bloque alterno

Chow et al. (1994), menciona que este método es una manera simple de desarrollar el hietograma de diseño. El hietograma de diseño generado por este método especifica la profundidad de precipitación en “n” intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt , sobre una duración total de:

$$T_d = n * \Delta t$$

Figura 20

Descripción del Método Mediante el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje



El tiempo estimado de duración de una lluvia en promedio fue de 3 horas, por esta razón los Hietogramas que se obtienen están en un periodo de 180 minutos.

Figura 21
Resultados del Método de los Bloques Alternados

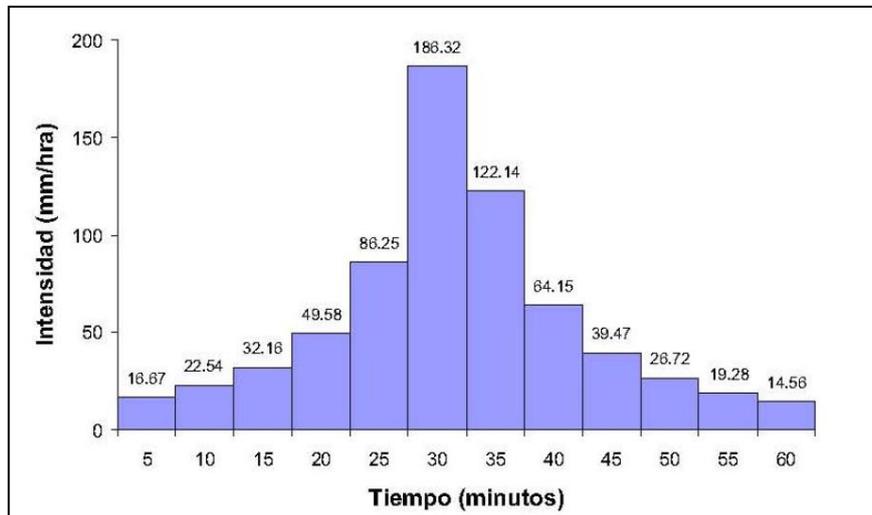
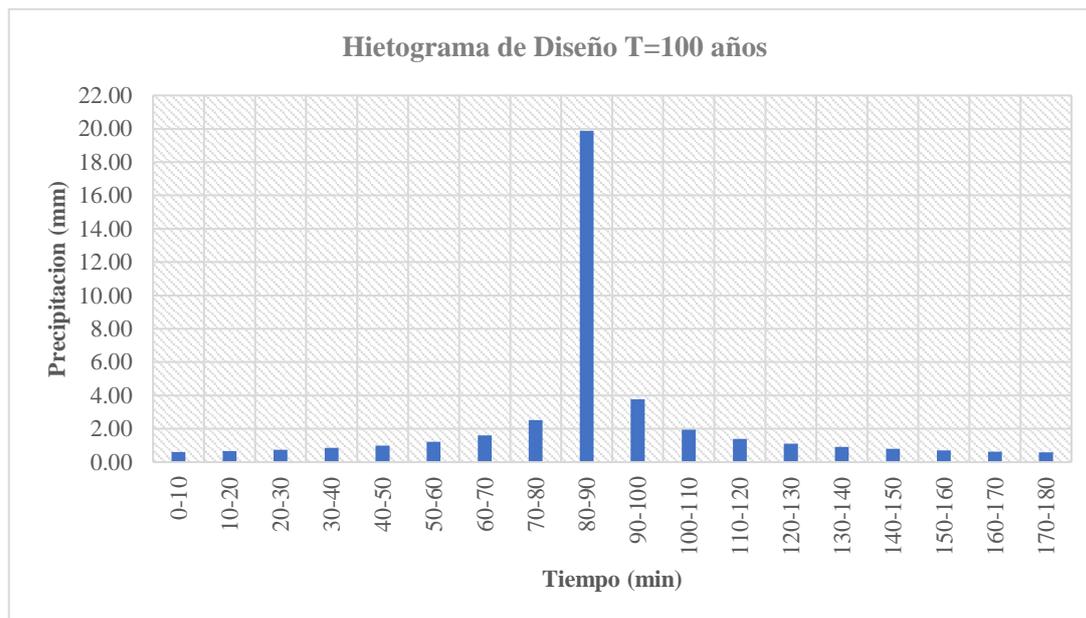


Tabla 18
Determinación del Hietograma de Diseño para un Periodo de Retorno de T=100 años

Duración (Min)	Intensidad (mm/h)	Precip. Acum (mm)	Precip. Increm (mm)	Intens Bloque (mm/h)	Tiempo	Ordenado
10	119.25	19.87	19.87	119.25	0-10	0.61
20	70.90	23.63	3.76	22.56	10-20	0.67
30	52.31	26.16	2.52	15.13	20-30	0.75
40	42.16	28.11	1.95	11.70	30-40	0.85
50	35.66	29.72	1.61	9.67	40-50	1.00
60	31.10	31.10	1.39	8.32	50-60	1.22
70	27.71	32.33	1.22	7.33	60-70	1.61
80	25.07	33.42	1.10	6.58	70-80	2.52
90	22.95	34.42	1.00	5.99	80-90	19.87
100	21.21	35.34	0.92	5.51	90-100	3.76
110	19.74	36.19	0.85	5.11	100-110	1.95
120	18.50	36.99	0.80	4.78	110-120	1.39
130	17.42	37.74	0.75	4.49	120-130	1.10
140	16.48	38.44	0.71	4.23	130-140	0.92
150	15.64	39.11	0.67	4.01	140-150	0.80
160	14.91	39.75	0.64	3.82	150-160	0.71
170	14.24	40.36	0.61	3.64	160-170	0.64
180	13.65	40.94	0.58	3.48	170-180	0.58

Figura 22

Hietograma de Diseño para un Periodo de Retorno de T=100 años



4.13 Estimación de caudales

4.13.1 Tiempo de concentración

Existen muchos métodos para el cálculo del tiempo de concentración (Aparicio, 2006).

- **Kirpich (1940)**

$$t_c = 0.01947L^{0.77}S^{-0.385}$$

Donde:

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

S : Pendiente promedio de la cuenca, m/m.

t_c : Tiempo de concentración, minutos.

- **California Culverts Practice (1942)**

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

Donde:

L : longitud del curso de agua más largo, m.

H : Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, m.

t_c : Tiempo de concentración, minutos.

Temez (1991)

$$t_c = 0.3 * \left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76}$$

Donde:

L : Longitud del cauce mayor, Km.

S : Pendiente promedio del cauce mayor, m/m.

t_c : Tiempo de concentración, horas.

- **Pizarro**

$$t_c = 13.548 * \left(\frac{L^2}{H}\right)^{0.77}$$

Donde:

L : Longitud, Km.

H : Desnivel, m.

t_c : Tiempo de concentración, horas.

4.13.2 Numero de curva

Este método fue desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (EEUU), utiliza datos de un gran número de cuencas experimentales, y se basa en la siguiente ecuación:

- GRUPO A (Bajo potencial de escorrentía): arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.
- GRUPO B (Moderadamente bajo potencial de escorrentía): suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.
- GRUPO C (Moderadamente alto potencial de escorrentía): margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con alto contenido de arcilla.

El modelo parte de dos hipótesis:

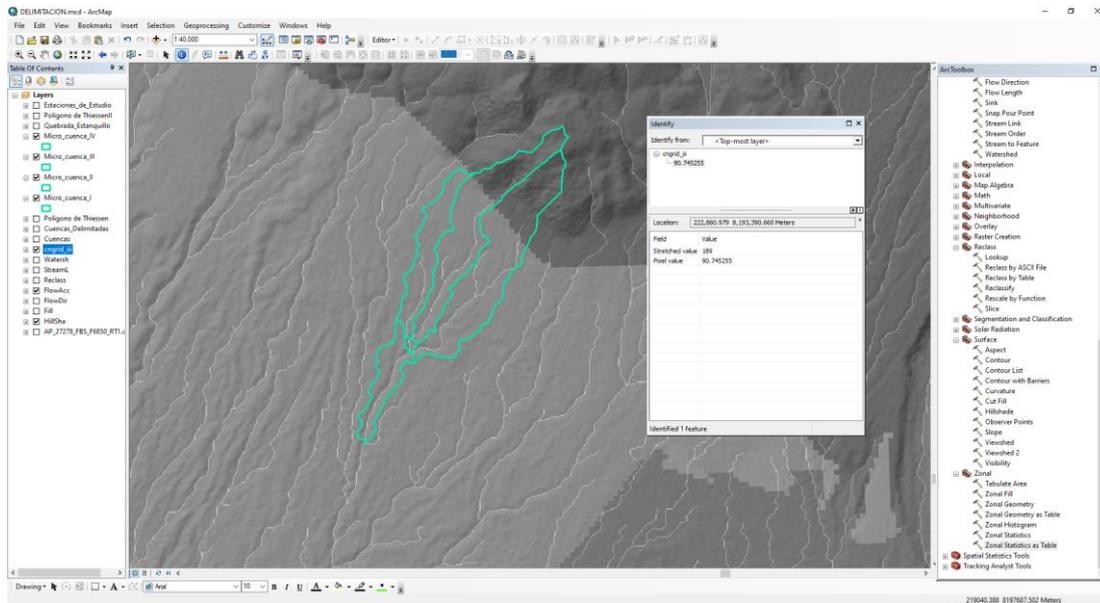
- La escorrentía superficial se inicia una vez alcanzado un cierto umbral de escorrentía, denominado I_a .

$$\frac{\text{retencion real de agua}}{\text{retencion maxima}} = \frac{\text{escorrentia superficial}}{\text{escorretia superficial maxioma}}$$

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad P > I_a$$

$$P_e = 0 \quad P < I_a$$

Imagen 13
Determinación del Numero de Curva



4.14 Software HEC – HMS

Figura 23
Delimitación de las cuencas de estudio en HEC - HMS

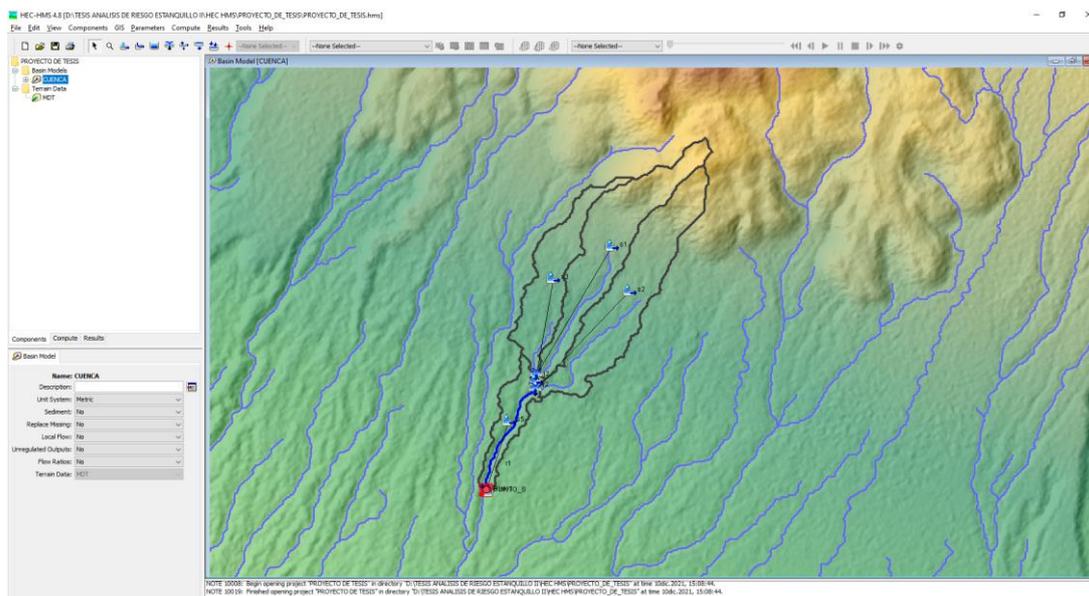


Figura 24

Resultados obtenidos con el Modelo Numérico HEC - HMS

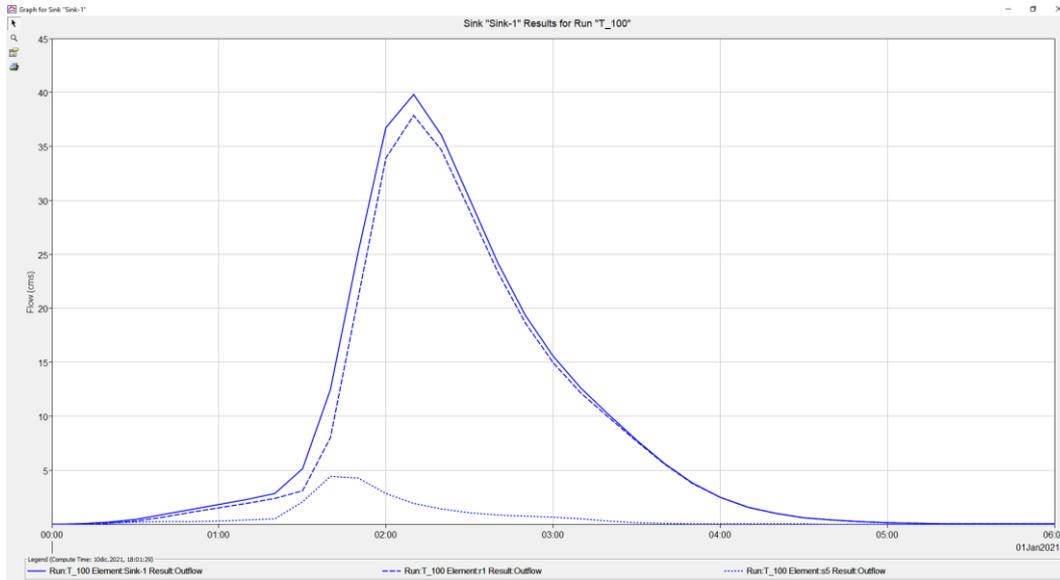
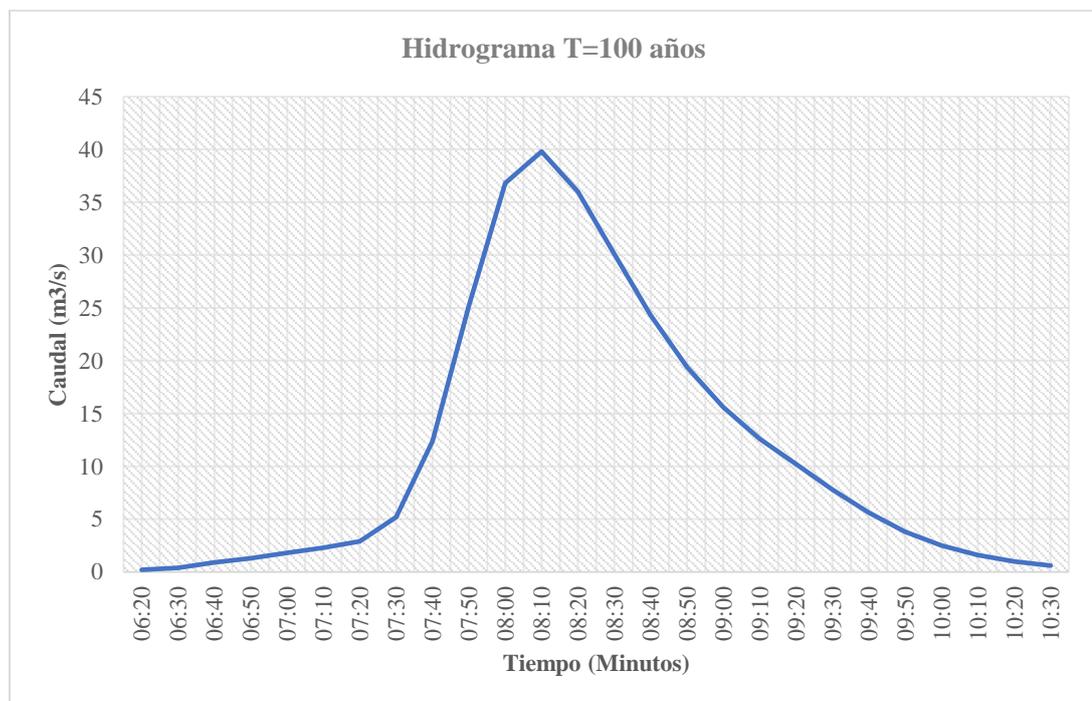


Figura 25

Hidrograma de Salida para un periodo de retorno de $T=100$ años





CAPITULO V

5. MODELACIÓN HIDRÁULICA

5.1 Modelamiento con el Software Iber

El manual de Modelación bidimensional del flujo en lamina libre en aguas poco profundas (2012), conceptualiza que Iber es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no-permanente.

5.2 Pre – Proceso

Para poder realizar un cálculo con Iber, se deben realizar los siguientes pasos:

- Crear o importar una geometría
- Asignar una serie de parámetros de entrada
- Asignar condiciones de contorno e iniciales
- Asignar el tiempo de cálculo
- Malla de cálculo
- Computar

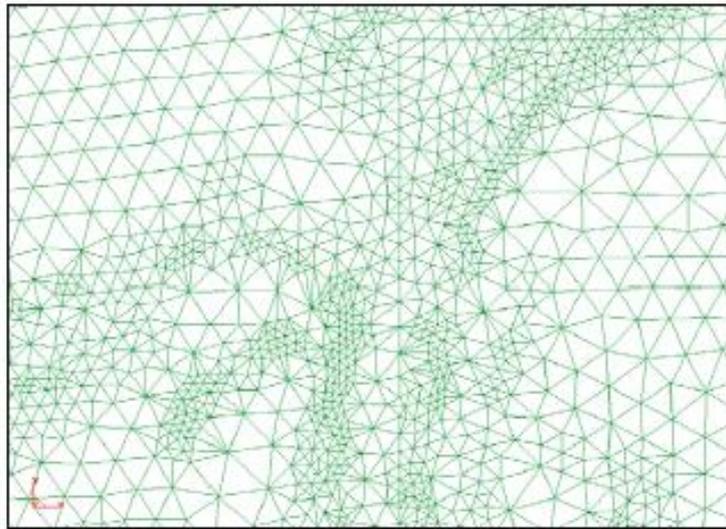
5.3 Importar geometría

Para importar una geometría es necesario en primer lugar guardar el proyecto con un nombre.

5.4 Menú herramienta MDT

Se crea un archivo dtms file.dat que es el listado de los nuevos archivos creados.

Figura 26
Mallas Creadas en Iber



Nota. En la figura se muestra las mallas no estructuradas con el Software Iber. Fuente: Modelación bidimensional del flujo en lamina libre en aguas poco profundas (2012).

5.5 Menú herramienta RTIN

Se puede crear e importar una geometría con RTIN

Figura 27
Herramienta RTIN en Iber



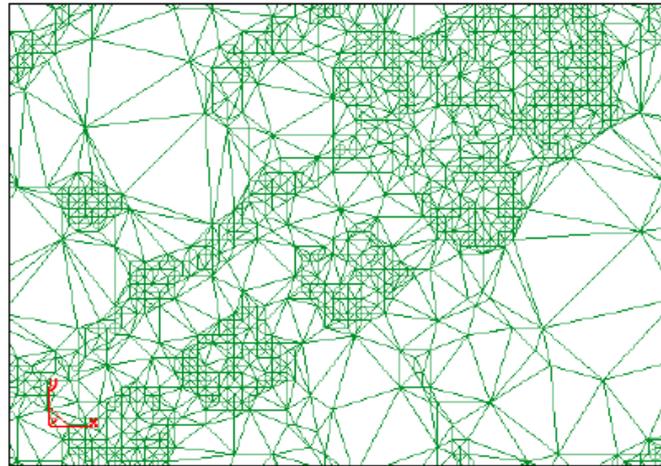
Nota. En la figura se muestra las mallas no estructuradas con el Software Iber. Fuente: Modelación bidimensional del flujo en lamina libre en aguas poco profundas (2012).

5.6 Importar una TIN generada con un SIG

Según El manual de Modelación bidimensional del flujo en lamina libre en aguas poco profundas (2012), conceptualiza asegurar que los triángulos resultantes no tengan lados demasiado pequeños.

Figura 28

Creación de la Geometría no Estructurada en Iber



Nota. En la figura se muestra la geometría no estructurada con el Software Iber. Fuente: Modelación bidimensional del flujo en lamina libre en aguas poco profundas (2012).

5.7 Condiciones hidrodinámicas

5.7.1 Condiciones iniciales

Se deben asignar a todo el dominio. Se puede escoger entre asignar un calado, o una cota de agua.

5.7.2 Condiciones de contorno de entrada

Existe la posibilidad de asignar un caudal total, un caudal específico.

5.8 Rugosidad

En Iber la rugosidad se asigna a través de un coeficiente de rugosidad de Manning.

5.9 Post – Proceso

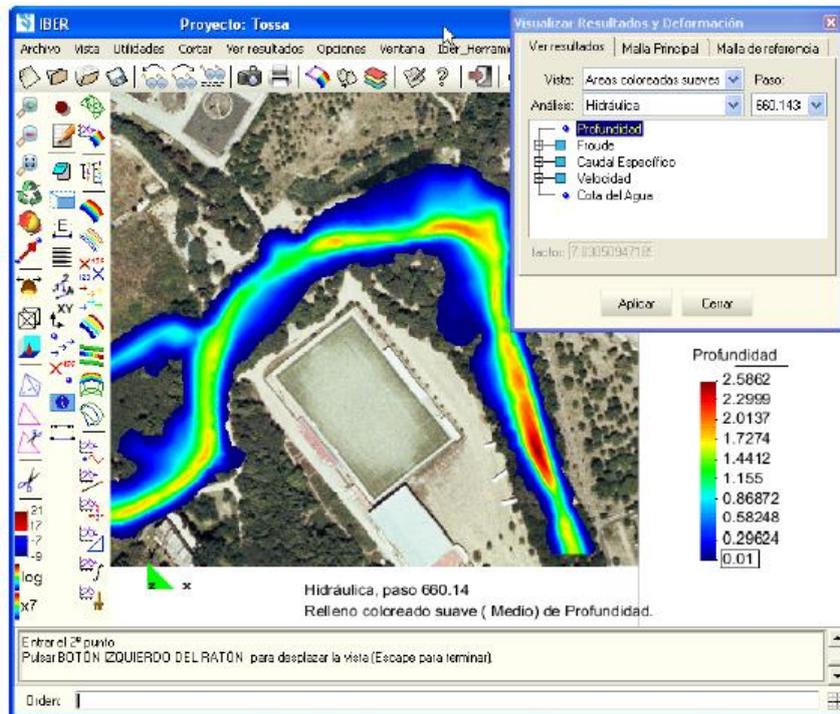
Una vez finalizado el cálculo, o durante el mismo, se puede acceder al post - proceso para visualizar y analizar los resultados.

5.9.1 Visualización de resultados

Según El manual de Modelación bidimensional del flujo en lamina libre en aguas poco profundas (2012), menciona que Iber dispone de multitud de opciones para

visualizar y analizar los resultados, personalizar los colores, las leyendas, mostrar etiquetas de valores, etc.

Figura 29
Visualización de Resultados con el Modelo Numérico Iber



Nota. En la figura se muestra la ventana de visualización de la mancha de inundación con el Software Iber.
Fuente: Modelación bidimensional del flujo en lamina libre en aguas poco profundas (2012).

5.10 Ecuaciones hidrodinámicas

En el módulo hidrodinámico se resuelven las ecuaciones de conservación de la masa y de momento en las dos direcciones horizontales:

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \frac{\partial U_x k}{\partial x} + \frac{\partial U_y k}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(v + \frac{v_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + 2v_t S_{ij} S_{ij} + c_k \frac{u_f^3}{h} - \epsilon$$

$$\frac{\partial \epsilon}{\partial t} + \frac{\partial U_x \epsilon}{\partial x} + \frac{\partial U_y \epsilon}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(v + \frac{v_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right) + c_{\epsilon 1} \frac{\epsilon}{k} 2v_t S_{ij} S_{ij} + c_\epsilon \frac{u_f^4}{h^2} - c_{\epsilon 2} \frac{\epsilon^2}{k}$$

5.10.1 Fricción de fondo

Según la guía Modelación bidimensional del flujo en lamina libre en aguas poco profundas (2012) se pueden caracterizar por la velocidad de fricción:

$$u_f = \sqrt{\frac{\tau_b}{\rho}}$$

Donde

τ_b : Modulo de la fuerza de fricción de fondo

ρ : Densidad del agua

$$R_h = \frac{A}{P_m} = \frac{h\Delta x}{\Delta x} = h$$

La fricción de fondo se evalúa mediante la fórmula de Manning:

$$C_f = g \frac{n^2}{h^{1/3}}$$

5.10.2 Rozamiento superficial por viento

Un coeficiente de arrastre, utilizando la ecuación de Van Dor (1953).

$$\tau_s = \rho C_{vd} V_{10}^2$$

Donde:

V_{10} : la velocidad del viento a 10 metros de altura

C_{vd} : Coeficiente de arrastre superficial, $C_{vd} = 2.5 \cdot 10^{-6}$

5.10.3 Condiciones de contorno

Es necesario distinguir entre dos tipos de contorno:

- **Contornos cerrados**

Es la presencia de contorno tipo pared que genera una fuerza de rozamiento lateral en el fluido.

- **Contornos abiertos**

Es en la que depende de que, si se trata de un contorno de entrada o de salida del flujo, así como también del tipo de régimen en el contorno

Tabla 19
Condiciones de Contorno Implementadas en los Contornos Abiertos

Contorno	Régimen	Condiciones Impuestas
Entrada	Sub crítico/Critico	Caudal total en dirección normal al contorno
	Super crítico	Caudal total en dirección normal al contorno y velocidad media
	Sub crítico/Critico	Caudal específico en dirección normal al contorno
	Super crítico	a) Caudal específico en dirección normal al contorno y calado
b) Caudal específico en dirección normal al contorno y cota de agua		
Salida	Sub crítico	a) Calado
		b) Cota de agua
c) Vertedero (cota y coeficiente de descarga		
d) Curva de gastos		
	Super crítico/critico	no es necesario imponer ninguna condición

Nota. El cuadro muestra el régimen y condiciones impuestas con el modelo numérico IBER. Fuente: Modelación bidimensional del flujo en lamina libre en aguas poco profundas (2012).

5.10.4 Abstracción inicial

El manual de Modelación bidimensional del flujo en lamina libre en aguas poco profundas (2012), menciona que los modelos de infiltración de Green - Ampt o Lineal para calcular las pérdidas por infiltración.

5.11 Zona de flujo preferente y zonas inundables

5.11.1 Zona de flujo preferente

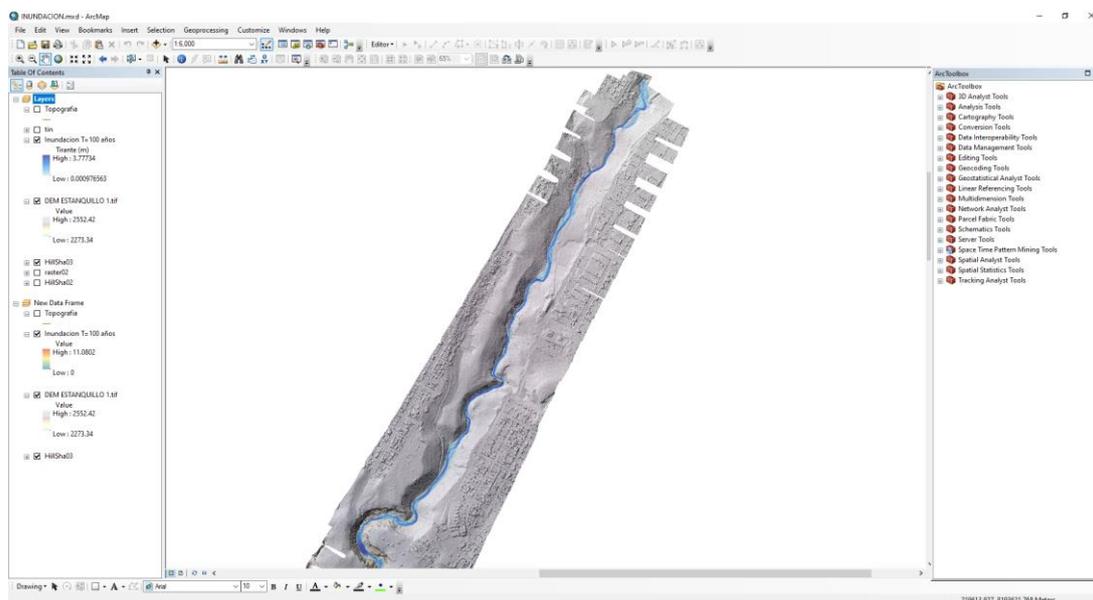
Según la guía Modelación bidimensional del flujo en lamina libre en aguas poco profundas (2012), la zona de flujo preferente es aquella zona constituida por la unión de la vía de intenso desagüe.

5.11.2 Zonas inundables

Se consideran zonas inundables las delimitadas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas.

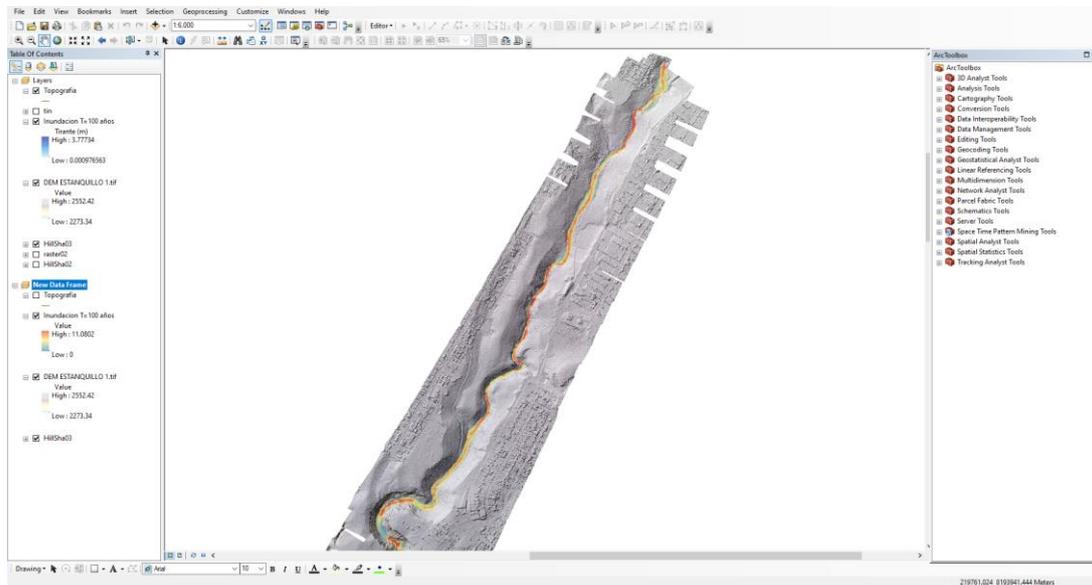
Figura 30

Visualización de Resultados – Tirante (m)



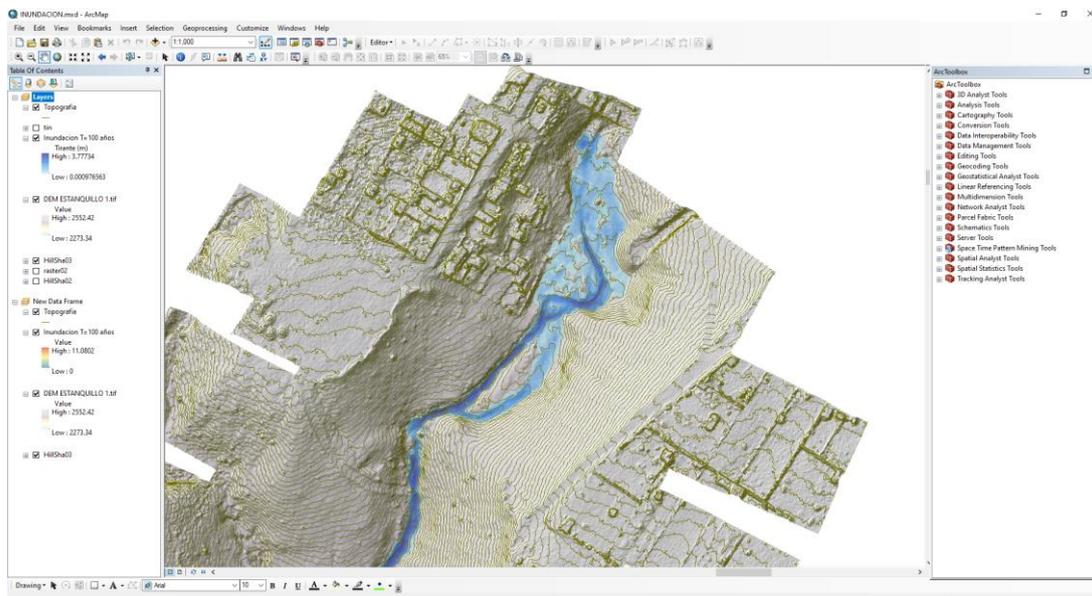
Nota. En la figura se aprecia los resultados de la simulación para un periodo de retorno de $T=100$ años

Figura 31
Visualización de Resultados – Velocidad (m/s)



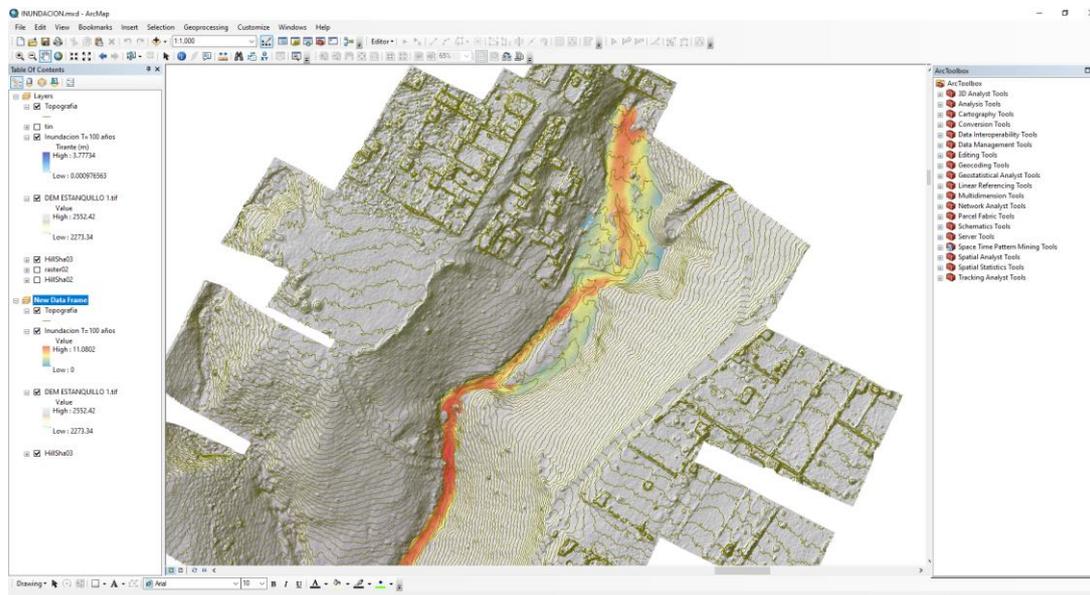
Nota. En la figura se aprecia los resultados de la simulación para un periodo de retorno de T=100 años

Figura 32
Zona de Inundación – Asentamiento Humano APIPA I



Nota. En la figura se aprecia la zona de inundación bajo análisis – Asentamiento Humano APIPA I (Parámetro Hidráulico – Tirante o Calado) para un periodo de retorno de T=100 años.

Figura 33
Zona de Protección – Asentamiento Humano APIPA I



Nota. En la figura se aprecia la zona de inundación bajo análisis – Asentamiento Humano APIPA I (Parámetro Hidráulico – Velocidad) para un periodo de retorno de T=100 años.



CAPITULO VI

6. ANÁLISIS DE RIESGO

6.1 Inundaciones

Las inundaciones se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes. (CENEPRED, 2014)

6.2 Parámetros de evaluación

6.2.1 Geología de la zona

Las diversas unidades litoestratigráficas en esta zona, se han desarrollado después del volcanismo del Terciario superior.

- **Formación Añashuayco (Np-añ)**

Tobas riolíticas y riolíticas blancas con estratos basales de tobas rosadas.

- **Depósito aluvial (Qh-al)**

Siendo una acumulación de grava, arena, limo y arcilla; presenta clastos subangulosos a angulosos de diferente composición.

- **Grupo Barroso - flujo andesítico (Qp-b-and)**

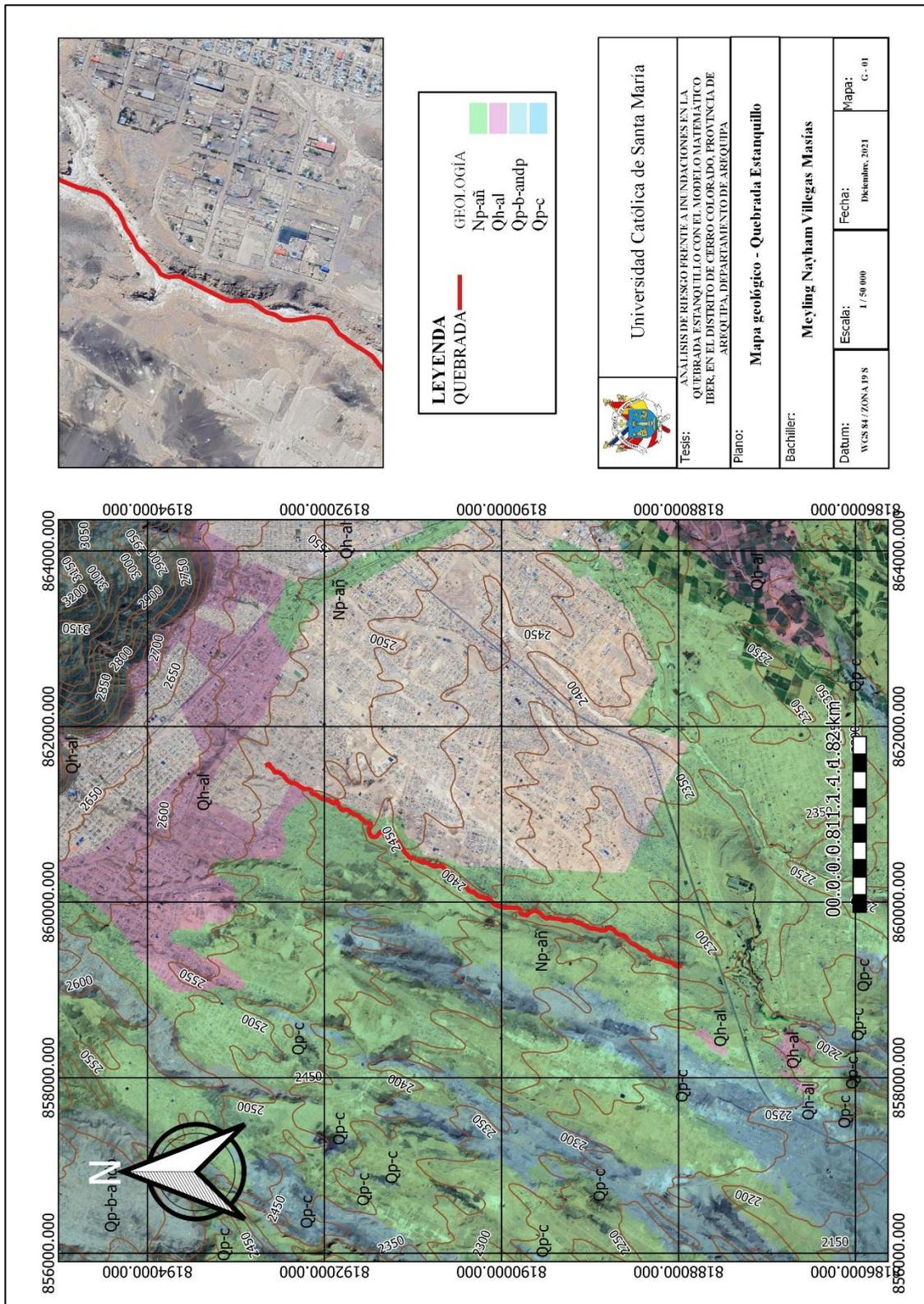
En su mayoría con presencia de Andesita. Estos depósitos corresponden a depósitos volcánicos, consiste de lavas andesíticas en bancos gruesos, gris oscuras y gris claras, intemperizadas. La textura es porfirítica con fenocristales bien desarrollados de plagioclasas, hornblenda y biotita (INGEMET, 2014).

- **Formación Cuico (Qp-c)**

En la zona se encuentran arenas y conglomerados. Esta formación está conformada litológicamente por lutitas y areniscas gris oscura, por sectores en la parte inferior se encuentra conglomerados fluviales a la base y una interstratificación de

bancos de arenas gravosas y arenas con intercalaciones de capas de cenizas volcánicas
y la parte superior, de naturaleza lodolítica.

Figura 34
Mapa Geológico



6.2.2 Geomorfología

La Geomorfología de la zona en el lugar de estudio tiene como unidades conformantes a las siguientes:

- **Colina y lomada en roca sedimentaria**

Se extiende al norte, este y sureste de la ciudad de Arequipa. Las colinas tienen entre 50 y 200 m de altura, mediana pendiente (20 a 40°) y están surcadas por quebradas poco profundas. Está conformada por depósitos de avalanchas de escombros de los volcanes Misti y Pichu Pichu, así como depósitos de caídas y flujos de lava. Las colinas cónicas o Hummocks, son una morfología típica en depósitos de avalanchas de escombros, las cuales están asociadas a la presencia de megabloques (INGEMMET, 2016).

- **Superficie de flujo piroclástico**

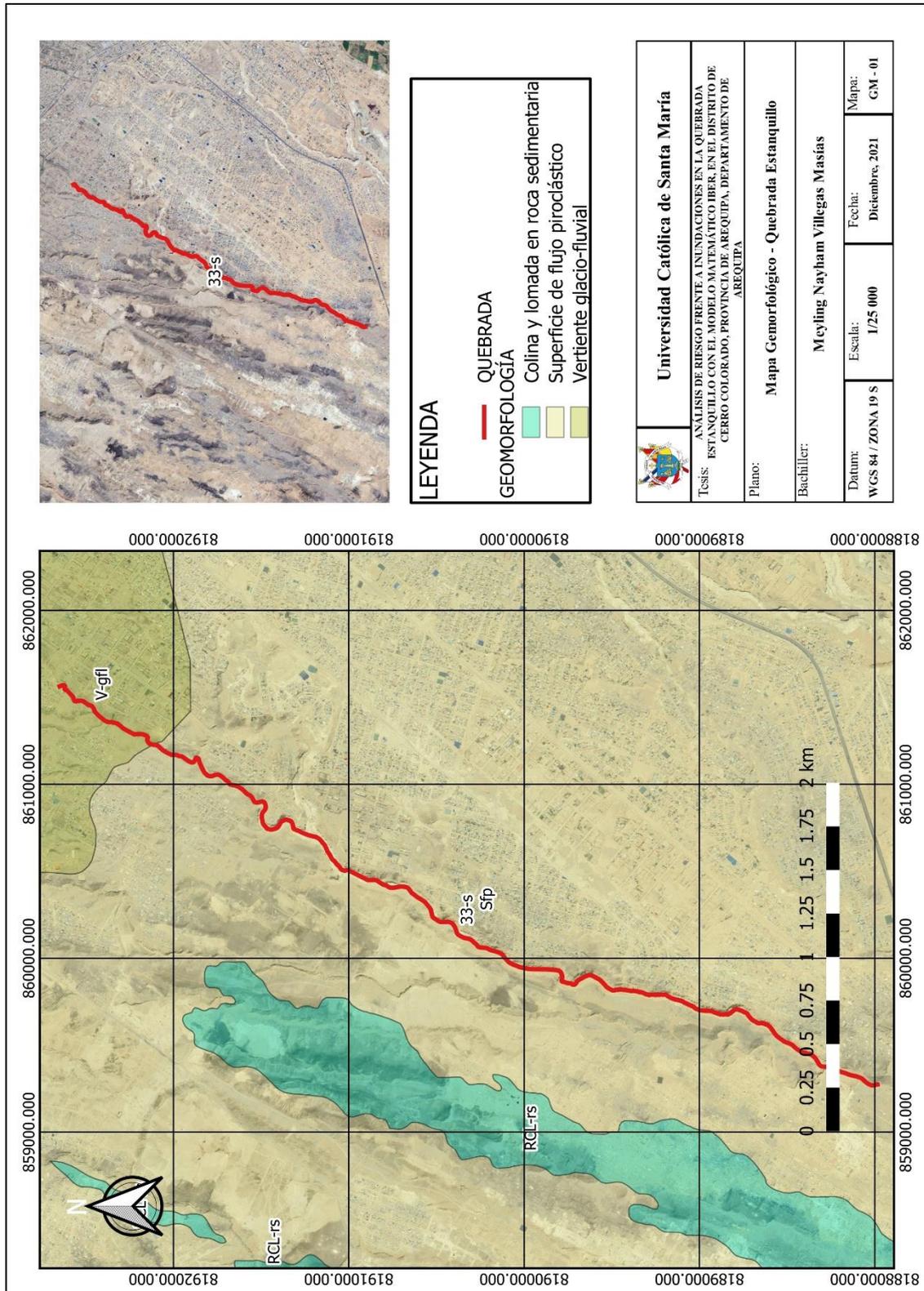
Es un área relativamente plana y extensa que se ubica hacia el oeste de la ciudad de Arequipa y limita al norte con los flujos de lava del volcán Chachani. Esta zona tiene pendientes menores a 15°, y está cortada por quebradas que tienen menos de 20 m de profundidad. Está conformada por una secuencia de ignimbritas cubiertas por una delgada capa de depósitos volcanoclásticos provenientes de los volcanes Misti y Chachani (INGEMMET, 2016).

- **Vertiente glacio - fluvial**

Corresponde a la vertiente que se inicia cerca de la represa Aguada Blanca, a 3700 msnm. Dicha vertiente está ubicada entre los volcanes Misti y Chachani. Las márgenes o paredes de la vertiente se caracterizan por presentar

pendientes muy fuertes que van de 35° a 75°. La vertiente posee una longitud cercana a 20 km (INGEMMET, 2016).

Figura 35
Mapa Geomorfológico.



6.2.3 Meteorología

El SENAMHI clasifica el clima en la zona como **ÁRIDO CON DEFICIENCIA DE HUMEDAD EN TODAS LAS ESTACIONES DEL AÑO – TEMPLADO**.

El tiempo que se da en la zona, se determina por el Anticiclón del Pacífico Sur y por factores oceánicos y locales.

- **Precipitación:**

La precipitación anual varía entre 0 mm y 5 mm en las partes cercanas al litoral y entre 500 y 700 mm en las zonas altas de la costa norte. En la zona, para un período de retorno de 100 años, la precipitación máxima en el análisis hecho, dio por resultado el valor de 19.87 mm

- **Concentración de humedad:**

Presenta deficiencia de humedad en todas las estaciones del año, en general.

- **Temperatura:**

Las temperaturas máximas de 19°C en las partes altas de la zona sur y hasta los 31°C en la zona norte.

Las temperaturas mínimas llegan a 3°C en las partes altas la zona sur y los 21 °C en la zona norte.

6.2.4 Hidrología

Región Hidrográfica : Del Pacífico

Unidad Hidrográfica : Unidad Gráfica 13

Cuenca : Quilca – Vitor - Chili

Subcuenca : Estanquillo

Los parámetros morfométricos de la cuenca de la quebrada Estanquillo, serán:

- **Superficie**

Área : 2.4 km²

Perímetro de la cuenca : 11.5 km

- **Cotas:**

Cota máxima : 3346.5 msnm

Cota mínima : 2150.5 msnm

Diferencia de Cotas : 1196 msnm

- **Altitud:**

Altitud Media : 2642.8 msnm

Altitud más Frecuente : 2581.5 msnm

Altitud de Frecuencia Media : 2620 msnm

- **Pendiente:**

Pendiente promedio de la cuenca : 3.626 %

- **Red Hídrica:**

Longitud del Curso Principal : 2.7 km

Orden de la Red Hídrica : UND 5

Longitud de la Red Hídrica : 3.5 km

Pendiente Promedio de la Red Hídrica: 20 %

- **Parámetros Generados:**

Tiempo de Concentración : 0.39 hrs

Pendiente del Cauce Principal : 2.1 %

- **Estación:**

Estación CORPAC

Latitud : 16°20'00" S

Longitud : 71°34'00" W

Altura : 2539 msnm

Región : Arequipa

Provincia : Arequipa

Distrito : Cerro Colorado

Tabla 20
Precipitación generada (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1993	12	1.1	0	0	0	0	0	4.5	0	0	0	0
1994	9.8	10.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5
1995	8.1	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	2.5	8.1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	16.5	12.1	37.6	0	0	0	0	0	2	8.9	0	0
1998	6.1	9.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1999	3.1	10.9	8.9	0	0	0	0	0	0	0.3	0	59.9
2000	8.9	13	9.9	0.3	3.1	0	0	0	0	0.3	0	3.1
2001	7.9	15	22.1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0
2002	7.1	29	15	1	0	0.5	0	0	0	0	0	2
2003	2	1	3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	7.9	9.9	1	0	0	0	4.1	0	0	0	0	5.1
2005	4.1	2	5.1	0	0	0	0	0	0.8	0	0	3.1
2006	4.1	9.9	8.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	4.1	3.1	9.9	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0.5
2008	23.1	6.1	1.3	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0.8
2009	6.1	25.9	9.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	2	6.1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	7.1	23.9	16	8.9	0	0	2	0	0	0	0	6.1
2012	23.9	17	7.9	15	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	7.8	18	8.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2014	25	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0
2015	23.9	0	8.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2016	0.5	37.1	0.5	4.1	0	0	0	0	0	0	0	0
2017	23.1	43.9	23.1	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0
Nro datos	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Media	9.9	12.9	9.8	1.2	0.1	0.0	0.2	0.2	0.1	0.4	0.0	3.3
Desv. Estándar	7.9	11.5	10.2	3.4	0.6	0.1	0.9	0.9	0.4	1.8	0.0	11.9
Coef. Variabilidad	0.8	0.9	1.0	2.8	4.3	5.0	3.7	4.7	3.8	4.4	5.0	3.6
Prec. Máxima	25.0	43.9	37.6	15.0	3.1	0.5	4.1	4.5	2.0	8.9	0.1	59.9
Prec. Mínima	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

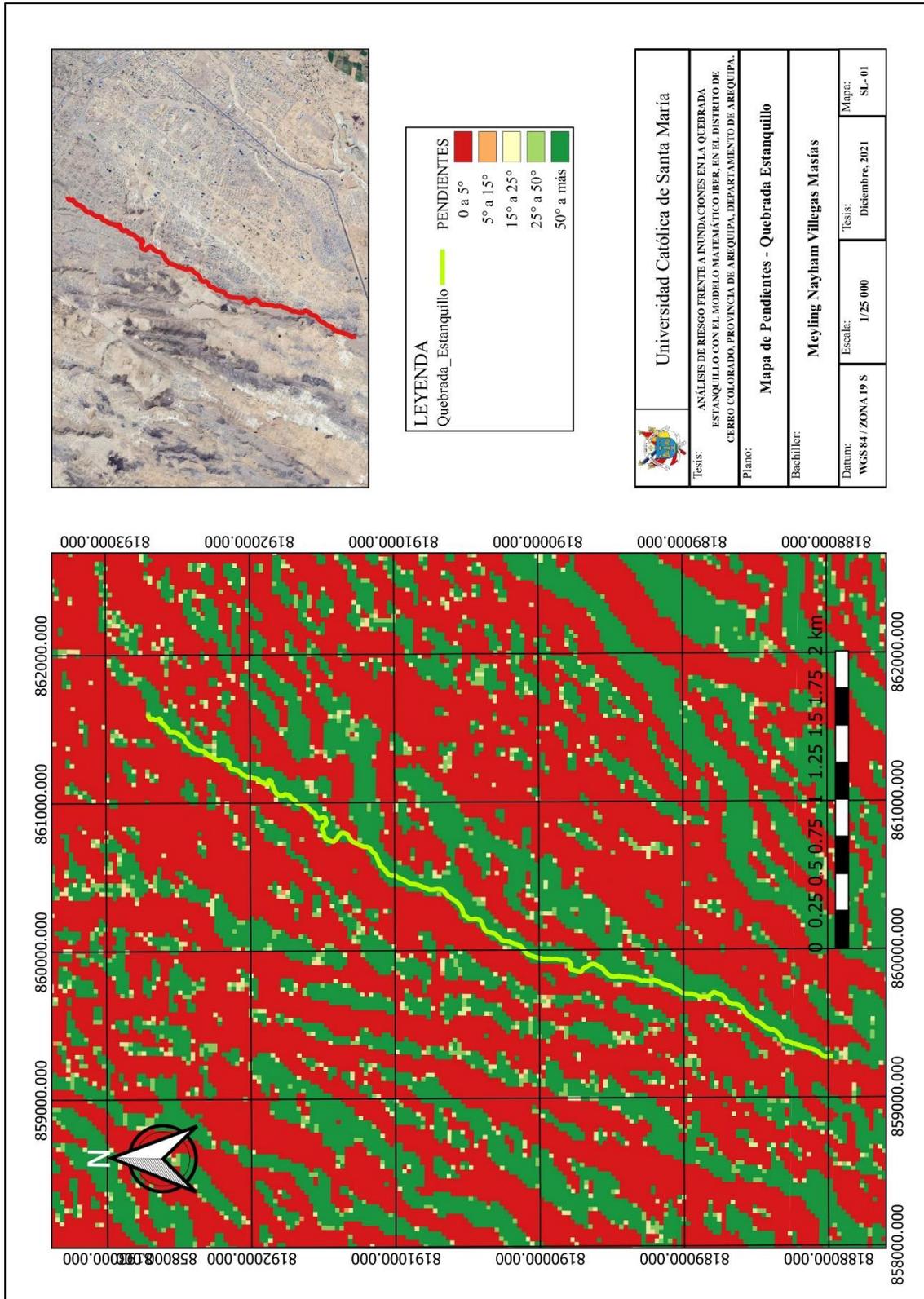
Tabla 21
Tirante máximo

T (Años)	Ancho Estable (m)	Q (m ³ /seg)	Tirante (m)
5	6.16	2.4	0.24
10	16.37	10.4	0.55
20	17.31	20	0.7
25	17.58	23	0.75
50	18.39	32.6	0.88
100	19.1	41.1	1
200	19.62	47.7	1.09
500	20.61	56.5	1.22

6.2.5 Pendientes

El distrito de Cerro Colorado, en su mayoría presenta un relieve suave con poca inclinación, al mismo tiempo podemos encontrar elevaciones con altitudes considerables. Se presentan ciertos barrancos los cuales, al ser profundos, el acceso a ellos es difícil. En la zona podemos ver que en el cauce (Lugar en donde se invade el cauce con un asentamiento urbano), existe un acceso fácil al cauce; sin embargo, en el transcurso nos podemos encontrar con desniveles considerables en donde el acceso es difícil y el terreno es ondulado.

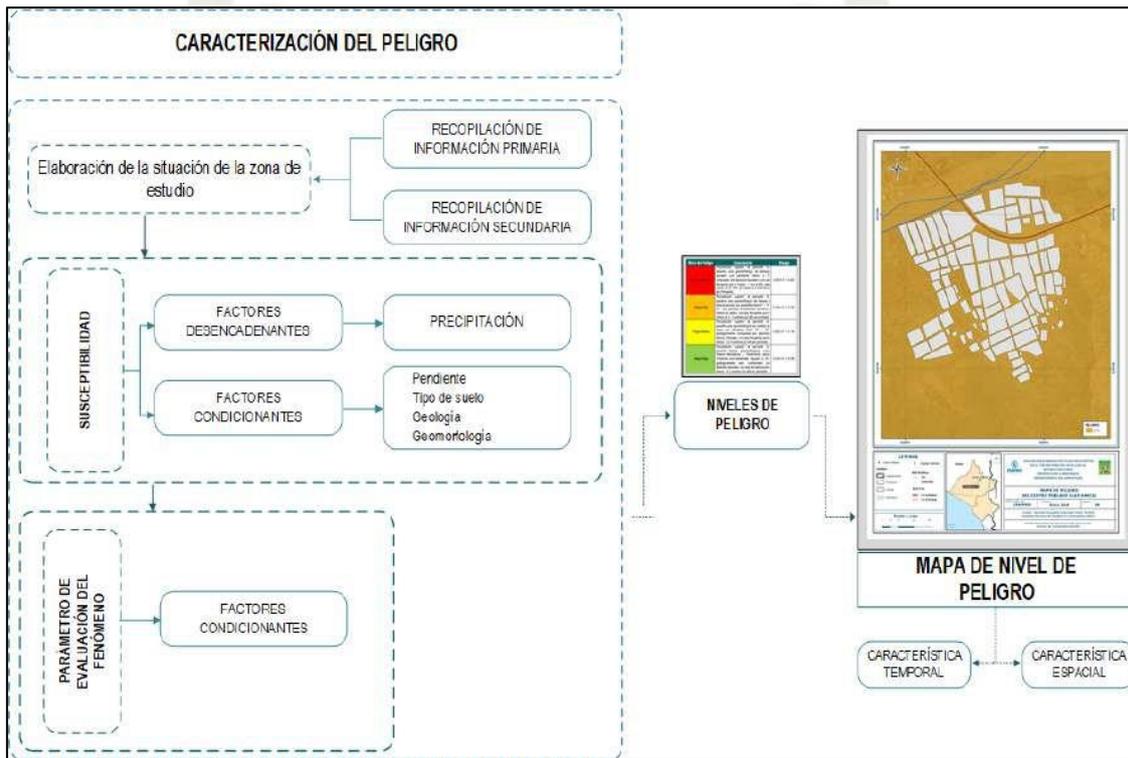
Figura 36
Mapa de Pendientes.



6.3 Determinación de peligro

Para determinar el nivel de peligrosidad por inundaciones en el área de estudio comprendida para la zona de la quebrada “Estanquillo”, se utilizó la siguiente metodología descrita en la siguiente figura:

Figura 37
Metodología general para determinar el nivel de peligrosidad



Nota. Adaptado del Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión.

6.3.1 Identificación del peligro

Para identificar y caracterizar el peligro, no sólo se ha considerado la información generada por las entidades técnicas y las procesadas previamente en los capítulos anteriores; sino también, un reconocimiento in situ y el análisis de la configuración actual del ámbito de estudio, en el distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa.

6.3.1.1 Susceptibilidad del territorio

Para la evaluación de la susceptibilidad se consideraron los factores mostrados en la tabla.

Tabla 22
Factores de Suceptibilidad

Factor Desencadenante	Factores Condicionantes		
Precipitación	Pendiente	Geomorfología	Geología

Nota. Manual del CENEPRED (2014)

Se desarrollará la matriz de comparación de pares, la matriz de normalización, índice de consistencias y los pesos ponderados de cada descriptor. Para el proceso de cálculo de los pesos ponderados se utiliza la tabla desarrollada por Saaty.

a) Factor desencadenante

Para la obtención de los pesos ponderados del parámetro del factor desencadenante, se utilizó el proceso de análisis jerárquico. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Parámetro: Precipitación

Tabla 23
Matriz de comparación de pares del parámetro precipitación.

PERCENTILES	Mayor P99-P90 (Extremadamente lluvioso)	P90-P95 (Muy lluvioso)	P75-P90 (Lluvioso)	Menor a P75 (Moderadamente lluvioso)	Inferior a P75(Lluvia usual)
Mayor P99-P90 (Extremadamente lluvioso)	1.00	3.00	4.00	7.00	9
P90-P95 (Muy lluvioso)	0.33	1.00	3.00	4.00	9
P75-P90 (Lluvioso)	0.25	0.33	1.00	3.00	9
Menor a P75 (Moderadamente lluvioso)	0.14	0.25	0.33	1.00	3
Inferior a P75 (Lluvia usual)	0.11	0.11	0.11	0.33	1
SUMA	1.84	4.69	8.44	15.33	31.00

1/SUMA	0.54	0.21	0.12	0.07	0.03
--------	------	------	------	------	------

Tabla 24

Matriz de normalización de pares del parámetro precipitación.

PERCENTILES	Mayor P99-P90 (Extremadamente lluvioso)	P90-P95 (Muy lluvioso)	P75-P90 (Lluvioso)	Menor a P75 (Moderadamente lluvioso)	Inferior a P75(Lluvia usual)
Mayor P99-P90 (Extremadamente lluvioso)	0.54	0.64	0.47	0.46	0.29
P90-P95 (Muy lluvioso)	0.18	0.21	0.36	0.26	0.29
P75-P90 (Lluvioso)	0.14	0.07	0.12	0.20	0.29
Menor a P75 (Moderadamente lluvioso)	0.08	0.05	0.04	0.07	0.10
Inferior a P75(Lluvia usual)	0.06	0.02	0.01	0.02	0.03

Tabla 25

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro Precipitación.

IC	0.074
RC	0.067

b) Factores condicionantes:

Para la obtención de los pesos ponderados de los parámetros de los factores condicionantes, se utilizó el proceso de análisis jerárquico.

- Parámetro: Geología

Tabla 26

Matriz de comparación de pares del parámetro geología

GEOLOGÍA	Formación Añashuayco (Np-añ)	Depósito aluvial (Qh-al)	Grupo Barroso - flujo andesítico (Qp- b-and)	Formación Cuico (Qp- c)
Formación Añashuayco (Np-añ)	1.00	3.00	5.00	3.00
Depósito aluvial (Qh- al)	0.33	1.00	3.00	3.00
Grupo Barroso - flujo andesítico (Qp-b-and)	0.20	0.33	1.00	0.33
Formación Cuico (Qp- c)	0.33	0.33	3.00	1.00
SUMA	1.87	4.67	12.00	7.33
1/SUMA	0.54	0.21	0.08	0.14

Tabla 27
Matriz de normalización de pares del parámetro geología.

GEOLOGÍA	Formación Añashuayco (Np-añ)	Depósito aluvial (Qh-al)	Grupo Barroso - flujo andesítico (Qp-b-and)	Formación Cuico (Qp-c)
Formación Añashuayco (Np-añ)	0.54	0.64	0.42	0.41
Depósito aluvial (Qh-al)	0.18	0.21	0.25	0.41
Grupo Barroso - flujo andesítico (Qp-b-and)	0.11	0.07	0.08	0.05
Formación Cuico (Qp-c)	0.18	0.07	0.25	0.14

Tabla 28
Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro Geología

IC	0.067
RC	0.076

- Parámetro: Geomorfología

Tabla 29
Matriz de comparación de pares del parámetro geomorfología

GEOMORFOLOGÍA	Colina y lomada en roca sedimentaria	Superficie de flujo piroclástico	Vertiente glacio - fluvial
Colina y lomada en roca sedimentaria	1.00	0.20	2.00
Superficie de flujo piroclástico	5.00	1.00	7.00
Vertiente glacio - fluvial	0.50	0.14	1.00
SUMA	6.50	1.34	10.00
1/SUMA	0.15	0.74	0.10

Tabla 30
Matriz de normalización de pares del parámetro geología.

GEOMORFOLOGÍA	Colina y lomada en roca sedimentaria	Superficie de flujo piroclástico	Vertiente glacio - fluvial
Colina y lomada en roca sedimentaria	0.15	0.15	0.20
Superficie de flujo piroclástico	0.77	0.74	0.70
Vertiente glacio - fluvial	0.08	0.11	0.10

Tabla 31

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro Geomorfología

IC	0.007
RC	0.014

- **Parámetro: Pendientes**

Tabla 32

Matriz de comparación de pares del parámetro pendientes

PENDIENTES	50° a más	25° a 50°	15° a 25°	5° a 15°	0 a 5°
50° a más	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
25° a 50°	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
15° a 25°	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
5° a 15°	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
0 a 5°	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
1/SUMA	0.44	0.24	0.15	0.10	0.07

Tabla 33

Matriz de normalización de pares del parámetro pendientes.

PENDIENTES	50° a más	25° a 50°	15° a 25°	5° a 15°	0 a 5°
50° a más	0.44	0.49	0.44	0.38	0.33
25° a 50°	0.22	0.24	0.29	0.29	0.27
15° a 25°	0.15	0.12	0.15	0.19	0.20
5° a 15°	0.11	0.08	0.07	0.10	0.13
0 a 5°	0.09	0.06	0.05	0.05	0.07

Tabla 34

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro pendientes

IC	0.024
RC	0.021

6.3.1.2 Análisis de los parámetros de los factores condicionantes

Tabla 35

Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes

FACTORES CONDICIONANTES	PENDIENTE	GEOMORFOLOGÍA A	GEOLOGÍA
PENDIENTE	1.00	0.50	2.00
GEOMORFOLOGÍA	2.00	1.00	3.00
GEOLOGÍA	0.50	0.33	1.00

SUMA	3.50	1.83	6.00
1/SUMA	0.29	0.55	0.17

Tabla 36

Matriz de normalización de pares de los factores condicionantes.

FACTORES CONDICIONANTE S	PENDIENT E	GEOMORFOLOGÍ A	GEOLOGÍ A	Vector priorización (PONDERACIÓN)
PENDIENTE	0.29	0.27	0.33	0.30
GEOMORFOLOGÍ A	0.57	0.55	0.50	0.54
GEOLOGÍA	0.14	0.18	0.17	0.16

Tabla 37

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para los factores condicionantes.

IC	0.005
RC	0.009

6.3.1.3 Parámetro de evaluación

En este caso, se considerará como único parámetro de evaluación a la Frecuencia, considerando como descriptores a los períodos de retorno evaluados (en años). SE utilizará el proceso del análisis jerárquico para los pesos ponderados de los descriptores.

Tabla 38

Matriz de comparación de pares del parámetro frecuencia

FRECUENCIA	CADA 100 AÑOS	CADA 50 AÑOS	CADA 25 AÑOS	CADA 20 AÑOS	CADA 10 AÑOS	CADA 5 AÑOS
CADA 100 AÑOS	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00	9.00
CADA 50 AÑOS	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00
CADA 25 AÑOS	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00
CADA 20 AÑOS	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
CADA 10 AÑOS	0.14	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
CADA 5 AÑOS	0.11	0.14	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA	2.04	4.93	8.78	13.58	20.33	29.00
1/SUMA	0.49	0.20	0.11	0.07	0.05	0.03

Tabla 39
Matriz de normalización de pares del parámetro frecuencia.

FRECUENCIA	CADA 100 AÑOS	CADA 50 AÑOS	CADA 25 AÑOS	CADA 20 AÑOS	CADA 10 AÑOS	CADA 5 AÑOS	Vector priorización (PONDERACIÓN)
CADA 100 AÑOS	0.49	0.61	0.46	0.37	0.34	0.31	0.43
CADA 50 AÑOS	0.16	0.20	0.34	0.29	0.25	0.24	0.25
CADA 25 AÑOS	0.12	0.07	0.11	0.22	0.20	0.17	0.15
CADA 20 AÑOS	0.10	0.05	0.04	0.07	0.15	0.14	0.09
CADA 10 AÑOS	0.07	0.04	0.03	0.02	0.05	0.10	0.05
CADA 5 AÑOS	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03

Tabla 40
Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el parámetro frecuencia.

IC	0.079
RC	0.063

6.3.1.4 Niveles de Peligro

Se muestra así, los niveles de peligro y sus respectivos rangos obtenidos a través de utilizar el Proceso de Análisis Jerárquico.

Tabla 41
Niveles de peligro

Nivel de Peligro	Rango
Muy Alto	0.143 ≤ P ≤ 0.409
Alto	0.076 ≤ P < 0.143
Medio	0.039 ≤ P < 0.076
Bajo	0.089 ≤ P < 0.039

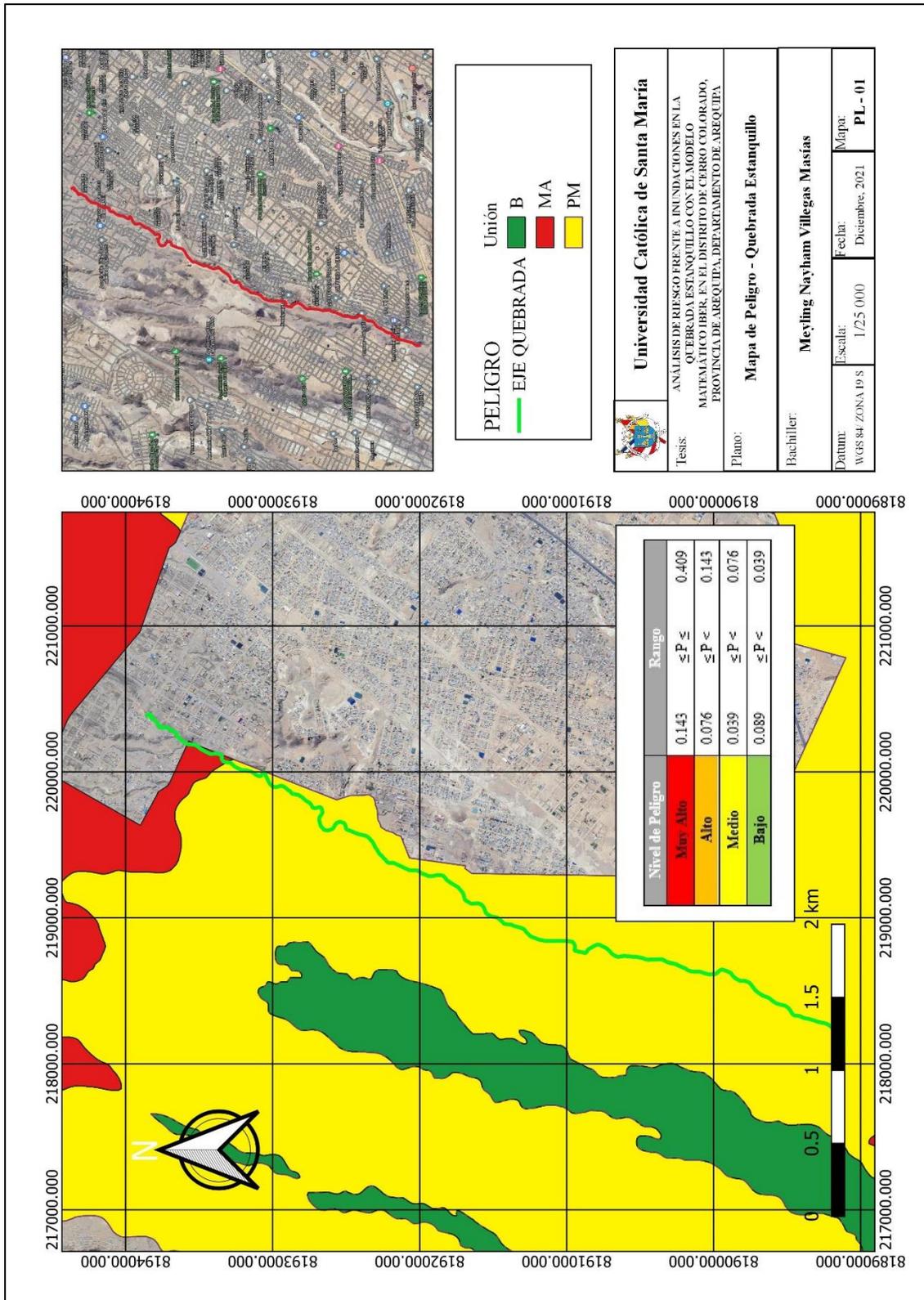
Tabla 42
Estratificación del Peligro

NIVEL DE PELIGRO	DESCRIPCIÓN	RANGO
Muy Alto	Precipitación superior al percentil 95, presenta forma geomorfológica como montaña en roca volcánica, con pendientes mayores a 50°, geológicamente está conformada por depósitos volcánicos de granulometría en su mayoría uniforme.	0.143 ≤ P ≤ 0.409

Alto	Precipitación superior al percentil 95, presenta formas geomorfológicas como colina en roca metamórfica con pendiente entre 25° - 50°, geológicamente está compuesta por depósito aluvial reciente.	$0.076 \leq P < 0.143$
Medio	Precipitación superior al percentil 95, con presencia de vertiente glacio fluvial y superficies de flujo piroclástico con pendiente entre 5° - 25°. Con presencia de depósito aluvial reciente.	$0.039 \leq P < 0.076$
Bajo	Precipitación superior al percentil 95, con presencia de planicie inundable con pendiente menores a 5° compuesta por depósito fluvial reciente.	$0.089 \leq P < 0.039$

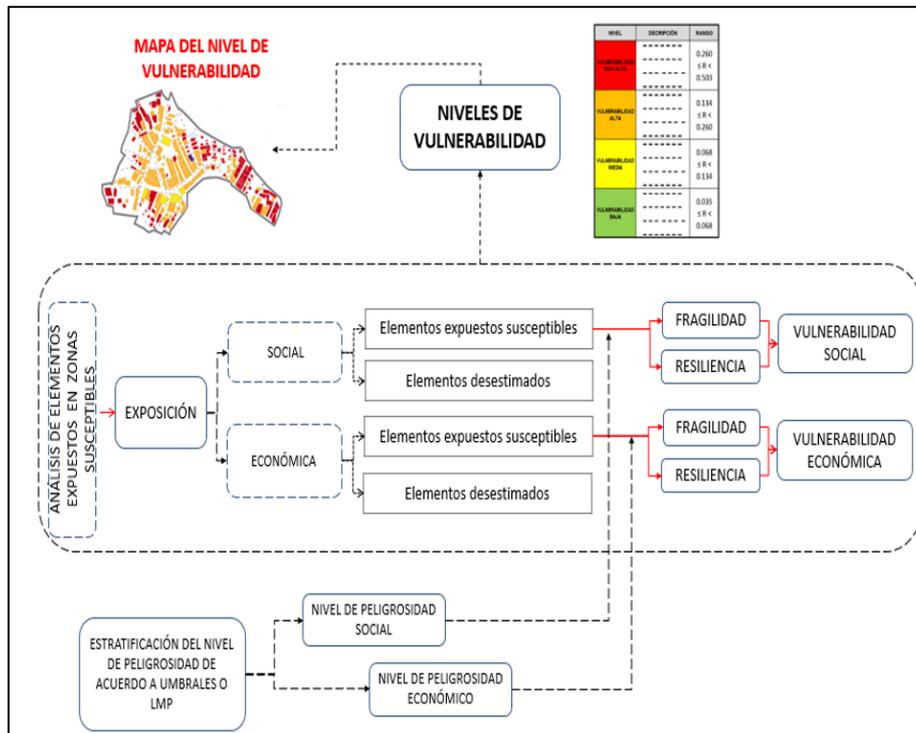


Figura 38
Mapa de peligrosidad



6.4 Análisis de vulnerabilidad

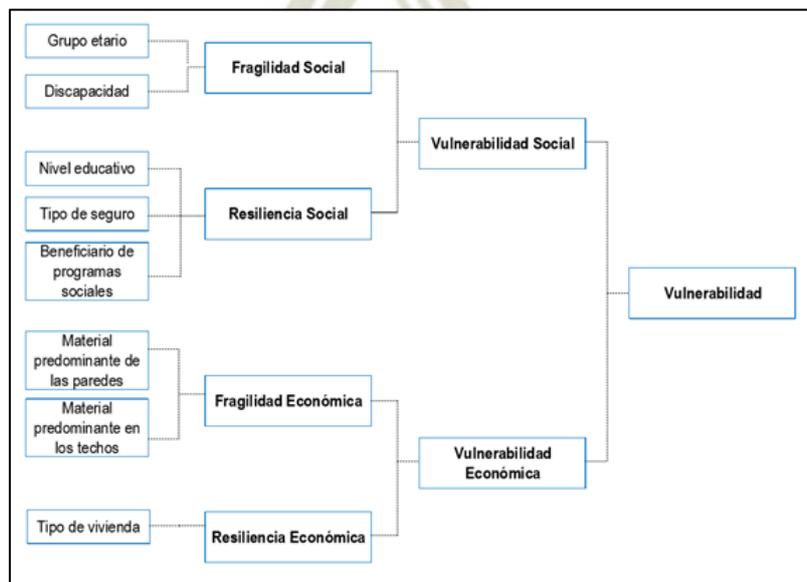
Figura 39 Metodología del análisis de la vulnerabilidad



Nota. CENEPRED, 2014

Para este proceso, tendremos el análisis de los factores de la vulnerabilidad en la dimensión social y económica, utilizando los parámetros de evaluación.

Figura 40 Parámetros para el análisis de la vulnerabilidad



6.4.1 Análisis de la vulnerabilidad en la dimensión social

El análisis de la dimensión social consiste en identificar las características intrínsecas de la población de APIPA I (en la Quebrada Estanquillo) y su contribución al análisis de la vulnerabilidad. Se identificaron y seleccionaron parámetros de evaluación agrupados en las componentes de fragilidad y resiliencia.

6.4.1.1 Análisis de la fragilidad social

Los parámetros considerados para el análisis de la fragilidad social son:

- Grupo Etario

Con cinco descriptores obtenidos de la información censal a nivel de lote del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), se tiene lo siguiente:

Tabla 43
Matriz de comparación de pares del grupo etario

Grupo Etario	De 0 a 5 años y mayores a 65 años	De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	De 12 a 15 años y 50 a 60 años	De 15 a 30 años	De 30 a 50 años
De 0 a 5 años y mayores a 65 años	1.00	3.00	5.00	5.00	9.00
De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	0.33	1.00	3.00	5.00	5.00
De 12 a 15 años y 50 a 60 años	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
De 15 a 30 años	0.20	0.20	0.33	1.00	3.00
De 30 a 50 años	0.11	0.20	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.84	4.73	9.53	14.33	23.00
1/SUMA	0.54	0.21	0.10	0.07	0.04

Tabla 44
Matriz de normalización de pares del grupo etario

Grupo Etario	De 0 a 5 años y mayores a 65 años	De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	De 12 a 15 años y 50 a 60 años	De 15 a 30 años	De 30 a 50 años	Vector priorización (PONDERACIÓN)

De 0 a 5 años y mayores a 65 años	0.54	0.63	0.52	0.35	0.39	0.49
De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	0.18	0.21	0.31	0.35	0.22	0.25
De 12 a 15 años y 50 a 60 años	0.11	0.07	0.10	0.21	0.22	0.14
De 15 a 30 años	0.11	0.04	0.03	0.07	0.13	0.08
De 30 a 50 años	0.06	0.04	0.02	0.02	0.04	0.04

Tabla 45

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el grupo etario.

IC	0.077
RC	0.069

- Discapacidad

Con cinco descriptores obtenidos de la información encuestas a nivel de Lotes, se detalla la ponderación:

Tabla 46

Matriz de comparación de pares del descriptor discapacidad

Discapacidad	Visual	Para oír, hablar	Para usar brazos y piernas	Mental o intelectual	No tiene
Visual	1.00	3.00	5.00	5.00	7.00
Para oír, hablar	0.33	1.00	3.00	3.00	5.00
Para usar brazos y piernas	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Mental o intelectual	0.20	0.33	0.33	1.00	3.00
No tiene	0.14	0.20	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.88	4.87	9.53	12.33	21.00
1/SUMA	0.53	0.21	0.10	0.08	0.05

Tabla 47

Matriz de normalización de pares del descriptor discapacidad

Discapacidad	Visual	Para oír, hablar	Para usar brazos y piernas	Mental o intelectual	No tiene	Vector priorización (PONDERACIÓN)
Visual	0.53	0.62	0.52	0.41	0.33	0.48
Para oír, hablar	0.18	0.21	0.31	0.24	0.24	0.24
Para usar brazos y piernas	0.11	0.07	0.10	0.24	0.24	0.15
Mental o intelectual	0.11	0.07	0.03	0.08	0.14	0.09
No tiene	0.08	0.04	0.02	0.03	0.05	0.04

Tabla 48

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el descriptor discapacidad

IC	0.082
RC	0.074

6.4.1.2 Análisis de la resiliencia social

- Nivel educativo

Teniendo cinco descriptores, vamos a tener la siguiente ponderación:

Tabla 49

Matriz de comparación de pares del descriptor Nivel educativo

Nivel educativo	Inicial	Primaria	Secundaria	Superior no Universitaria	Superior universitaria
Inicial	1.00	3.00	3.00	7.00	9.00
Primaria	0.33	1.00	3.00	5.00	9.00
Secundaria	0.33	0.33	1.00	3.00	5.00
Superior no Universitaria	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Superior universitaria	0.11	0.11	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.92	4.64	7.53	16.33	27.00
1/SUMA	0.52	0.22	0.13	0.06	0.04

Tabla 50

Matriz de normalización de pares del descriptor Nivel educativo

Nivel educativo	Inicial	Primaria	Secundaria	Superior no Universitaria	Superior universitaria	Vector priorización (PONDERACIÓN)
Inicial	0.52	0.65	0.40	0.43	0.33	0.47
Primaria	0.17	0.22	0.40	0.31	0.33	0.29
Secundaria	0.17	0.07	0.13	0.18	0.19	0.15
Superior no Universitaria	0.07	0.04	0.04	0.06	0.11	0.07
Superior universitaria	0.06	0.02	0.03	0.02	0.04	0.03

Tabla 51

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el descriptor Nivel educativo

IC	0.054
RC	0.048

- Tipo de seguro

Con cinco descriptores, su ponderación es la siguiente:

Tabla 52

Matriz de comparación de pares del descriptor Tipo de seguro

Tipo de Seguro	No tiene	SIS	EsSalud	FFAA-PNP	Seguro Privado y otro
No tiene	1.00	5.00	5.00	5.00	9.00
SIS	0.20	1.00	3.00	3.00	5.00
EsSalud	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
FFAA-PNP	0.20	0.33	0.33	1.00	3.00
Seguro Privado y otro	0.11	0.20	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.71	6.87	9.53	12.33	23.00
1/SUMA	0.58	0.15	0.10	0.08	0.04

Tabla 53

Matriz de normalización de pares del descriptor Tipo de seguro

Tipo de Seguro	No tiene	SIS	EsSalud	FFAA-PNP	Seguro Privado y otro	Vector priorización (PONDERACIÓN)
No tiene	0.58	0.73	0.52	0.41	0.39	0.53
SIS	0.12	0.15	0.31	0.24	0.22	0.21
EsSalud	0.12	0.05	0.10	0.24	0.22	0.15

FFAA-PNP	0.12	0.05	0.03	0.08	0.13	0.08
Seguro Privado y otro	0.06	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04

Tabla 54

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el descriptor Tipo de seguro

IC	0.096
RC	0.086

- Beneficiario de programas sociales

Con cinco descriptores, su ponderación es la siguiente:

Tabla 55

Matriz de comparación de pares del descriptor Beneficiario de programas sociales

Beneficiario de programas sociales	Papilla o Yapita y/o una más	Juntos y/o Pensión 65 y/o otros	Vaso de Leche y/o comedor popular y/o Desayuno o Almuerzo y/o Canasta Alimentaria	Techo Propio o Mi Vivienda	Ninguno
Papilla o Yapita y/o una más	1.00	5.00	5.00	7.00	9.00
Juntos y/o Pensión 65 y/o otros	0.20	1.00	3.00	3.00	5.00
Vaso de Leche y/o comedor popular y/o Desayuno o Almuerzo y/o Canasta Alimentaria	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Techo Propio o Mi Vivienda	0.14	0.33	0.33	1.00	3.00
Ninguno	0.11	0.20	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.65	6.87	9.53	14.33	23.00
1/SUMA	0.60	0.15	0.10	0.07	0.04

Tabla 56

Matriz de normalización de pares del descriptor Beneficiario de programas sociales

Beneficiario de programas sociales	Papilla o Yapita y/o una más	Juntos y/o Pensión 65 y/o otros	Vaso de Leche y/o comedor popular y/o Desayuno o Almuerzo y/o Canasta Alimentaria	Techo Propio o Mi Vivienda	Ninguno	Vector priorización (PONDERACIÓN)

Papilla o Yapita y/o una más	0.60	0.73	0.52	0.49	0.39	0.55
Juntos y/o Pensión 65 y/o otros	0.12	0.15	0.31	0.21	0.22	0.20
Vaso de Leche y/o comedor popular y/o Desayuno o Almuerzo y/o Canasta Alimentaria	0.12	0.05	0.10	0.21	0.22	0.14
Techo Propio o Mi Vivienda	0.09	0.05	0.03	0.07	0.13	0.07
Ninguno	0.07	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04

Tabla 57

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para el descriptor Beneficiario de programas sociales

IC	0.087
RC	0.078

- Ponderación de los parámetros

Tabla 58

Matriz de comparación de pares para la ponderación de parámetros

RESILIENCIA SOCIAL	Tipo de seguro	Beneficiario de programas sociales	Nivel educativo
Tipo de seguro	1.00	2.00	5.00
Beneficiario de programas sociales	0.50	1.00	3.00
Nivel educativo	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.70	3.33	9.00
1/SUMA	0.59	0.30	0.11

Tabla 59

Matriz de normalización de pares para la ponderación de parámetros

RESILIENCIA SOCIAL	Tipo de seguro	Beneficiario de programas sociales	Nivel educativo	Vector priorización (PONDERACIÓN)
Tipo de seguro	0.59	0.60	0.56	0.58
Beneficiario de programas sociales	0.29	0.30	0.33	0.31
Nivel educativo	0.12	0.10	0.11	0.11

Tabla 60

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para la ponderación de parámetros

IC	0.002
RC	0.004

6.4.2 Análisis de la vulnerabilidad en la dimensión económica

El análisis de la dimensión económica considera características de las viviendas (con una idea aproximada de las condiciones económicas de la población) del área APIPA I (en la Quebrada Estanquillo) del distrito de Cerro Colorado y su contribución al análisis de la vulnerabilidad. Se identificaron y seleccionaron parámetros de evaluación agrupados en las componentes de fragilidad y resiliencia.

6.4.2.1 Análisis de la fragilidad económica

- Material predominante de las paredes

Tabla 61

Matriz de comparación de pares para el descriptor material predominante de las paredes

Material predominante de las paredes	Adobe o Tapia y/o piedra con barro	Estera y/u Otro material	Quincha (caña con barro)	Madera	Ladrillo o bloque de cemento y/o Piedra o sillar con cal o cemento
Adobe o Tapia y/o piedra con barro	1.00	3.00	3.00	5.00	9.00
Estera y/u Otro material	0.33	1.00	3.00	5.00	9.00
Quincha (caña con barro)	0.33	0.33	1.00	3.00	7.00
Madera	0.20	0.20	0.33	1.00	5.00
Ladrillo o bloque de cemento y/o Piedra o sillar con cal o cemento	0.11	0.11	0.14	0.20	1.00
SUMA	1.98	4.64	7.48	14.20	31.00
1/SUMA	0.51	0.22	0.13	0.07	0.03

Tabla 62

Matriz de normalización de pares para la ponderación de parámetros

Material predominante de las paredes	Adobe o Tapia y/o piedra con barro	Estera y/u Otro material	Quincha (caña con barro)	Madera	Ladrillo o bloque de cemento y/o Piedra o sillar con cal o cemento	Vector priorización (PONDERACIÓN)
Adobe o Tapia y/o piedra con barro	0.51	0.65	0.40	0.35	0.29	0.44
Estera y/u Otro material	0.17	0.22	0.40	0.35	0.29	0.29
Quincha (caña con barro)	0.17	0.07	0.13	0.21	0.23	0.16
Madera	0.10	0.04	0.04	0.07	0.16	0.08
Ladrillo o bloque de cemento y/o Piedra o sillar con cal o cemento	0.06	0.02	0.02	0.01	0.03	0.03

Tabla 63

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para la ponderación de parámetros

IC	0.088
RC	0.079

- **Material predominante en los techos**

Tabla 64

Matriz de comparación de pares para el descriptor material predominante de las paredes

Material predominante en los techos	Otro material	Estera	Madera	Plancha de Calamina	Concreto Armado
Otro material	1.00	3.00	3.00	7.00	9.00
Estera	0.33	1.00	3.00	3.00	5.00
Madera	0.33	0.33	1.00	5.00	5.00
Plancha de Calamina	0.14	0.33	0.20	1.00	3.00
Concreto Armado	0.11	0.20	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.92	4.87	7.40	16.33	23.00
1/SUMA	0.52	0.21	0.14	0.06	0.04

Tabla 65

Matriz de normalización de pares para la ponderación de parámetros

Material predominante en los techos	Otro material	Estera	Madera	Plancha de Calamina	Concreto Armado	Vector priorización (PONDERACIÓN)
Otro material	0.52	0.62	0.41	0.43	0.39	0.47
Estera	0.17	0.21	0.41	0.18	0.22	0.24
Madera	0.17	0.07	0.14	0.31	0.22	0.18
Plancha de Calamina	0.07	0.07	0.03	0.06	0.13	0.07
Concreto Armado	0.06	0.04	0.03	0.02	0.04	0.04

Tabla 66

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para la ponderación de parámetros

IC	0.090
RC	0.080

6.4.2.2 Análisis de la resiliencia económica

- Tipo de Vivienda

Tabla 67

Matriz de comparación de pares para Tipo de Vivienda

Tipo de vivienda	Terreno cercado	Choza o cabaña y/o vivienda improvisada	Casa Granja	Casa taller	Casa independiente
Terreno cercado	1.00	3.00	3.00	7.00	9.00
Choza o cabaña y/o vivienda improvisada	0.33	1.00	3.00	5.00	9.00
Casa granja	0.33	0.33	1.00	5.00	7.00
Casa taller	0.14	0.20	0.20	1.00	3.00
Casa independiente	0.11	0.11	0.14	0.33	1.00
SUMA	1.92	4.64	7.34	18.33	29.00
1/SUMA	0.52	0.22	0.14	0.05	0.03

Tabla 68

Matriz de normalización de pares para Tipo de Vivienda

Tipo de vivienda	Terreno cercado	Choza o cabaña y/o vivienda improvisada	Casa granja	Casa taller	Casa independiente	Vector priorización (PONDERACIÓN)
Terreno cercado	0.52	0.65	0.41	0.38	0.31	0.45
Choza o cabaña y/o	0.17	0.22	0.41	0.27	0.31	0.28

vivienda improvisada						
Casa granja	0.17	0.07	0.14	0.27	0.24	0.18
Casa taller	0.07	0.04	0.03	0.05	0.10	0.06
Casa independiente	0.06	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03

Tabla 69

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del Proceso de Análisis Jerárquico para Tipo de Vivienda

IC	0.081
RC	0.073

6.4.3 Niveles de Vulnerabilidad

Los niveles de vulnerabilidad se realizan bajo la ponderación de cada análisis realizado tanto a nivel económico como social, para la zona de estudio. Los niveles de Vulnerabilidad obtenidos son:

Tabla 70

Niveles de Vulnerabilidad

Nivel de Vulnerabilidad	Rango	
Muy Alto	0.253	$\leq V \leq 0.478$
Alto	0.159	$\leq V < 0.253$
Medio	0.075	$\leq V < 0.159$
Bajo	0.035	$\leq V < 0.075$

Tabla 71

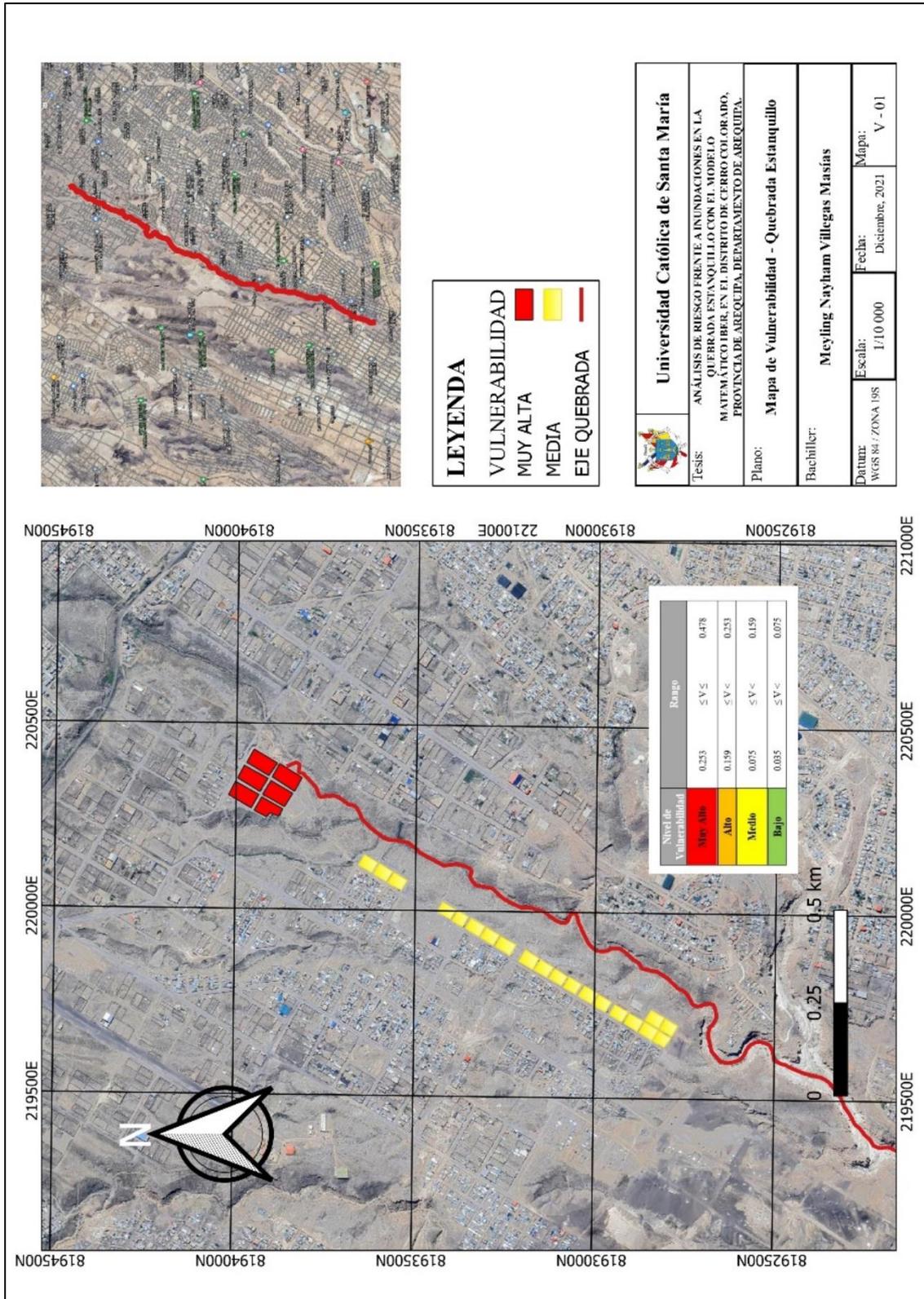
Estratificación de la Vulnerabilidad

NIVEL DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN	RANGO
Muy Alto	Grupo Etario predominantemente de 0 a 5 años y Mayores de 65 años; con discapacidad visual; con nivel educativo de primaria y/o Inicial y/o ningún nivel; con SIS y/o no tiene seguro. El material predominante de las paredes es Adobe o Tapia y/o piedra con barro, con techo de otro material (planchas de asbesto, plástico, entre otros similares); existe presencia predominante de terreno demarcado y cercado.	$0.253 \leq V \leq 0.478$
	Grupo Etario predominantemente de 5 a 15 años y de 50 a 65 años; con discapacidad para usar brazos y piernas y/o visual; con nivel educativo de secundaria y/o primaria; con seguro de EsSalud y/o SIS. El material predominante de las paredes es	$0.159 \leq V < 0.253$

Alto	quincha (caña con barro) y/o estera y/u otro material, con techo de madera o estera con torta de barro; Con viviendas precarias o dedicadas a la crianza de animales de granja para su sustento.	
Medio	Grupo Etario predominantemente de 15 a 30 años; con discapacidad para oír y/o para hablar y/o para usar brazos y piernas; con nivel educativo superior no universitario y/o secundaria. El material predominante de las paredes es de madera y/o quincha (caña con barro), con techo de plancha de calamina y/o tejas y/o madera y/o; cuenta con viviendas diseñadas para ser casa talleres, trabajando en la zona.	$0.075 \leq V < 0.159$
Bajo	Grupo Etario predominantemente de 30 a 50 años; sin discapacidad y/o con discapacidad para oír y/o para hablar; con nivel educativo superior Universitario y/o no universitario; cuenta con seguro privado y/u otro y/o seguro de las Fuerzas Armadas y/o de la Policía Nacional del Perú. El material predominante de las paredes es de ladrillo o bloque de cemento y/o piedra o sillar con cal o cemento y/o Madera, con techo de concreto armado y/o plancha de calamina y/o tejas.	$0.035 \leq V < 0.075$



Figura 41
Mapa de Vulnerabilidad

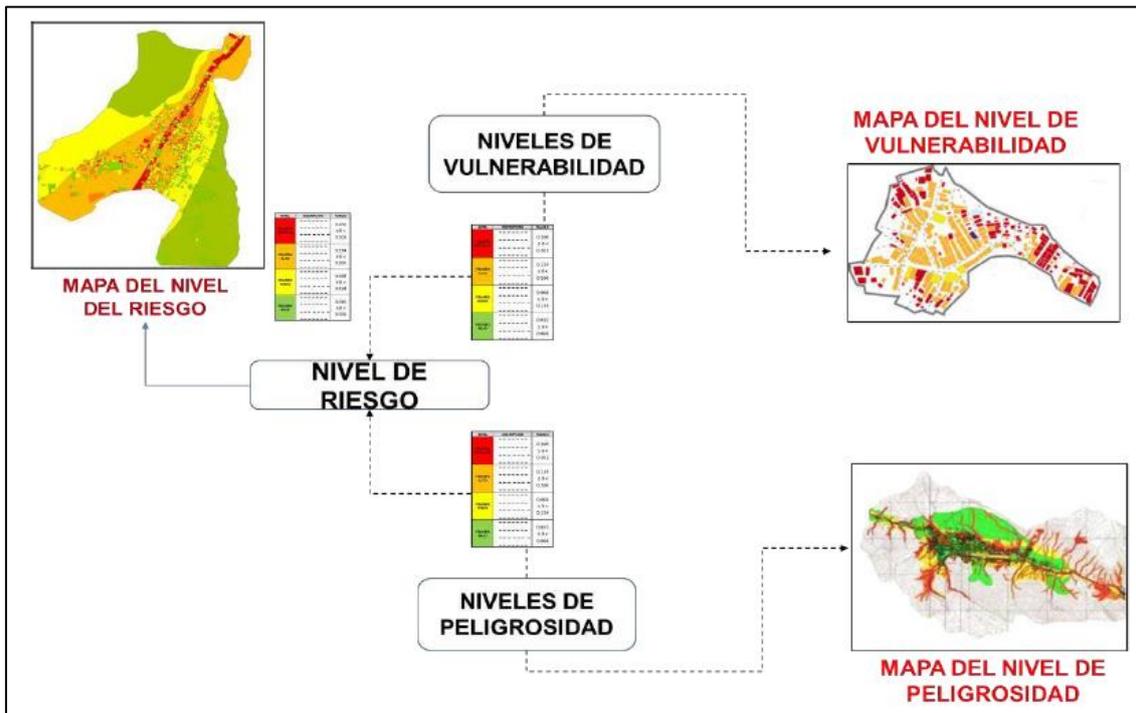


6.5 Cálculo de riesgo

Para determinar el nivel del riesgo de la zona de influencia, se utiliza el siguiente procedimiento:

Figura 42

Flujograma para determinar los niveles de riesgo



Nota. CENEPRED, 2014

6.5.1. Matriz de Riesgo

La matriz de riesgo por inundación debido a las precipitaciones en épocas de lluvias intensas (siendo estas anómalas pero que suelen presentarse con cierta incidencia), en el distrito de Cerro Colorado, en la provincia de Arequipa, en el departamento de Arequipa, es la siguiente:

Tabla 72

Matriz de riesgo por inundaciones

PMA	0.409	0.031	0.065	0.103	0.196
PA	0.143	0.011	0.023	0.036	0.068
PM	0.076	0.006	0.012	0.019	0.036
PB	0.039	0.003	0.006	0.010	0.018

0.075	0.159	0.253	0.478
VB	VM	VA	VMA

6.5.2 Niveles y estratificación de riesgo

Para la evaluación de riesgo se estratificaron en cuatro niveles, cuyas características y valores se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 73
Niveles de riesgo por inundaciones

NIVEL	RANGO
Muy Alto	0.036 ≤ R ≤ 0.196
Alto	0.010 ≤ R < 0.036
Medio	0.003 ≤ R < 0.010
Bajo	0.001 ≤ R < 0.003

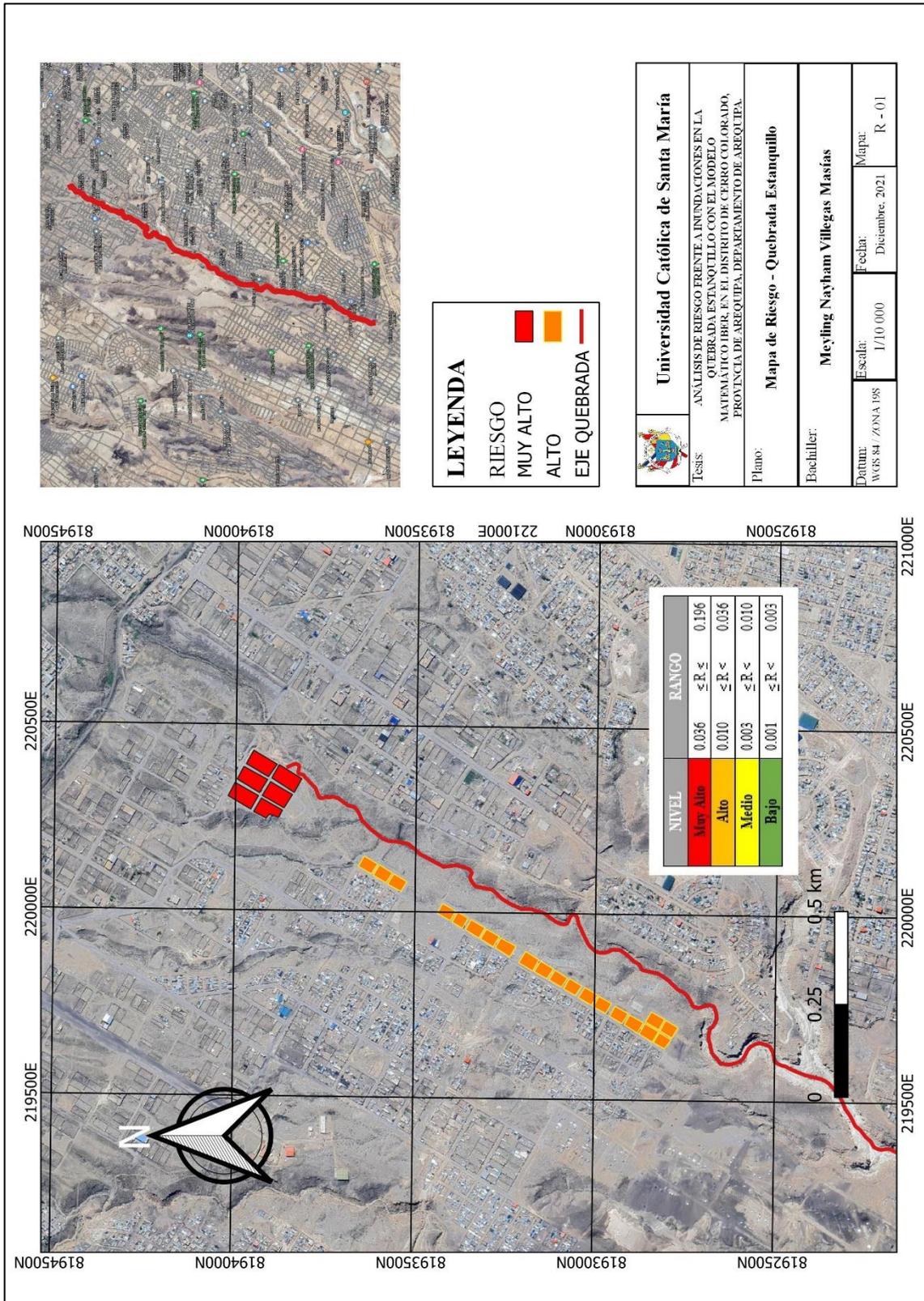
Tabla 74
Estratificación del nivel de riesgo por inundaciones

NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCIÓN	RANG O
Muy Alto	Precipitación superior al percentil 95, presenta forma geomorfológica como montaña en roca volcánica, con pendientes mayores a 50°, geológicamente está conformada por depósitos volcánicos de granulometría en su mayoría uniforme. Grupo Etario predominantemente de 0 a 5 años y Mayores de 65 años; con discapacidad visual; con nivel educativo de primaria y/o Inicial y/o ningún nivel; con SIS y/o no tiene seguro. El material predominante de las paredes es Adobe o Tapia y/o piedra con barro, con techo de otro material (planchas de asbesto, plástico, entre otros similares); existe presencia predominante de terreno demarcado y cercado.	0.036 ≤ R ≤ 0.196
Alto	Precipitación superior al percentil 95, presenta formas geomorfológicas como colina en roca metamórfica con pendiente entre 25° - 50°, geológicamente está compuesta por depósito aluvial reciente. Grupo Etario predominantemente de 5 a 15 años y de 50 a 65 años; con discapacidad para usar brazos y piernas y/o visual; con nivel educativo de secundaria y/o primaria; con seguro de EsSalud y/o SIS. El material predominante de las paredes es quincha (caña con barro) y/o estera y/u otro material, con techo de madera o estera con torta de barro; Con viviendas precarias o dedicadas a la crianza de animales de granja para su sustento.	0.010 ≤ R < 0.036
Medio	Precipitación superior al percentil 95, con presencia de vertiente glacio fluvial y superficies de flujo piroclástico con pendiente entre 5° - 25°. Con presencia de depósito aluvial reciente. Grupo Etario predominantemente de 15 a 30 años; con discapacidad para oír y/o para hablar y/o para usar brazos y piernas; con nivel educativo superior no universitario y/o secundaria. El material predominante de las paredes es de madera y/o quincha (caña con barro), con techo de plancha de calamina y/o tejas y/o madera y/o; cuenta con viviendas diseñadas para ser casa talleres, trabajando en la zona.	0.003 ≤ R < 0.010

<p>Bajo</p>	<p>Precipitación superior al percentil 95, con presencia de planicie inundable con pendiente menores a 5° compuesta por depósito fluvial reciente. Grupo Etario predominantemente de 30 a 50 años; sin discapacidad y/o con discapacidad para oír y/o para hablar; con nivel educativo superior Universitario y/o no universitario; cuenta con seguro privado y/u otro y/o seguro de las Fuerzas Armadas y/o de la Policía Nacional del Perú. El material predominante de las paredes es de ladrillo o bloque de cemento y/o piedra o sillar con cal o cemento y/o Madera, con techo de concreto armado y/o plancha de calamina y/o tejas.</p>	<p>$0.001 \leq R < 0.003$</p>
--------------------	--	---



Figura 43
Mapa de Riesgo



6.6 Cálculo de los efectos probables

Aquí estimaremos los efectos probables que podrían generarse en el sector de APIPA I (Quebrada Estanquillo), debido al impacto del peligro por la inundación fluvial. Estos efectos son referenciales; El monto probable asciende a S/ 1,857,000.00, para los daños probables el monto ascenderá a S/ 1,290,000.00 y S/ 567,000.00 para las pérdidas probables

Tabla 75
Efectos probables

EFFECTOS PROBABLES	TOTAL	DAÑOS PROBABLES	PÉRDIDAS PROBABLES
DAÑOS PROBABLES			
VIVIENDAS CON MATERIAL DE CONCRETO	S/ 200,000.00	S/ 200,000.00	
VIVIENDAS CONSTRUIDAS CON MATERIAL PRECARIO	S/ 1,090,000.00	S/ 1,090,000.00	
PÉRDIDAS PROBABLES			
COSTOS DE ADQUISICIÓN DE CARPAS	S/ 27,000.00		S/ 27,000.00
COSTOS ADQUISICIÓN DE MÓDULOS DE VIVIENDAS	S/ 450,000.00		S/ 450,000.00
GASTOS DE ATENCIÓN DE EMERGENCIA	S/ 90,000.00		S/ 90,000.00
SUBTOTAL		S/ 1,290,000.00	S/ 567,000.00
TOTAL	S/ 1,857,000.00		

6.7 Control de riesgo

Peligro por inundación

Tipo de peligro : Origen hidrometeorológico

Tipo de Fenómeno : Inundaciones

Elementos Expuestos : La población de APIPA I (Establecida en el cauce de la quebrada estanquillo) en el distrito de Cerro Colorado, Provincia de Arequipa, Región Arequipa; las infraestructuras son las viviendas cercanas a la zona de estudio

6.7.1 Aceptabilidad o tolerancia del riesgo

6.7.1.1 Aceptabilidad o tolerancia del riesgo

- Valoración de consecuencias

Tabla 76

Valoración de las consecuencias

Valor	Nivel de Peligro	Descripción
4	Muy Alto	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas.
3	Alto	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo.
2	Medio	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles.
1	Bajo	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad.

Nota. CENEPRED, 2014

Nivel de Consecuencia y Daño (Matriz) : MUY ALTA; este nivel se obtiene al interceptar consecuencia (Muy Alta) y Frecuencia (Alta).

- Valoración de frecuencia

Tabla 77

Valoración de la frecuencia de ocurrencia

Valor	Nivel de Peligro	Descripción
4	Muy Alto	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias.
3	Alto	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias.
2	Medio	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias
1	Bajo	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales.

Nota. CENEPRED, 2014

Del cuadro anterior, se obtiene que el evento de inundación Fluvial puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias, es decir, posee el nivel 3 – Alta.

- **Nivel de consecuencia y daños**

Tabla 78

Nivel de consecuencia y daños

Consecuencias	Nivel	Zona de Consecuencias y daños			
Muy Alta	4	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Alta	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Baja	1	Baja	Media	Alta	Muy Alta
	Nivel	1	2	3	4
	Frecuencia	Baja	Media	Alta	Muy Alta

Nota. CENEPRED, 2014





CAPITULO VII

7 OBRAS DE PROTECCIÓN

7.1 Protección contra inundaciones

La protección contra inundaciones incluye, tanto las medidas estructurales, como los no estructurales.

7.1.1 Medidas estructurales

Incluye las represas y reservorios, modificaciones a los canales de los ríos.

7.2 Defensas ribereñas

Son construidas para proteger áreas a las márgenes de los ríos.

7.3 Áreas de inundación

Las verificaciones hidráulicas teóricas, permitieron demostrar a través de los mapas correspondientes de inundación el área denominado Asociación **APIPA SECTOR 6**, que permite desarrollar una obra de protección de manera estructural.

7.3.1 Diagnostico

Basado en los estudios realizados en el Capítulo V y en información recopilada en la **Municipalidad Distrital de Cerro Colorado**, a través del **Plan de Prevención de Riesgos y Desastre**, se elaborará el diseño de una defensa estructural en función de los daños que se pretende evitar, a través de la mayor cantidad de alternativas técnicas que den solución al problema.

7.4 Obras de tipo flexible

Cuando los suelos ofrecen importantes deformaciones.

7.4.1 Muros gaviones

Son paralelepípedos rectangulares contruidos a base de un tejido de alambre de acero, el cual lleva tratamientos especiales de protección como la galvanización y la plastificación.

7.5 Obras de tipo rígido

7.5.1 Muros de concreto armado

Son masas relativamente grandes de concreto, los cuales trabajan como estructura rígida resistiendo los movimientos debido a la presión de la tierra sobre el muro.

7.5.2 Pantalla de concreto armado

Son un tipo de estructuras de contención, utilizadas habitualmente en construcciones de ingeniería civil.

7.5.3 Propiedades de las pantallas de concreto armado

- Son impermeables, tanto los elementos constituyentes bajo el nivel freático con garantías, aunque habrá que bombear el agua para evitar posibles filtraciones.

7.6 Consideraciones previas

- El estudio hidrológico, realizado en el capítulo IV, se determinaron los caudales
- Para el dimensionamiento de las obras de encauzamiento se ha adoptado los valores de la avenida de 100 años de periodo de retorno.
- Las pendientes longitudinales naturales del cauce de la torrentera se obtienen a partir de los planos topográficos.
- Coeficiente de rugosidad para el cauce natural.

7.7 Muros de contención

- El Muro de Gravedad

Basa su estabilidad en su peso propio. Son económicos para salvar desniveles de hasta 3m. Por lo general son de concreto simple o mampostería.

- Los Muros en Voladizo

Son siempre de concreto armado y se utiliza para alturas de hasta 8m.

- **Los Muros con Contrafuerte**

Se utilizan para desniveles mayores que 6m.

7.8 Diseño de muro de contención en voladizo – Socavación

Como obra de protección, se procede al diseño de muro de contención, para buscar la correcta medida a nivel estructural como prevención o reducción de los daños posibles que se puedan dar en la zona de estudio, considerando el desborde en la quebrada “Estanquillo”.

Para el diseño se han considerado las zonas críticas en donde la altura de los tirantes se ha utilizado el software matemático “MathCAD Prime 7.0.0.0”.

7.3.1 Diseño de muro de contención en voladizo (H= 5m)

7.3.1.1 Dimensiones del muro de contención

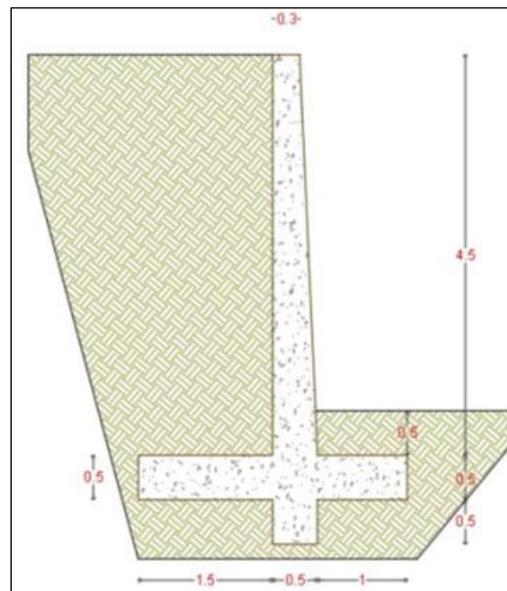
Altura total del muro	H:=5 m
Peralte de la zapata	hz:=0.5 m
Profundidad de desplante pasiva	Df:=1 m
Altura de la pantalla	Hp:=4.5 m
Longitud total de la zapata	L:=3.5 m
Longitud del talón	Lt:=2.0 m
Espesor en la base	t:=0.5 m
Espesor en la cresta	e:=0.3 m
Longitud de la punta	Lp:=1 m
Longitud del tacón	Lc:=0.5 m

7.3.1.2 Características del suelo y concreto

Capacidad portante del suelo	$q_u := 28.8 \text{ tonf/m}^2$
Angulo de fricción	$\phi := 32.08 \text{ (}^\circ \text{ - deg)}$
Peso específico del suelo	$\gamma_s := 1652 \text{ kgf/m}^3$
Coefficiente de fricción	$\mu := 0.3$
Resistencia a la compresión del concreto	$F'_c := 210 \text{ kgf/cm}^2$
Peso específico del concreto	$\gamma_c := 2400 \text{ kgf/m}^3$
Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo	$F_y := 4200 \text{ kgf/cm}^2$

Figura 44

Muro dimensionado (H – 5m)



Nota. Dimensionamiento idealizado en el software “MathCAD Prime” 7.0.0.0.

7.3.1.3 Cálculos de diseño

- Verificación y Chequeos

Empuje activo $E_a = 6.324 \text{ tonf/m}$

Empuje pasivo	Ep =2.697 tonf/m
Peso del muro de contención	W =23.988 tonf/m
Momento Actuante	Mact =0.54 tonf •m/m
Momento Resistente	Mr =51.569 tonf •m/m
Esfuerzo ejercido sobre el suelo	σ =7.319 tonf/m ²
Chequeo por deslizamiento	FSD = “OK”
Chequeo por volteo	FSV = “OK”
Chequeo de presiones	σu = “OK”

7.3.1.4 Diseño de elementos estructurales

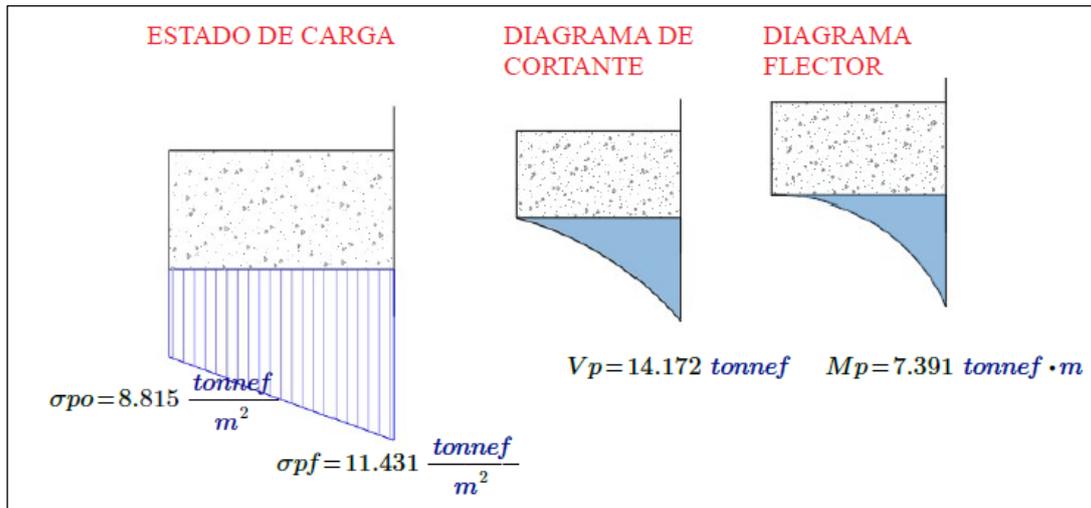
- Diseño de la punta

Carga cortante máxima en la punta	Vp =14.172 tonf
Momento de flexión máximo en la punta	Mp =7.391 tonf •m

*Los valores de Vp y Mp ya están amplificadas por 1.4

Para el análisis se considerará un estado más crítico, sin asumir el esfuerzo del terreno natural por encima de la punta; por lo que el diagrama de cargas mostrado en la figura de abajo es la carga que ejerce flexión crítica en la punta.

Figura 45
Diagrama de cargas en la punta. H:5m



Nota. Representación de la Carga que ejerce flexión crítica en la punta.

Díámetro de acero principal en la punta $\phi_p = 5/8 \text{ in}$

Factores de modificación $\Psi_t = 1$

$\Psi_e = 1$

$\lambda = 1$

Recubrimiento de la base $r_p = 7.5 \text{ cm}$

Área de acero principal $A_{sp} = 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_p^2 = 1.979 \text{ cm}^2$

Cortante crítico en la punta $\phi V_{cp} = 27.227 \text{ tonf}$

Cuantía de acero en la punta $\rho_p = 0.00115$

Díámetro de acero requerido para la punta $\phi_p = 0.625 \text{ in}$

Espaciamiento de acero en la punta $S_p = 26 \text{ cm}$

Longitud del gancho de la punta **L_{ext}**=19.05 cm

Chequeo por corte en la punta **V_p**= “OK”

- **Diseño del talón**

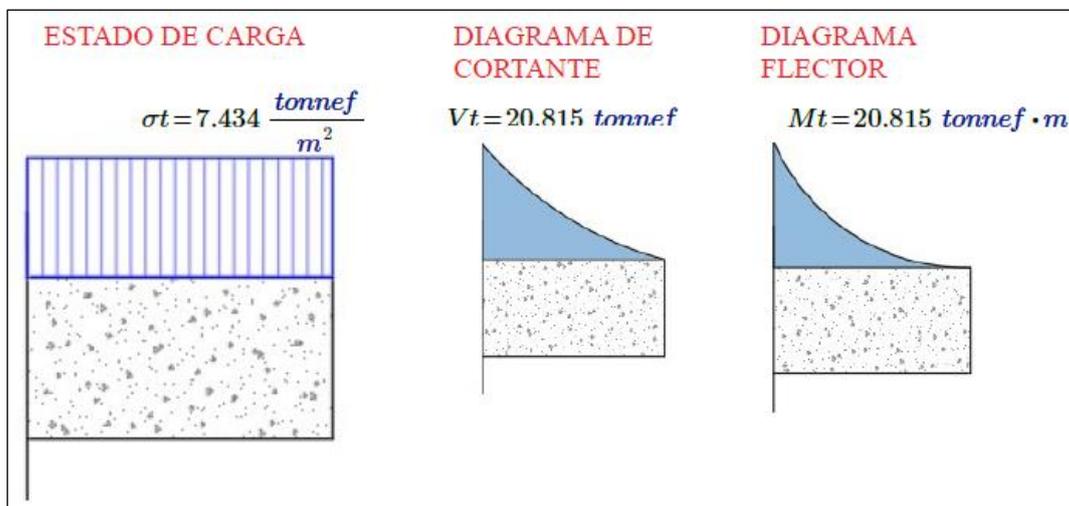
Carga cortante máxima en la punta **V_t**=20.815 tonf

Momento de flexión máximo en la punta **M_t**=20.815 tonf · m

*Los valores de V_t y M_t ya están amplificadas por 1.4

Figura 46

Diagrama de cargas en el talón. H:5m



Diámetro de acero principal **ϕ_t**= 3/4 in

Recubrimiento **r_t**=7.5 cm

Diámetro de acero temperatura **ϕ_{te}**= 5/8 in

Cortante critico en el talón **ϕV_{ct}**=27.124 tonf

Cuantía de acero en el talón **ρ_t**=0.00333

Diámetro de acero requerido para el talón **ϕ_t**=0.75 in

Espaciamiento de acero en el talón $S_t=21$ cm

Longitud del gancho en el talón $L_{ext}=22.86$ cm

Chequeo por corte del talón $V_p=$ “OK”

Diámetro del acero de temperatura de la zapata $\phi_{te}=0.625$ in

Espaciamiento del acero de temperatura $S_{te}=24$ cm

- **Diseño de la pantalla**

Carga cortante máxima de la pantalla $V_{pa}=8.708$ tonnef

Momento de flexión máximo en la pantalla $M_{pa}=15.062$ tonnef ·m

*Los valores de V_{pa} y M_{pa} ya están amplificadas por 1.7

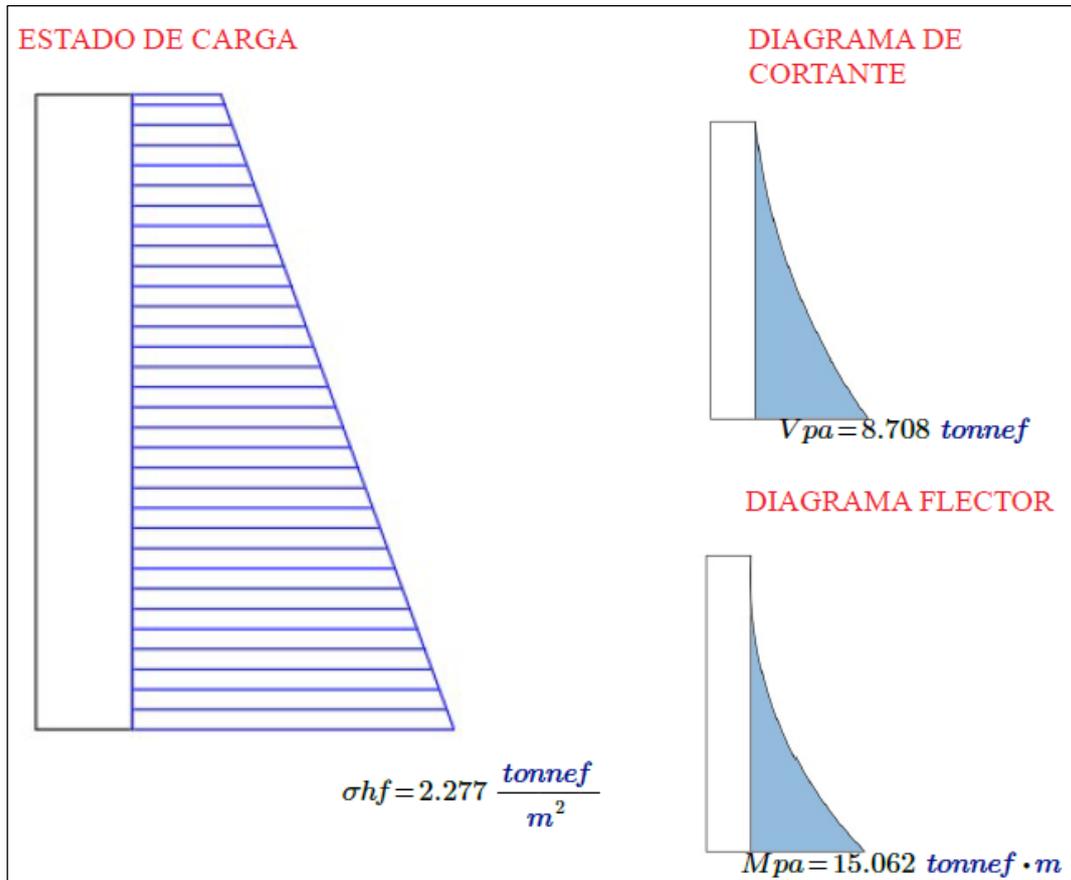
Diámetro de acero principal $\phi_{pa}=$ 3/4 in

Recubrimiento de pantalla $r_{pa}=7.5$ cm

Diámetro de acero vertical mínimo $\phi_v=$ 1/2 in

Diámetro de acero horizontal mínimo $\phi_h=$ 1/2 in

Figura 47
Diagrama de cargas en la pantalla. H:5m



Cortante crítico de la pantalla	$\phi V_{cra} = 27.124 \text{ tonf}$
Cuantía de acero para la pantalla	$\rho_{pa} = 0.00239$
Diámetro de acero vertical en la pantalla	$\phi_{pa} = 0.75 \text{ in}$
Espaciamiento de acero vertical en pantalla	$S_{pa} = 24 \text{ cm}$
Longitud del gancho de acero vertical	$L_{ext} = 22.86 \text{ cm}$
Diámetro de acero vertical mínimo	$\phi_v = 0.5 \text{ in}$
Espaciamiento de acero vertical mínimo	$S_{vmin} = 34 \text{ cm}$
Diámetro de acero horizontal	$\phi_h = 0.5 \text{ in}$

Espaciamiento de acero horizontal

$Sh=25\text{ cm}$

Figura 48

Detalle de acero en la zapata. H: 5m

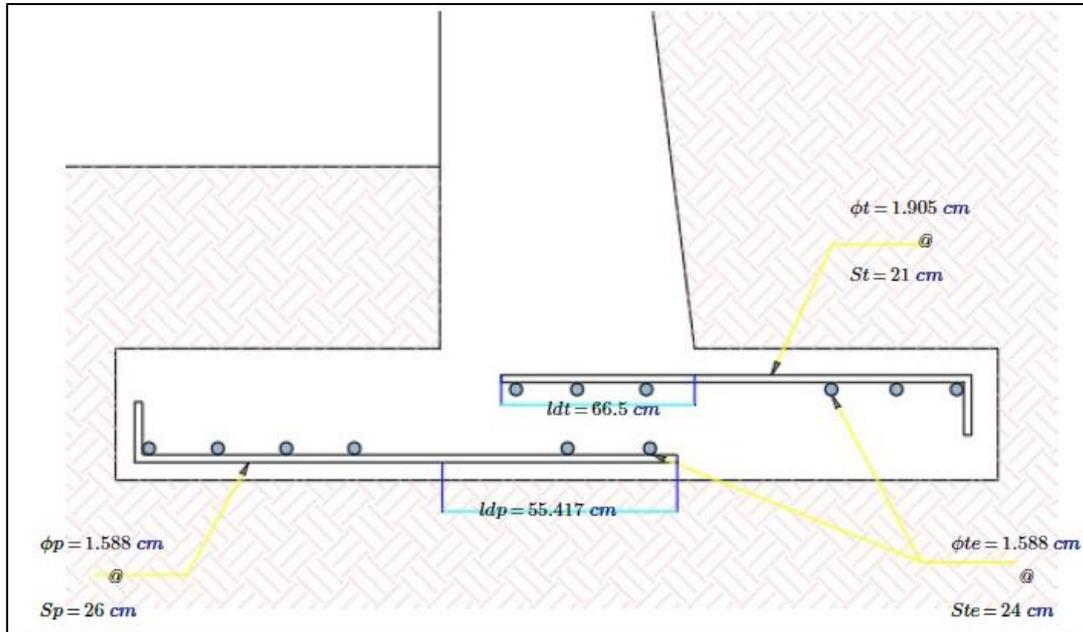
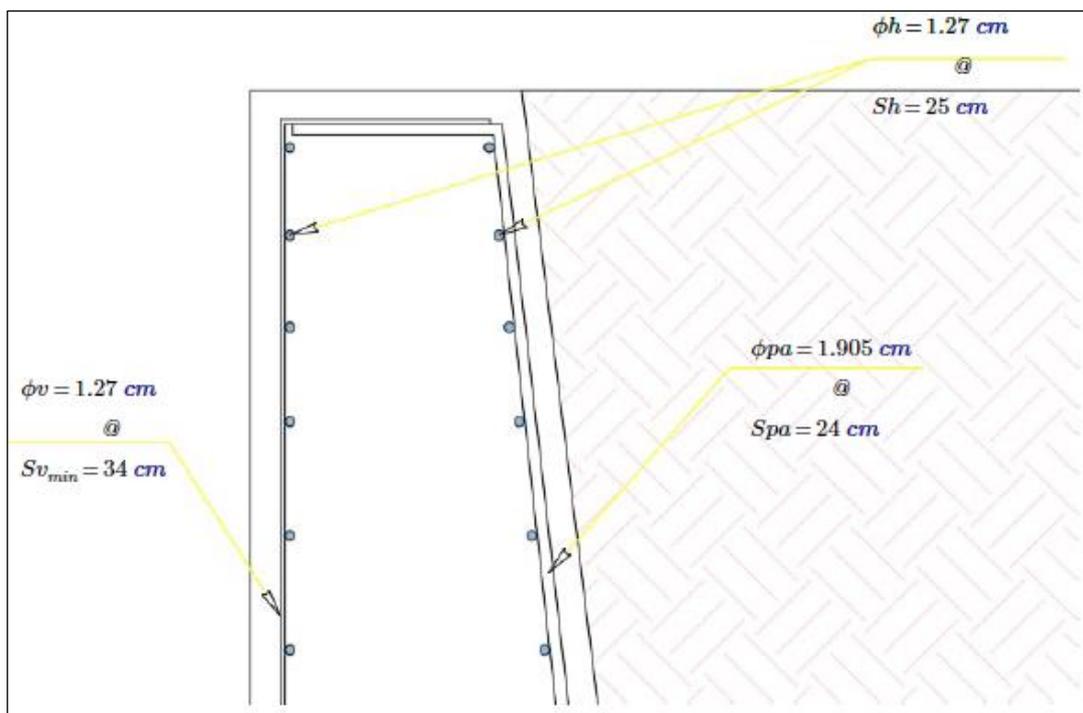


Figura 49

Detalle de acero en la pantalla. H: 5m



7.3.2 Diseño de muro de contención en voladizo (H= 4m)

7.3.2.1 Dimensiones del muro de contención

Altura total del muro	H:=4 m
Peralte de la zapata	hz:=0.5 m
Profundidad de desplante pasiva	Df:=1 m
Altura de la pantalla	Hp:=3.5 m
Longitud total de la zapata	L:=2.5 m
Longitud del talón	Lt:=1.1 m
Espesor en la base	t:=0.4 m
Espesor en la cresta	e:=0.3 m
Longitud de la punta	Lp:=1 m
Longitud del tacón	Lc:=0.5 m

7.3.2.2 Características del suelo y concreto

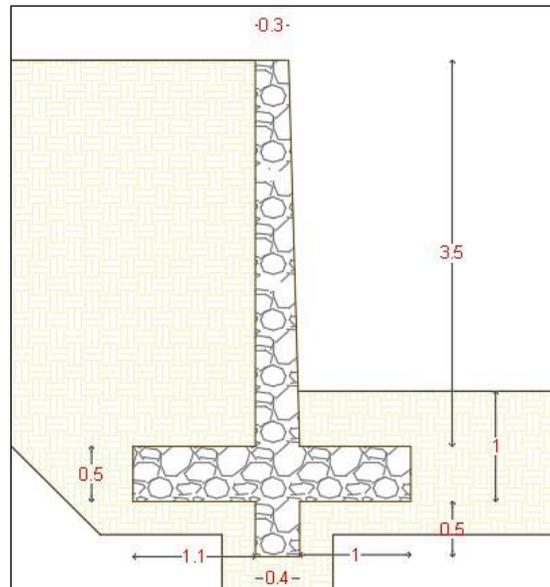
Capacidad portante del suelo	qu:=28.8 tonf/m²
Angulo de fricción	φ:=32.08 (° - deg)
Peso específico del suelo	γs:=1652 kgf/m³
Coefficiente de fricción	μ:=0.35
Resistencia a la compresión del concreto	F'c:=210
Peso específico del concreto	γc:=2400

Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo

$F_y=4200$

Figura 50

Muro dimensionado (H - 4m)



7.3.2.3 Cálculos de diseño

- Verificación y Chequeos

Empuje activo	$E_a=4.047$ tonf/m
Empuje pasivo	$E_p=2.697$ tonf/m
Peso del muro de contención	$W=12.78$ tonf/m
Momento Actuante	$M_{act}= 5.396$ tonf •m/m
Momento Resistente	$M_r= 21.155$ tonf •m/m
Esfuerzo ejercido sobre el suelo	$\sigma=5.32$ tonf/m ²
Chequeo por deslizamiento	FSD= "OK"
Chequeo por volteo	FSV= "OK"
Chequeo de presiones	$\sigma_u= "OK"$

7.3.2.4 Diseño de elementos estructurales

- Diseño de la punta

Carga cortante máxima en la punta $V_p=9.964$ tonnef

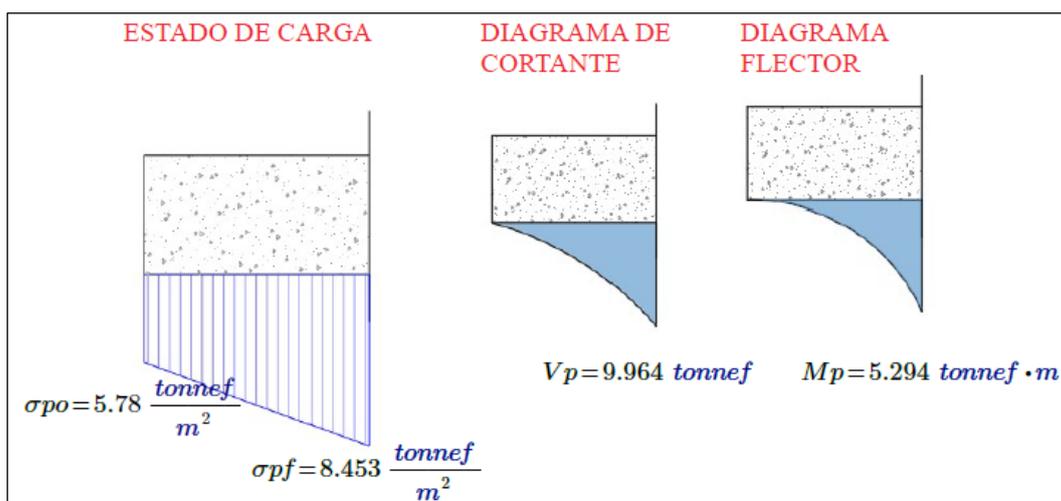
Momento de flexión máximo en la punta $M_p=5.294$ tonnef · m

*Los valores de V_p y M_p ya están amplificadas por 1.4

Para el análisis se considerará un estado más crítico, sin asumir el esfuerzo del terreno natural por encima de la punta; por lo que el diagrama de cargas mostrado en la figura de abajo es la carga que ejerce flexión crítica en la punta.

Figura 51

Diagrama de cargas en la punta $H:4m$



Nota. Representación de la Carga que ejerce flexión crítica en la punta.

Diámetro de acero principal en la punta $\phi_p := 5/8$ in

Factores de modificación $\Psi_t := 1$

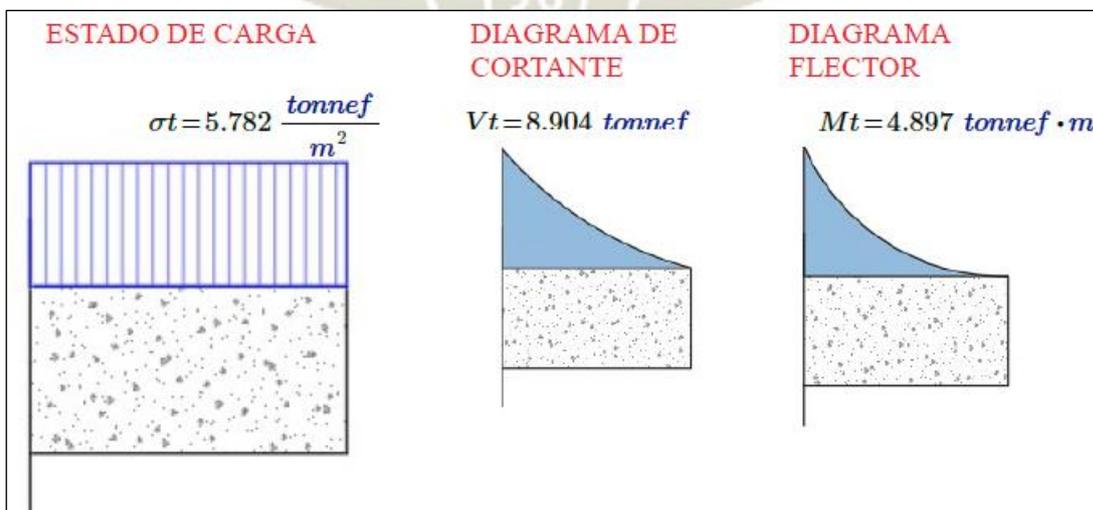
$\Psi_e := 1$

$\lambda := 1$

Recubrimiento de la base $r_p := 7.5$ cm

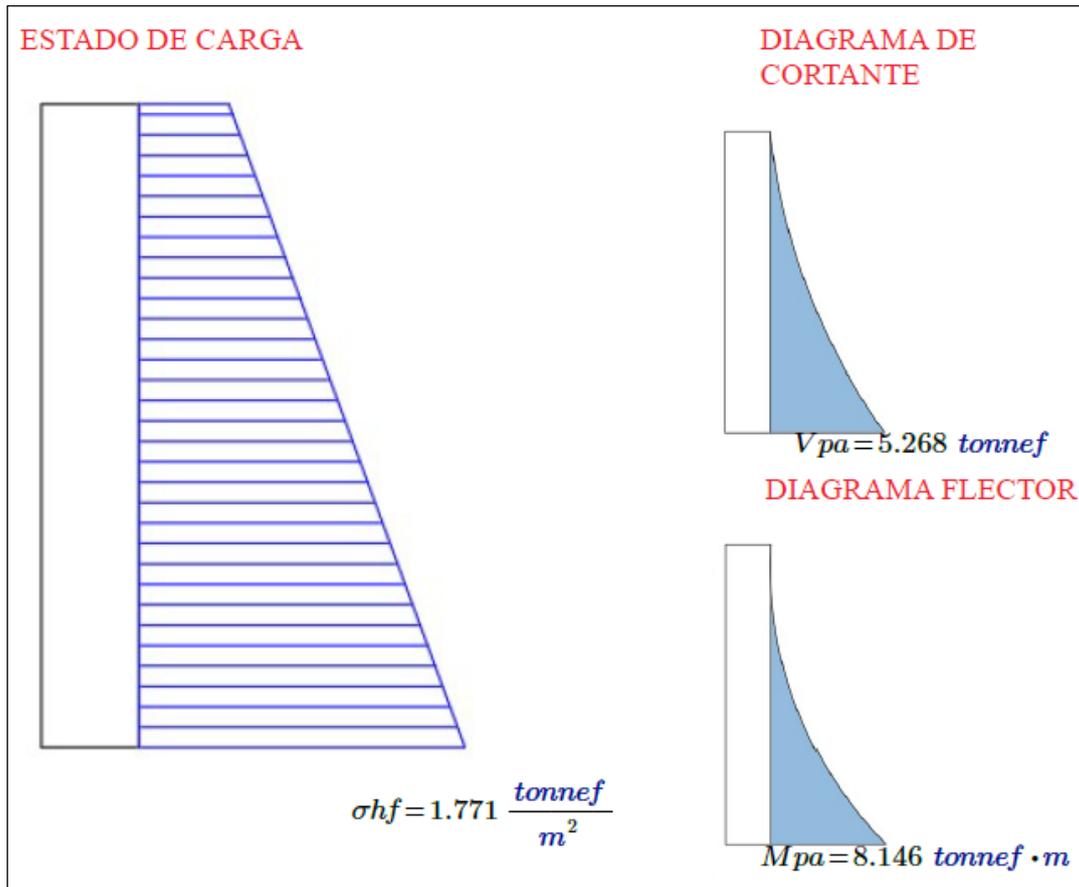
Área de acero principal cm^2	$A_{sp}=0.25 \cdot \pi \cdot \phi_p^2 = 1.979$
Cortante crítico en la punta	$\phi V_{cp}=27.227 \text{ tonf}$
Cuantía de acero en la punta	$\rho_p=0.00082$
Diámetro de acero requerido para la punta	$\phi_p=0.625 \text{ in}$
Espaciamiento de acero en la punta	$S_p=26 \text{ cm}$
Longitud del gancho de la punta	$L_{ext}=19.05 \text{ cm}$
Chequeo por corte en la punta	$V_p= \text{“OK”}$
- Diseño del talón	
Carga cortante máxima en la punta	$V_t=8.904 \text{ tonf}$
Momento de flexión máximo en la punta	$M_t=4.897 \text{ tonf} \cdot m$
*Los valores de V_t y M_t ya están amplificadas por 1.4	

Figura 52
Diagrama de cargas en el talón. $H:4m$



Diámetro de acero principal	$\phi_t = 5/8$ in
Recubrimiento	$r_t = 7.5$ cm
Diámetro de acero temperatura	$\phi_{te} = 5/8$ in
Cortante crítico en el talón	$\phi V_{ct} = 27.227$ tonf
Cuantía de acero en el talón	$\rho_t = 0.00076$
Diámetro de acero requerido para el talón	$\phi_t = 0.625$ in
Espaciamiento de acero en el talón	$S_t = 26$ cm
Longitud del gancho en el talón	$L_{ext} = 19.05$ cm
Chequeo por corte del talón	$V_p = \text{“OK”}$
Diámetro del acero de temperatura de la zapata	$\phi_{te} = 0.625$ in
Espaciamiento del acero de temperatura	$S_{te} = 26$ cm
- Diseño de la pantalla	
Carga cortante máxima de la pantalla	$V_{pa} = 5.268$ tonf
Momento de flexión máximo en la pantalla	$M_{pa} = 8.146$ tonf · m
*Los valores de V_{pa} y M_{pa} ya están amplificadas por 1.7	
Diámetro de acero principal	$\phi_{pa} = 3/4$ in
Recubrimiento de pantalla	$r_{pa} = 7.5$ cm
Diámetro de acero vertical mínimo	$\phi_v = 3/8$ in
Diámetro de acero horizontal mínimo	$\phi_h = 1/2$ in

Figura 53
Diagrama de cargas en la pantalla. H:4m



Cortante crítico de la pantalla $\phi V_{cpa} = 20.595 \text{ tonf}$

Cuantía de acero para la pantalla $\rho_{pa} = 0.00223$

Diámetro de acero vertical en la pantalla $\phi_{pa} = 0.75 \text{ in}$

Espaciamiento de acero vertical en pantalla $S_{pa} = 32 \text{ cm}$

Longitud del gancho de acero vertical $L_{ext} = 22.86 \text{ cm}$

Diámetro de acero vertical mínimo $\phi_v = 0.375 \text{ in}$

Espaciamiento de acero vertical mínimo $S_{vmin} = 24 \text{ cm}$

Diámetro de acero horizontal $\phi_h = 0.5 \text{ in}$

Espaciamiento de acero horizontal

$Sh=32\text{ cm}$

Figura 54

Detalle de acero en la zapata. $H: 4\text{ m}$

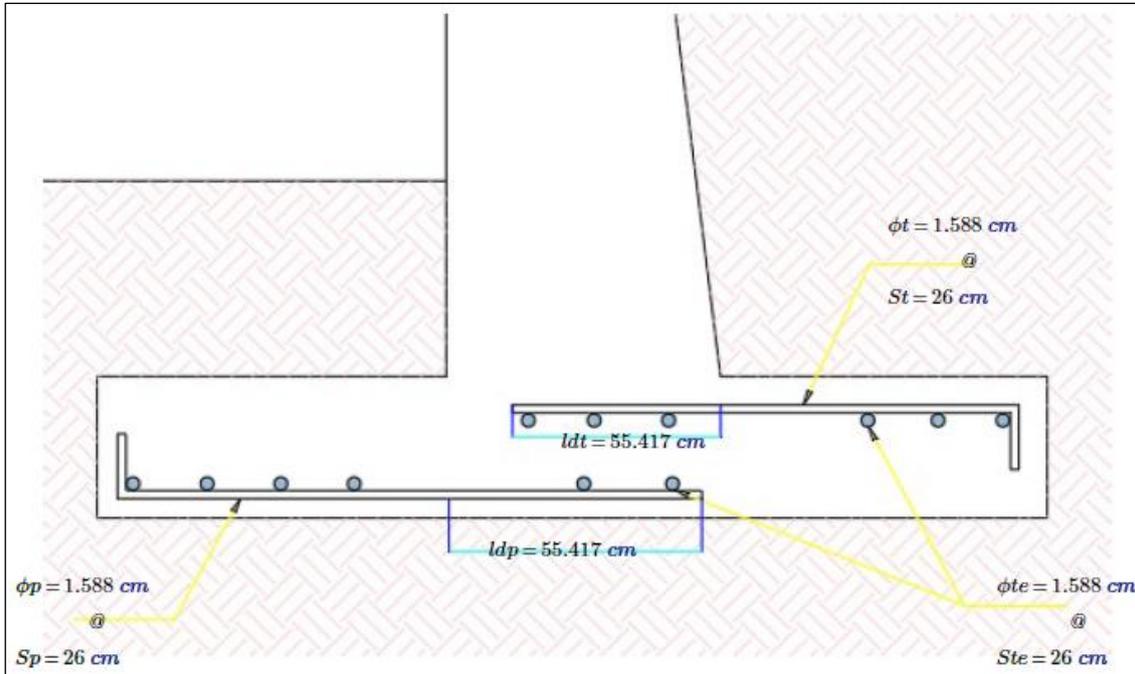
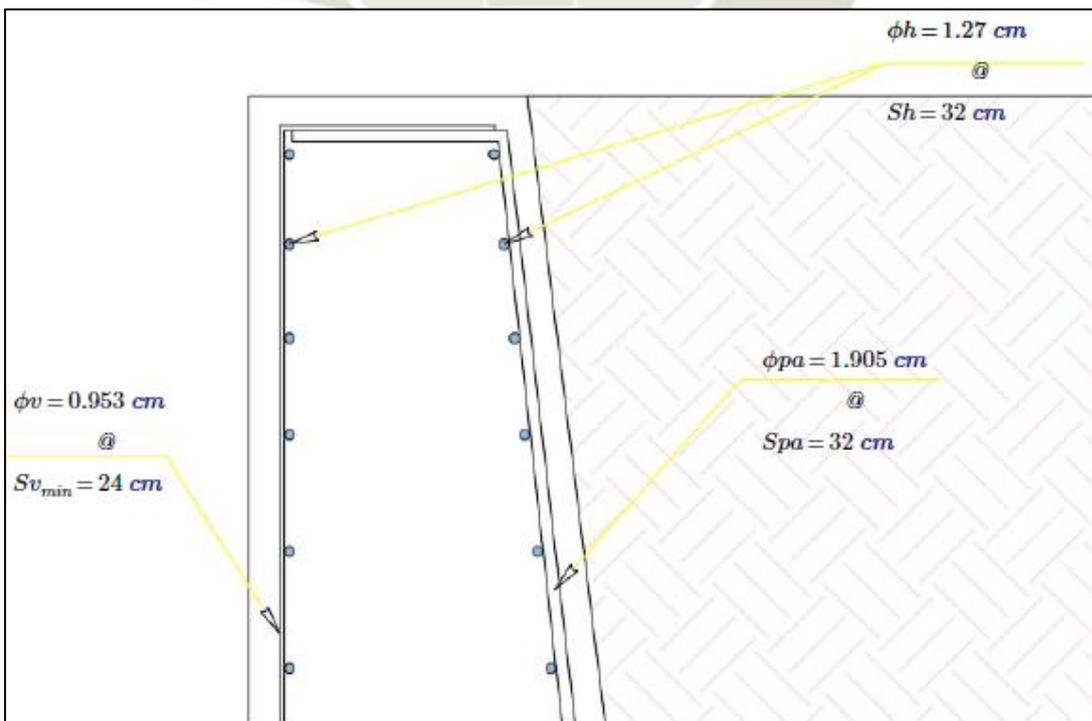


Figura 55

Detalle de acero en la pantalla. $H: 4\text{ m}$



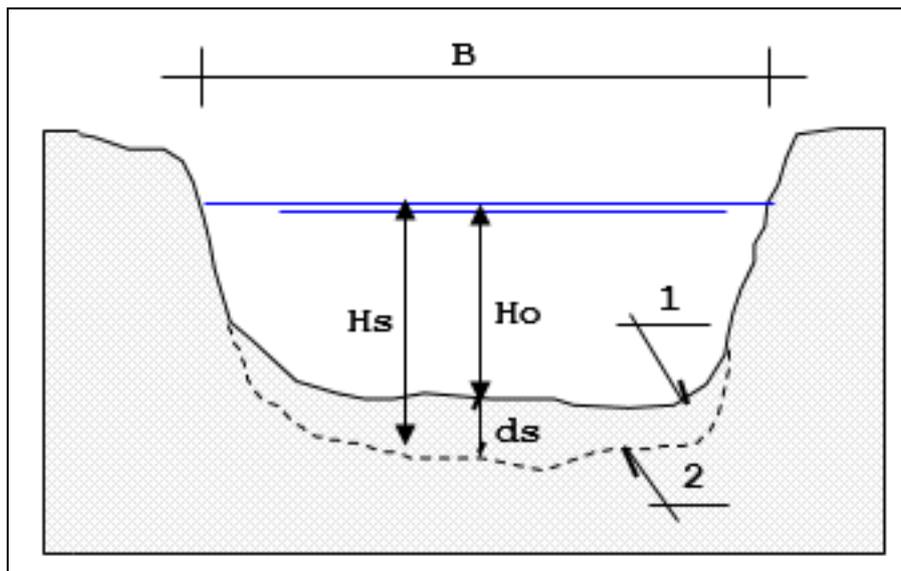
7.3.3 Socavación

El valor de la socavación no suele ser exacto, aun así, en esta sección, vamos a estimarla a través de la consideración de diversos factores que serán actores principales en una avenida máxima en la zona de estudio, los cuales serán:

- Caudal
- Características del cauce (tamaño y conformación)
- Sólidos transportados (Cantidad)

7.8.3.1. Profundidad de la socavación general

Figura 56
Gráfico de la profundidad de la socavación general



Nota. Ilustración del proceso de socavación general. (El Solicitante, 2021)

El método a usar para el cálculo de la socavación general será el de Lishtvan – Levediev (1953); considerando a nuestro tipo de suelo como granular. Las fórmulas a utilizar serán:

$$H_s = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68\beta\mu\varphi D_m^{0.28}} \right]^{1/z}$$

$$\beta = 0.7929 + 0.0973 \log Tr$$

$$\alpha = \frac{Q}{h^{\frac{5}{3}} B \mu}$$

$$z = 0.394557 - 0.04136 \log Dm - 0.00891 \log^2 Dm$$

$$\varphi = -0.54 + 1.5143 \gamma_m, \text{ si } \gamma_m > \frac{1.0t}{m^3} \text{ (lecho móvil)}$$

Donde:

Hs – h: Profundidad de socavación (m)

h: Tirante de agua (m)

Dm: Diámetro característico del lecho (mm)

β: Coeficiente de frecuencia.

μ: Factor de corrección por contracción del cauce.

φ: Factor de corrección por forma de transporte de sedimentos.

z: Exponente variable en función del diámetro medio de la partícula

Q: Caudal

B: Ancho de la superficie libre

V: Velocidad

- **Determinación de μ:**

Si el factor de corrección es menor que 1 contribuye a la socavación, si no hay obstáculos se considera el valor de 1.

Tabla 79
Factor de corrección por contracción del cauce” μ ”

V (m/s)	Luz libre (m)												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
<1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
>4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

Nota. Tabla para encontrar el factor de corrección (Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A., 1992).

Para puentes de una sola luz, la luz libre es la distancia entre estribos. Para puentes de varios tramos, la luz libre es la mínima distancia entre dos pilares consecutivos, o entre el pilar y estribo más próximos.

Para poder estimar la socavación, tomaremos los valores aguas arriba del muro de contención. Estos valores serán tomados del para un período de retorno de 500 años.

- Cálculo de la socavación

Datos:

Caudal $Q = 56.5 \text{ m}^3/\text{s}$

Tirante máximo $h = 1.22 \text{ m}$

Ancho estable $B = 20.61 \text{ m}$

Radio hidráulico $A = 16.39 \text{ m}^2$

Velocidad $V = 3.45 \text{ m/s}$

Diámetro medio $D_m = 10 \text{ mm}$

Luz mínima para μ $L_{\text{mín}} = 20 \text{ m}$

Tiempo de retorno $Tr = 500 \text{ años}$

Resultados:

$$\mu = 0.945$$

$$\alpha = 2.1$$

$$\beta = 1.06$$

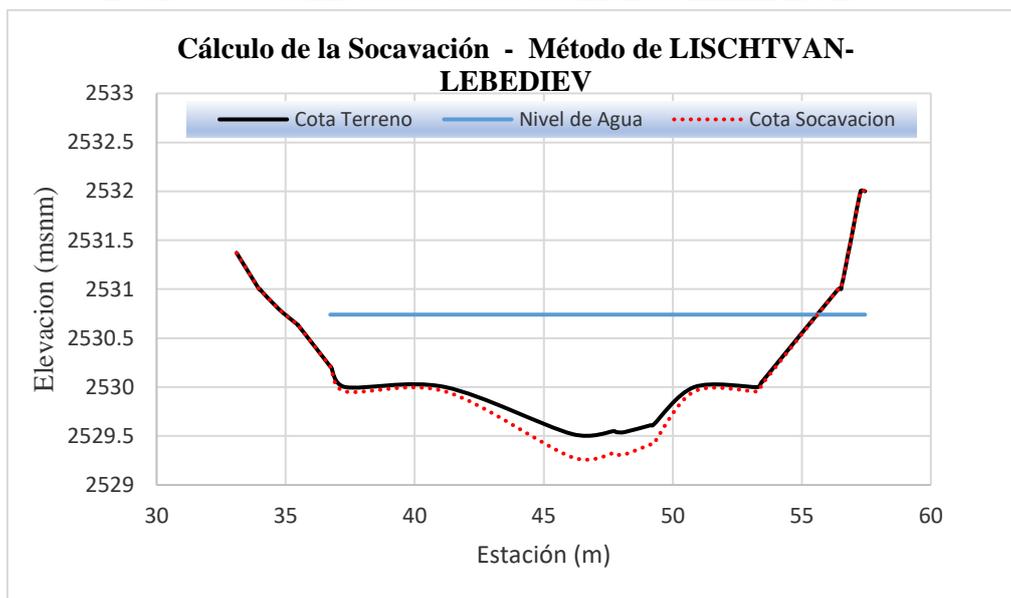
$$\varphi = 1.28$$

$$z = 0.34$$

$$H_s (m) = 1.46 m$$

$$\text{Prof. Socav.} = 0.24 m \quad \text{SOCAVACIÓN GENERAL}$$

Figura 57
Socavación en aguas arriba del muro de contención



Nota. La gráfica muestra la diferencia entre el terreno natural y la socavación a un período de retorno de 500 años.

7.8.3.2. Socavación local en estribos o en los muros de contención.

El método a utilizar estimará la socavación en el muro de contención. Esta socavación se va a relacionar con el gasto total que se da en la quebrada, el talud de la zona y el ángulo de fricción. El tirante incrementado al pie de un

estribo o la base del muro de contención, medido desde la superficie libre de la corriente, está dada por:

$$H_T = K_\theta K_Q K_m h$$

Donde:

H_T : Profundidad del agua al pie del estribo o espigón medida desde la superficie libre de la corriente.

K_θ : Coeficiente que depende del ángulo que forma la corriente con el eje longitudinal (Tabla 21).

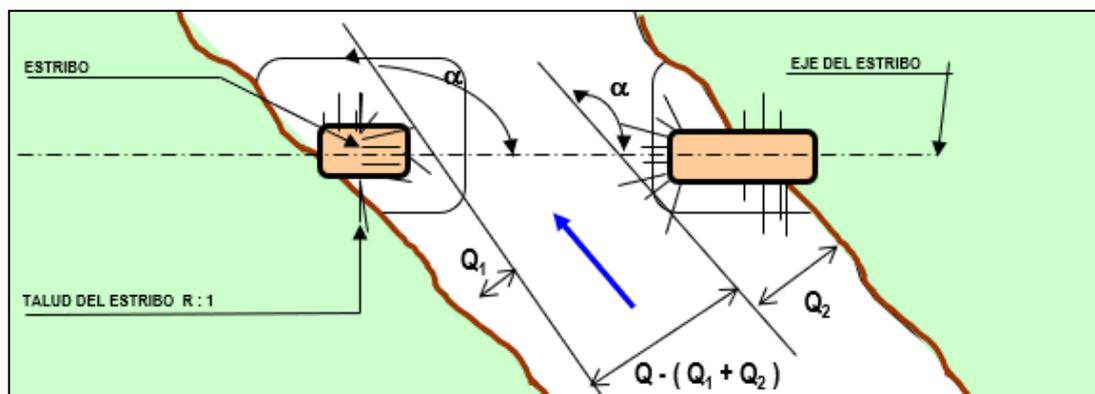
K_Q : Coeficiente que depende de la relación entre el gasto teórico interceptado por el estribo Q_1 o Q_2 y el caudal total dQ que escurre por la sección transversal. (Tabla 22)

K_m : Coeficiente que depende del talud que tiene el estribo (Tabla 23).

h : Tirante de agua en la zona cercana al estribo o al espigón antes de la socavación.

Figura 58

Socavación en aguas arriba del muro de contención



Fuente. El Solicitante, 2021

Tabla 80

Coefficiente de corrección K_θ

θ	30°	60°	90°	120°	150°
K_θ	0.84	0.94	1	1.07	1.19

Fuente. Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A., 1992.

Tabla 81

Coefficiente de corrección K_Q

$Q1/Qd$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
K_Q	2	2.65	3.22	3.45	3.67	3.87	4.1	4.2

Fuente. Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A., 1992.

Tabla 82

Coefficiente de corrección K_m

TALUD m	0	0.50	1.00	1.50	2.00	3.00
K_m	1	0.91	0.85	0.83	0.61	0.50

Caudal de diseño $Qd = 56.5 \text{ m}^3/\text{s}$, para un $Tr = 500$ años

- **Socavación en el muro de 5m:**

Caudal Margen Derecho $Q1\text{-Izq} = 0$

Caudal Margen Izquierdo $Q2\text{-Der} = 56.5 \text{ m}^3/\text{s}$

Altura del Muro $H = 5 \text{ m}$

$Qi/Qd = 1.000$

Ángulo de fricción $\theta = 32.08$

Coefficiente de corrección $K_\theta = 0.847$

Coefficiente de corrección $K_Q = 4.4$

Coefficiente de corrección $K_m = 0.390$

Tirante de agua en la zona cercana al muro $hm = 0.74 \text{ m}$

Tirante incrementado al pie del muro	$H_t = 1.08$
Socavación Local en los estribos	$h_s = 0.34 \text{ m}$
- Socavación en el muro de 4m:	
Caudal Margen Derecho	$Q_1\text{-Izq} = 0$
Caudal Margen Izquierdo	$Q_2\text{-Der} = 56.5 \text{ m}^3/\text{s}$
Altura del Muro	$H = 4 \text{ m}$
Q_i/Q_d	1.000
Ángulo de fricción	$\Theta = 32.08$
Coefficiente de corrección K_θ	$K_\theta = 0.847$
Coefficiente de corrección K_Q	$K_Q = 4.4$
Coefficiente de corrección K_m	$K_m = 0.390$
Tirante de agua en la zona cercana al muro	$h_m = 0.74 \text{ m}$
Tirante incrementado al pie del muro	$H_t = 1.08$
Socavación Local en los estribos	$h_s = 0.34 \text{ m}$
SOCAVACIÓN FINAL $H = 5\text{m}$	$h_s = 0.58 \text{ m}$
SOCAVACIÓN FINAL $H = 4\text{m}$	$h_s = 0.58 \text{ m}$



CAPITULO VIII

8 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

8.1 Contaminación Ambiental

El Plan de prevención y reducción de riesgo de desastres del distrito de Cerro Colorado (2018), menciona que se generan daños en los suelos y en la misma magnitud en el agua y al aire.

Imagen 14

Botaderos de Desechos Sólidos en Quebradas



Nota: la figura muestra la contaminación existente en la zona de estudio. Fuente: Plan de prevención y reducción de riesgo de desastres del distrito de Cerro Colorado (2018).

8.2 Principales riesgos ambientales

8.2.1 Contaminación del aire

La ciudad de Arequipa es una de las ciudades del Perú que presenta los más altos índices de contaminación del aire, debido a varios factores entre ellos tenemos:

- Factores naturales (emisiones de los volcanes)
- Factores producidos por el hombre (actividad industrial y de transporte)

8.2.2 Contaminación del agua

Según El Plan de prevención y reducción de riesgo de desastres del distrito de Cerro Colorado (2018), en cuanto se refiere al cauce de la quebrada Estanquillo, la presencia de desagües crudos directamente al cauce es la principal fuente de origen.

8.3 Análisis de elementos expuestos en zonas susceptibles

Según el plan de prevención y reducción de riesgo de desastres del distrito de Cerro Colorado (2018), el análisis hecho se ha identificado los elementos expuestos:

Tabla 83
Elementos Expuestos Identificados

ELEMENTOS EXPUESTOS ANALIZADOS		CANTIDAD
VIVIENDAS	Vivienda en áreas residenciales	3750
	Viviendas en sectores marginales	9590
	Viviendas en cauces naturales y quebradas	224
	Viviendas en bordes de quebradas	3250
	Vivienda en el área monumental (cerro Viejo)	246
EQUIPAMIENTO	Plazas y parques	21
	Instituciones Publicas	08
	grifos	36
	Instituciones educativas	560
	Puesto de salud y Hospitales	19
	Aeropuerto	01
INFRAESTRUCTURA	Redes de agua y desagüe	Redes en todo el distrito
	Alumbrado Publico	Redes en todo el distrito
	Carreteras, Puentes, Avenidas y pistas	Vías en todo el distrito
	Redes de telefonía	Redes en todo el distrito
	Red vial ferroviaria	01

Nota: la figura muestra los elementos expuestos como viviendas, equipamiento e infraestructura. Fuente: Plan de prevención y reducción de riesgo de desastres del distrito de Cerro Colorado (2018).

8.4 Factores ambientales

8.4.1 Impacto por la calidad de aire

Para la realización de las estructuras de tipo rígido (**Muros de concreto Armado en Voladizo**), la calidad del aire se verá afectada negativamente durante la etapa de construcción de la misma. A través de la suspensión del material (**polvo**) que se extenderá en un área determinado.

Imagen 15

Vista General del área de estudio



Nota: la imagen muestra la vista general de la zona del proyecto a mitigar con muros de contención en voladizo).

8.4.2 Impacto por generación de ruidos

El Plan de prevención y reducción de riesgo de desastres del distrito de Cerro Colorado (2018), menciona que durante la etapa de construcción se generará diferentes tipos de ruido en el área del proyecto.

8.4.3 Impacto por contaminación de suelo

Según El Plan de prevención y reducción de riesgo de desastres del distrito de Cerro Colorado (2018), el impacto será positivo ya que en la fase de operación se concentrará en la alteración de la cobertura arbórea de la zona del proyecto.

Imagen 16

Vista del Cauce de Estudio con Presencia de Contaminación de Residuos Solidos



Nota: la imagen muestra elementos de contaminación en el cauce de la zona del proyecto.

Por otra parte, la alteración de la calidad del suelo constituirá un impacto positivo debido a la alteración de la cobertura arbórea presente en la zona del proyecto.

8.4.4 Impacto por contaminación del agua

Imagen 17

Vista General de la Zona de Protección



Nota: la figura muestra la zona de mitigación en el cauce de estudio.

8.5 Condiciones ecológicas

El área de flora y fauna se verá afectada en forma directa pero poco significativos.

8.6 Factores culturales

Uno de los impactos positivos en la zona del proyecto es la mejora de la calidad de vida de los pobladores asentados en las márgenes del cauce de estudio.

Imagen 18

Vista de la longitud del Cauce de Análisis de la Zona de Estudio



Nota: la imagen muestra la zona de estudio donde se emplazarán los muros de contención en voladizo.

8.7 Evaluación de los impactos según la matriz de Leopold

De los impactos referidos anteriormente descritos tanto positivos y negativos se realizó en el cuadro siguiente la matriz de Leopold de Identificación de Impactos.

Tabla 84
Clasificación de Impactos

Mínimo	14 - 28
Bajo	28 - 42
Medio	56 - 84
Alto	98 - 112
Muy Alto	126 - 140

Como consecuencia del estudio, a través de la matriz de Leopold se obtuvo como resultado 24 y según la clasificación de Impactos, es **MINIMO (Efectos Mitigables)**.



Tabla 85
Identificación de Impactos – Matriz de Leopold

IDENTIFICACION DE IMPACTOS - MATRIZ DE LEOPOLD - MURO EN VOLADIZO DE CONCRETO ARMADO																																
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			ETAPA DE CONSTRUCCION								ETAPA DE OPERACIÓN																					
TESIS: "ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO CON EL MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA" LEYENDA: Importancia: Intensidad del Impacto, siendo maximo 10 y minimo 1. Impacto Positivo(+) Impacto Negativo (-) Rango: 1 Mínimo 2 y 3 Bajo 4, 5 y 6 Medio 7 y 8 Alto 9 y 10 Muy Alto			Actividades Preliminares		Actividades Especificas																											
			Limpieza y desbroce	Trazo y Replanteo	Instalación de Campamento	Instalación de Servicios de energía eléctrica, agua y tetrinaas	Transporte de Materiales a la Obr	Movimiento de Tierras	Construcción de los Muros en Voladizo de Concreto Armado	Relleno con Material Propio	Sumatoria de la Etapa de Construcción	Mejora en la Agricultura de la Zona	Efectos sobre el Paisaje	Incremento en los Niveles de Empleo	Incremento en los Servicios	Sumatoria de la Etapa de Operación	Sumatoria de Impactos en la Etapa de Construcción y Operación															
FACTORES AMBIENTALES	CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS	COMPONENTES	ATRIBUTOS		1	2	3	4	5	6	7	8		1	2	3	4															
		CONDICIONES ECOLÓGICAS	FLORA	1 Cobertura Vegetal	1	-2	1	3	2	1	1	2	4	-1	10	6	5			11	21											
2 Ecosistema	1	1	1	3	2	1	2	1	2	11	6	5	11	6	5			11	22													
2	2	-2	-1	-1	-2	-4	-2	-2	-2	-14	-1	-1	-2	-2	-2			-2	-16													
FAUNA	1 Habitats	2	1	1	2	2	2	1	4	15	4	4	8	4	4			8	23													
2 Diversidad	1	1	1	1	1	1	1	1	2	9			0					9	-20													
			-1	-1	-1	-3	-3	-2	-1	-13			0					0	-13													
TERRITORIO	1 Vivienda	0								0			0					0	0													
2 Agricultura	0									0			0					0	0													
3 Ganaderia	0									0			0					0	0													
4 Zona Arqueologica	0									0			0					0	0													
ESTETICA	1 Paisaje	1	1	1	1	3	1	2	1	11	1	2	1	2	6	17		6	17													
			-1	-1	-2	-1	-5	-3	-3	-17	-1	-1	-1	-2	-5	-22		-5	-22													
NIVEL SOCIAL	1 Salud de la Poblacion			1			1			2	3		3	3	5			3	5													
2 Salud de Trabajadores						1				2	2		2	2	1			3	5													
3 Empleo	1	1		2	2		-1			-2			-2	-1				-2	-4													
4 Calidad de Vida	1	1								13	3		3		2			5	18													
5 Patrones Culturales			-1	-1		-1	-1			-7			3	-2				-3	-10													
6 Actividad Comercial	1	1								5			5		2			5	10													
			-1	-1						-3			0		-1			-3	-6													
SERVICIO	1 Red de Transporte					1		3	5	9	3		3					3	12													
							-2			-6			0					-1	-7													
Sumatoria de los Impactos por Actividad			11	7	7	19	19	10	18	47	138	50	26	4	4	84	222	-15	-12	-10	-20	-34	-20	-27	-26	-164	-19	-9	-3	-3	-34	-198



CAPITULO IX

9 COSTOS Y PRESUPUESTOS

9.1 Presupuesto

En el presente proyecto se analizó el costo de la Alternativa seleccionada de Obras de Tipo Rígido (Muro de Contención en Voladizo de Concreto Armado) y el tiempo de su respectivo tiempo de ejecución, utilizando el Software S10 para los presupuestos con sus respectivas partidas y análisis de costos unitarios.

9.2 Metrados

Una vez contando ya con las partidas necesarias para la elaboración de los diferentes tipos de defensas ribereñas, se procedió a realizar sus correspondientes metrados con apoyo de los planos generales y detallados. Con respecto a los volúmenes de tierra se presenta el metrado con la ayuda del **Software Civil 3D**.

PARTIDA	CONCRETO ZAPATA $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$					UNIDAD	M3
Grafico	Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)		
	Muro Contención Zapata I	6.00	10.00	2.50	0.50		12.50
						Total	75.00
PARTIDA	CONCRETO PANTALLA $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$					UNIDAD	M3
Grafico	Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)		
	Muro Contención Pantalla I	6.00	10.00	0.40	3.50		12.25
						Total	73.50
PARTIDA	CONCRETO DENTILLON $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$					UNIDAD	M3
Grafico	Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)		
	Dentellón	6.00	10.00	0.40	0.50		2.00
						Total	12.00
PARTIDA	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO ZAPATA					UNIDAD	M2
Grafico	Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)		
	Zapata Posterior	6.00	10.00		0.50		10.00
	Zapata Anterior	6.00		2.50	0.50		2.50
						Total	75.00

PARTIDA	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PANTALLA					UNIDAD	M2
Grafico	Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)		
	Pantalla Posterior	6.00	10.00	0.40	3.50		2.45
	Pantalla Anterior	6.00	10.00		3.50		70.03
						Total	434.87

ELEMENTO	DISEÑO ELEMENTO	Ø	NUMERO ELEMENTOS IGUALES	LONG. POR PZA (m)	LONGITUD (METROS LINEALES DE VARILLAS)					
					1/4" (2)	3/8" (3)	1/2" (4)	5/8" (5)	3/4" (6)	1" (7)
					m	m	m	m	m	m
PANTALLA POSTERIOR										
	4	34	3.52	0	0	119.68	0	0	0	
	5	13	9.85	0	0	0	128.05	0	0	
	4	1	9.85	0	0	9.85	0	0	0	
PANTALLA ANTERIOR										
	6	41	3.52	0	0	0	0	144.32	0	
	5	12	9.85	0	0	0	118.2	0	0	
	4	1	9.85	0	0	9.85	0	0	0	
MALLA INFERIOR										
	5	34	2.72	0	0	0	92.48	0	0	
	5	9	9.85	0	0	0	88.65	0	0	
MALLA SUPERIOR										
	5	34	2.72	0	0	0	92.48	0	0	
	5	8	9.85	0	0	0	78.8	0	0	
DENTILLON										
	3	100	1.91	0	191.00	0	0	0	0	
	3	4	9.85	0	39.40	0	0	0	0	
	4	34	1.10	0	0	37.4	0	0	0	
	6	41	2.10	0	0	0	0	86.1	0	
LONGITUD (m)				0.00	230.40	176.78	598.66	230.42	0.00	
PESO (Kg/m)				0.25	0.56	0.99	1.56	2.24	4.04	
#2				0						
#3					129.024					
#4						175.01				
#5							933.91			
#6								516.14		
#7									0	
Desperdicios				0.00	12.90	17.50	93.39	51.61	0.00	
PESO TOTAL (Kg)				1929.50						

9.3 Análisis de precios unitarios

La ejecución de los análisis de precios unitarios (APU) del proyecto, se dan conforme al desarrollado de los precios actuales y rendimientos. Realizados en el programa de **costos y presupuestos S10**.

9.4 Gastos generales

Se consideró **LAS SIGUIENTES** etapas para el presente proyecto:

9.4.1. Movilización y desmovilización

Movilización y desmovilización de equipos.

9.4.2. Tarifa de equipo

Precios de equipo de acuerdo a la capacidad, potencia y gastos.

9.4.3. Gastos de personal administrativo

Gastos económicos del personal, mobiliario, seguridad, etc.

9.4.4. Gastos por flete de insumos de obra

Adquisición de materiales del proyectar un gasto.

9.5 Utilidades

El costo de la utilidad es variable. En este proyecto será de 7% con relación al costo directo.

9.6 Presupuesto general

El Costo Directo asciende a la suma de: S/. 247,665.85 (**DOSCIENTOS CUARENTA Y SIETE MIL SEISCIENTOS SESENTA Y CINCO Y 85/100 NUEVOS SOLES**)

Presupuesto

Presupuesto 1301001 PROYECTO DE OBRAS DE TIPO RIGIDO - MUROS DE CONTENSION
 Subpresupuesto 001 PROYECTO DE DEFENSAS RIBEREÑAS - MUROS DE CONTENSION
 Cliente VILLEGAS MASIAS, MEYLING NAYHAM Costo al 11/12/2021
 Lugar AREQUIPA - AREQUIPA - CERRO COLORADO

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
01	OBRAS PROVISIONALES Y PRELIMINARES				12,484.08
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.0 X 2.4 m	und	1.00	1,500.00	1,500.00
01.02	CASETA ADICIONAL FIGUARDIANA Y DEPOSITO	m2	40.00	128.82	5,152.80
01.03	CERCO PROVISIONAL DE OBRA O MALLA ARPILLERA	m	60.00	16.55	993.00
01.04	MOVILIZACION DE MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS PARA LA OBRA	gb	1.00	4,838.28	4,838.28
02	TRABAJOS PRELIMINARES				1,846.00
02.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	150.00	2.80	420.00
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	150.00	3.50	525.00
02.03	AGUA PARA LA OBRA	gb	1.00	1,000.00	1,000.00
03	SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA				6,600.00
03.01	ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD	gb	1.00	500.00	500.00
03.02	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	gb	1.00	1,500.00	1,500.00
03.03	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	gb	1.00	1,500.00	1,500.00
03.04	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	gb	1.00	1,500.00	1,500.00
03.05	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD	gb	1.00	1,500.00	1,500.00
04	MOVIMIENTO DE TIERRAS				1,822.60
04.01	DESCOLMATAION CON MAQUINARIA	m3	100.00	4.14	414.00
04.02	EXCAVACION MASIVA CON MAQUINA EN MATERIAL CONGLOMERADO	m3	50.00	8.32	416.00
04.03	NIVELACION INT. Y APISONADO MANUAL	m2	150.00	5.50	825.00
04.04	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIA	m3	50.00	5.35	267.50
05	CONCRETO ARMADO				162,277.27
05.01	CONCRETO MURO FC=210 KG/CM2	m3	180.50	433.73	69,613.67
05.02	ENCOFRADO Y DEBENCOFRADO DE ESTRUCTURA CARA VISTA	m2	509.90	53.59	27,325.54
05.03	ACERO ESTRUCTURAL TRABAJADO PARA MUROS FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	11,577.00	4.78	55,338.06
06	JUNTAS				1,888.78
06.01	JUNTAS DE DILATAION EN MURO	m	32.00	52.18	1,669.76
07	LIMPIEZA FINAL DE OBRA				525.00
07.01	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m2	150.00	3.50	525.00
08	OTROS				2,068.40
08.01	DRENAJE DE MURO CON TUBERIA 4 PULGADAS	m	60.00	34.44	2,066.40
	COSTO DIRECTO				178,890.01
	GASTOS GENERALES (10%CD)				17,889.00
	UTILIDADES (7%CD)				12,667.30
	SUB TOTAL				209,446.31
	IGV (18%)				37,778.54
	PRESUPUESTO TOTAL				247,224.85

SON : DOSCIENTOS CUARENTISIETE MIL SEISCIENTOS SESENTICINCO Y 86/100 NUEVOS SOLES

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1301001	PROYECTO DE OBRAS DE TIPO RIGIDO - MUROS DE CONTENSION					
Subpresupuesto	001	PROYECTO DE DEFENSAS RIBERENAS - MUROS DE CONTENSION					
Partida	01.01	(010301090106-1301001-01)	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.8 X 2.4 m				
					Costo unitario directo por:	und	1,500.00
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Materiales							
02901500080003	CARTEL DE OBRA TIPO BANNER		und	1.0000	1,500.00	1,500.00	
						1,500.00	
Partida	01.02	(010122020113-1301001-01)	CASETA ADICIONAL PIGUARDIANA Y DEPOSITO				
					Costo unitario directo por:	m2	128.82
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.0200	22.11	0.44	
0101010003	OPERARIO		hh	0.4000	20.10	8.04	
0101010004	OFICIAL		hh	0.4000	15.50	6.20	
0101010005	PEON		hh	0.8000	14.84	11.87	
						28.96	
Materiales							
02041200010011	CLAVOS CON CABEZAS 1/2", 3", 4"		kg	0.1500	2.64	0.40	
0207030001	HORMIGON		m3	0.0950	40.02	2.60	
02100500020002	ARPILLERA DE POLIETILENO DE 2M DE ALTURA		m	1.0000	3.50	3.50	
0231010003	MADERA TORNILLO RIENCOFRADO		p2	3.8000	6.51	24.74	
02310500010007	TRIPLAY LUPUNA 4 x 8 x 2 mm		pln	0.5500	86.03	47.32	
0287110030	CALAMINA GALVANIZADA 1.83 X 0.83 X 0.22 MM		pln	0.9000	25.00	22.50	
						101.08	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		0.81	0.81	
						0.81	
Partida	01.03	(010301090208-1301001-01)	CERCO PROVISIONAL DE OBRA CIMALLA ARPILLERA				
					Costo unitario directo por:	m	16.55
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.0160	22.11	0.35	
0101010004	OFICIAL		hh	0.1600	15.50	2.48	
0101010005	PEON		hh	0.4800	14.84	7.12	
						10.11	
Materiales							
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16		kg	0.0500	2.46	0.12	
02100500020002	ARPILLERA DE POLIETILENO DE 2M DE ALTURA		m	0.0051	3.50	0.02	
0270170002	PUNTALES DE EUCAUPTO DE 3.0M		pza	0.4000	15.00	6.00	
						8.14	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		0.30	0.30	
						0.30	
Partida	01.04	(010301080105-1301001-01)	MOVILIZACION DE MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS PARA LA OBRA				
					Costo unitario directo por:	gib	4,838.28
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0101010005	PEON		hh	48.0000	14.84	712.32	
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		hh	32.0000	20.12	643.84	
						1,356.16	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		40.68	40.68	
03012200010002	CAMION PLATAFORMA 4 X 2 140 - 210 HP 19 TON		hm	8.0000	169.19	1,353.52	
0301220010	CAMION VOLQUETE 4 X 2 140 - 210 HP 6M3		hm	8.0000	260.99	2,087.92	
						3,482.12	

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1301001 PROYECTO DE OBRAS DE TIPO RIGIDO - MUROS DE CONTENSION

Subpresupuesto 001 PROYECTO DE DEFENSAS RIBEREÑAS - MUROS DE CONTENSION

Partida 02.01 (010601000308-1301001-01) TRAZO Y REPLANTEO Costo unitario directo por: m2 2.80

Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
0101010002	CAPATAZ		hh	0.0018	22.11	0.04
0101010005	PEON		hh	0.0533	14.84	0.79
0101030000	TOPOGRAFO		hh	0.0178	22.85	0.40
1.23						
Materiales						
02130300010002	YESO EN BOLSBAS DE 25 KG		bol	0.0500	15.20	0.91
0231010001	MADERA TORNILLO		p2	0.0470	4.95	0.23
1.14						
Equipos						
0301000011	TEODOLITO		hm	0.0178	12.34	0.22
0301000023	NIVEL TOPOGRAFICO		hm	0.0178	9.80	0.17
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		Nmo		0.04	0.04
0.43						

Partida 02.02 (010101000202-1301001-01) LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL Costo unitario directo por: m2 3.50

Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
0101010002	CAPATAZ		hh	0.0073	22.11	0.16
0101010005	PEON		hh	0.2182	14.84	3.24
3.40						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		Nmo		0.10	0.10
0.10						

Partida 02.03 (010818010108-1301001-01) AGUA PARA LA OBRA Costo unitario directo por: glb 1,000.00

Código	Descripción Recurso	Materiales	Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
0290130023	AGUA		glb	1.0000	1,000.00	1,000.00
1,000.00						

Partida 03.01 (010600010118-1301001-01) ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Costo unitario directo por: glb 500.00

Código	Descripción Recurso	Materiales	Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
0258040019	ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO		glb	1.0000	500.00	500.00
500.00						

Partida 03.02 (010601030114-1301001-01) EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL Costo unitario directo por: glb 1,500.00

Código	Descripción Recurso	Materiales	Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
0258040020	EQUIPO DE PROTECCION INDIVIDUAL		glb	1.0000	1,500.00	1,500.00
1,500.00						

Partida 03.03 (010601030115-1301001-01) EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA Costo unitario directo por: glb 1,500.00

Código	Descripción Recurso	Materiales	Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
0258040021	EQUIPO DE PROTECCION COLECTIVA		glb	1.0000	1,500.00	1,500.00
1,500.00						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1301001	PROYECTO DE OBRAS DE TIPO RIGIDO - MUROS DE CONTENSION					
Subpresupuesto	001	PROYECTO DE DEFENSAS RIBERENAS - MUROS DE CONTENSION					
Partida	03.04	(010316010603-1301001-01)	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	Costo unitario directo por:		glb	1,500.00
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cantidad	Precio Si.	Porcentaje
			Materiales				
02071100040007	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD			glb	1.0000	1,500.00	1,500.00
							1,600.00
Partida	03.05	(010316010604-1301001-01)	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD	Costo unitario directo por:		glb	1,500.00
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cantidad	Precio Si.	Porcentaje
			Materiales				
02071100040008	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD			glb	1.0000	1,500.00	1,500.00
							1,600.00
Partida	04.01	(010104010628-1301001-01)	DESCOLMATACION CON MAQUINARIA	Costo unitario directo por:		m3	4.14
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cantidad	Precio Si.	Porcentaje
			Mano de Obra				
0101010002	CAPATAZ			hh	0.0044	22.11	0.10
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO			hh	0.0044	20.12	0.09
							0.19
			Equipos				
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		0.01	0.01
03011800020002	TRACTOR DE ORUGAS DE 300-330 HP			hm	0.0089	443.16	3.94
							3.95
Partida	04.02	(010104011002-1301001-01)	EXCAVACION MASIVA CON MAQUINA EN MATERIAL CONGLOMERADO	Costo unitario directo por:		m3	8.32
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cantidad	Precio Si.	Porcentaje
			Mano de Obra				
0101010004	OFICIAL			hh	0.0200	16.50	0.33
0101010005	PEDON			hh	0.0500	14.84	0.89
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO			hh	0.0200	20.12	0.40
							1.82
			Equipos				
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		0.05	0.05
03011700010006	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 170-250 HP			hm	0.0200	332.36	6.85
							8.70
Partida	04.03	(010104010616-1301001-01)	NIVELACION INT. Y APISONADO MANUAL	Costo unitario directo por:		m2	5.50
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cantidad	Precio Si.	Porcentaje
			Mano de Obra				
0101010002	CAPATAZ			hh	0.0080	22.11	0.18
0101010003	OPERARIO			hh	0.0800	20.10	1.61
0101010005	PEDON			hh	0.0800	14.84	1.19
							2.98
			Materiales				
02041200010012	CLAVOS CON CABEZA DE 3"			kg	0.0100	2.64	0.03
0231010001	MADERA TORNILLO			p2	0.0300	4.96	0.15
							0.18
			Equipos				
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		0.09	0.09
0301100007	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 4 HP			hm	0.0800	28.15	2.25
							2.34

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1301001 PROYECTO DE OBRAS DE TIPO RIGIDO - MUROS DE CONTENSION
Subpresupuesto 001 PROYECTO DE DEFENSAS RIBEREÑAS - MUROS DE CONTENSION

Partida	04.04	(010104020213-1301001-01)	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIA	Costo unitario directo por:		m3	5.35
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Partida \$/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.0009	22.11	0.02	
0101010004	OFICIAL		hh	0.0094	15.50	0.15	
0101010005	PEON		hh	0.0188	14.84	0.28	
0.48							
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		0.01	0.01	
0301040004	MOTOBOMBA 3.5 HP 2"		hm	0.0094	5.05	0.05	
03011000060003	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10 - 12 TON		hm	0.0094	151.39	1.42	
03012000010004	MOTONIVELADORA 145 - 150 HP		hm	0.0094	207.93	1.95	
0301220011	CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 2,000 GL		hm	0.0094	154.51	1.45	
4.89							

Partida	05.01	(010105010427-1301001-01)	CONCRETO MURO FC=210 KG/CM2	Costo unitario directo por:		m3	433.73
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Partida \$/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.0800	22.11	1.77	
0101010003	OPERARIO		hh	1.6000	20.10	32.16	
0101010004	OFICIAL		hh	1.6000	15.50	25.40	
0101010005	PEON		hh	8.0000	14.84	118.72	
178.05							
Materiales							
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"		m3	0.5300	51.34	27.21	
02070200010002	ARENA GRUESA		m3	0.5200	42.34	22.02	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol	9.7400	18.85	181.65	
0290130004	AGUA, INCLUYE TRANSPORTE A PIE DE OBRA		m3	0.1850	15.00	2.78	
233.88							
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.37	5.37	
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"		hm	0.8000	6.81	5.45	
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11 P3		hm	0.8000	12.75	10.20	
21.02							

Partida	05.02	(010313090228-1301001-01)	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESTRUCTURA CARA VISTA	Costo unitario directo por:		m2	53.59
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Partida \$/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.0800	22.11	1.77	
0101010003	OPERARIO		hh	0.8000	20.10	16.08	
0101010004	OFICIAL		hh	0.8000	15.50	13.20	
31.05							
Materiales							
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8		kg	0.1200	2.45	0.30	
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"		kg	0.2200	2.64	0.58	
0231010001	MADERA TORNILLO		p2	4.1800	4.95	20.73	
21.61							
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		0.93	0.93	
0.88							

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1301001 PROYECTO DE OBRAS DE TIPO RIGIDO - MUROS DE CONTENSION
Subpresupuesto 001 PROYECTO DE DEFENSAS RIBERENAS - MUROS DE CONTENSION

Partida	06.08	(010107010202-1301001-01)	ACERO ESTRUCTURAL TRABAJADO PARA MUROS FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	Costo unitario directo por:		kg	4.78
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.		Porcentaje
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.0053	22.11		0.12
0101010003	OPERARIO		hh	0.0533	20.10		1.07
0101010004	OFICIAL		hh	0.0533	16.50		0.88
							2.07
Materiales							
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16		kg	0.0700	2.46		0.17
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm ² GRADO 60		kg	1.0500	2.36		2.48
							2.86
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		0.06		0.06
							0.06

Partida	06.01	(010808010202-1301001-01)	JUNTAS DE DILATACION EN MURO	Costo unitario directo por:		m	52.18
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.		Porcentaje
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.0100	22.11		0.22
0101010004	OFICIAL		hh	0.1000	16.50		1.65
0101010005	PEON		hh	0.1000	14.84		1.48
							3.36
Materiales							
0210060002	WATER STOP 58"		m	1.0500	46.41		48.73
							48.73
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		0.10		0.10
							0.10

Partida	07.01	(010101030205-1301001-01)	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	Costo unitario directo por:		m ²	3.50
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.		Porcentaje
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.0073	22.11		0.16
0101010005	PEON		hh	0.2182	14.84		3.24
							3.40
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		0.10		0.10
							0.10

Partida	08.01	(011001080105-1301001-01)	DRENAJE DE MURO CON TUBERIA 4 PULGADAS	Costo unitario directo por:		m	34.44
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.		Porcentaje
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO		hh	0.1778	20.10		3.57
0101010005	PEON		hh	0.3556	14.84		5.28
							8.86
Materiales							
0207010009	GRAVILLA		m ³	0.3400	45.00		15.30
0248250002	TUBO PVC GAL 4" X 3M		pza	0.5000	20.03		10.02
							25.32
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		0.27		0.27
							0.27



CAPITULO X
10 CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

10.1 Conclusiones

- 10.1.1 La recopilación de los modelos digitales de elevación ASTER GDEM v1 y ALOS PALSAR para realizar la delimitación de la cuenca en estudio con ayuda de un software GIS (ArcGIS), han demostrado mejores resultados de las características fisiográficas y geomorfológicas para un tamaño de pixel 12.5 x 12.5 m; teniendo valores como: el área de la cuenca de 7.6 km² y la pendiente media de la cuenca delimitada de 0.2 m/m.
- 10.1.2 Para la formulación del presente estudio, se ha elegido los resultados del Modelo Probabilístico, la Distribución Pearson Tipo III, dado que según la prueba de bondad y ajuste Smirnov – Kolmogorov dicha distribución de probabilidad se ajusta satisfactoriamente a los datos de la muestra T=5 (31.4 mm), T=25 (55.7 mm), T= 50 (63.6 mm) y T=100 (71.1 mm) años. De acuerdo a los términos de referencia (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, MTC) que pide registros de lluvias como mínimo de 25 años, de las cuales se ha escogido como datos de Precipitación Máxima de 24 horas de la Estación Corpac con un registro de 25 años (1993 - 2016).
- 10.1.3 Para tener la lluvia de diseño, se ha considerado un factor de ajuste de 1,13 para las diferentes precipitaciones máximas de 24 horas en función de diferentes periodos de retorno de la estación Corpac, con la finalidad de obtener un valor más representativo a la realidad, según las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).
- 10.1.4 Se utilizó el modelo numérico hidráulico IBER para la determinación de zonas de inundación para diferentes periodos de retorno T=5 (11.3 m³/s), T=25 (22.6 m³/s), T= 50 (30.1 m³/s) y T=100 (39.8 m³/s) en el

asentamiento humano del sector APIPA I, como zona susceptible a inundaciones.

10.1.5 El nivel de riesgo en la zona en que la población se ha establecido (APIPA-SECTOR 6, Distrito de Cerro Colorado, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa), en el cauce de la Quebrada Estanquillo, es de MUY ALTO; comprometiendo a la población, así como a la inversión hecha por los pobladores de la zona, en sus predios.

10.1.6 Las inundaciones suelen ser de carácter crítico para la población asentada en el cauce de la quebrada Estanquillo, debido a la precariedad de algunas viviendas, las cuales representan no sólo pérdida económica para los dueños de las mismas, sino también porque debido a la crecida de avenidas (para un $Q = 39.8 \text{ m}^3/\text{s}$ en un $Tr = 100$ años) se genera el arrastre del material de la zona generando otro peligro hidrometeorológico

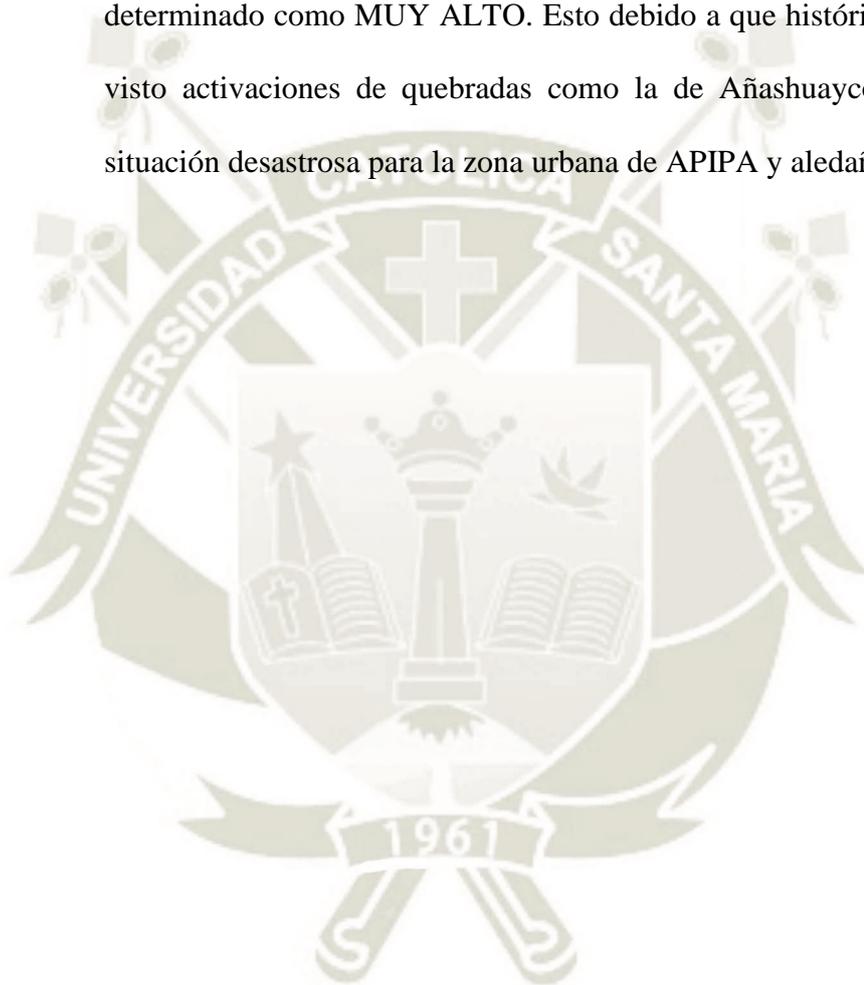
10.1.7 Al tomarse medidas preventivas para mitigar el nivel de riesgo en la zona, como lo son los muros de contención de 4 a 5m, considerando la socavación de los mismos ($hs=0.58$ m a un período de retorno de 500 años) y mostrando su viabilidad; se puede proteger a la población establecida en la zona evitando pérdidas humanas y económicas para la gente que no presenta mucho sustento monetario en el lugar

10.2 Recomendaciones

10.2.1 En primera instancia, se recomienda realizar el análisis hidrológico e hidráulico en función de la activación de las quebradas para flujos de detritos (huaycos) ya que se evidenció el riesgo al que está expuesto el sector APIPA I.

- 10.2.2 Se debe tener información topográfica actualizada cada cierto tiempo, a detalle (cada 1m) del tramo del cauce en estudio para no tener complicaciones al momento de generar el modelo digital de elevación (DEM). Esto debido a la constante erosión a la que se somete la zona, así como la acción antropomórfica por parte de la población (Desmonte y basura en el cauce).
- 10.2.3 Se recomienda evaluar las potencialidades del modelo numérico IBER ya que cada cierto tiempo se actualiza y presentan mejores capacidades de procesamiento bidimensional.
- 10.2.4 Se ha evidenciado que en estudios anteriores sobre la quebrada Estanquillo el ancho de faja marginal, como área intangible, deberá ser actualizado en estudios posteriores que nos indiquen áreas inmediatamente superiores al cauce; no permitiendo así el asentamiento de futuros pobladores a través de información clara y objetiva.
- 10.2.5 Un ordenamiento territorial en la zona es imposible, ya que la población asentada no permite una reubicación; sin embargo, se puede concientizar a la población a través de charlas sobre prevención en caso de inundaciones en la zona; esto acompañado de alguna defensa ribereña (de preferencia muros de contención) implementada por parte de las autoridades municipales de Cerro Colorado.
- 10.2.6 Se puede implementar un programa de reforestación en la zona, así como la concientización sobre los desechos en el cauce, evitando el arrastre de los mismos en el caso en que se dé una crecida de avenida en la Quebrada Estanquillo en temporada de lluvias.

10.2.7 Es viable el implementar un programa de inspección en la zona, para evitar más asentamiento de pobladores a lo largo del cauce; ya que al haber una zona invadida ya establecida como urbana, puede promover a que más pobladores por la situación precaria al necesitar una vivienda, se ubiquen tramos más abajo generando un riesgo que ya bajo el estudio se ha determinado como MUY ALTO. Esto debido a que históricamente se ha visto activaciones de quebradas como la de Añashuayco, siendo esta situación desastrosa para la zona urbana de APIPA y aledaños.





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (2014).” Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento Ley N°29338”. Lima, Perú. Sexta edición.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (2015). Plan de Gestión de Recursos Hídricos en la cuenca Quilca – Chili.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (2018). “Delimitación de Faja Marginal por Huella Máxima con Modelamiento Hidráulico del cauce del rio Sama, Distritos de Inclan – Sama, Provincia y Departamento de Tacna”

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (2018). “Delimitación de Faja Marginal por Huella Máxima con Modelamiento Hidráulico del tributario majes: Cauce de la quebrada Huario, distrito de Aplao, Provincia de Castilla y Departamento de Arequipa”

APARICIO (2006). “Fundamentos de Hidrología de Superficie”.

BLADE, E. (2005). Modelación de flujo en lámina libre sobre cauces naturales. Análisis integrado con esquemas en volúmenes finitos en una y dos dimensiones. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya, Departament d’Enginyeria Hidráulica, Marítima i Ambiental. Barcelona, España.

CHEREQUE MORAN, W. (1986). Hidrología para estudiantes de ingeniería civil. Lima:

CHOW V.T MAIDMENT D.R., Y MAYS L.W. (1994). “Hidrología aplicada”. Editorial Mc Graw Hill. Bogotá, Colombia. Primera edición.

CHOW V.T MAIDMENT D.R., Y MAYS L.W. (1994). “Hidráulica de canales abiertos”. Editorial Mc Graw Hill. Bogotá Colombia.

DELGADO APARICIO. (1994). “Fundamentos de Hidrología de Superficie”. Primera edición.

GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA NACIONAL DE
CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES (2011), Madrid

IBER, (2015). “Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas”, ESPAÑA: Manual de Referencia Hidráulico IBER.

<https://iberaula.es/space/54/downloads>

LLUÉN CHERO W. (2015). “Aplicación de la nueva herramienta HEC-RAS 5.0 para cálculos bidimensionales del flujo de agua en ríos”. Cataluña, España.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES-MTC (2015). “Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje”. Perú.

LINSLEY, R (1975). Hidrología para Ingenieros. Bogotá. McGraw-Hill Latinoamérica S.A. Segunda Edición.

PLAN DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGO DE DESASTRES DEL DISTRITO DE CERRO COLORADO 2018 – 2026.

ROCHA FELICES, A. (2007). Hidráulica de Tuberías y Canales. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. 515.

SANZ-RAMOS, M., CEA, L., BLADÉ, E., LÓPEZ-GÓMEZ, D., SAÑUDO, E., CORESTEIN, G., GARCÍA-ALÉN, G., ARAGÓN-HERNÁNDEZ, JL, (2022) . Iber v3. Manual de referencia e interfaz de usuario de las nuevas implementaciones. Centre Internacional de Mètodes Numèrics a l'Enginyeria (CIMNE), Barcelona, España.

<https://doi.org/10.23967/iber.2022.01>

STEDINGER, J. (1993). Análisis de Frecuencia de Eventos Máximos. Manual de Hidrología. Nueva York. Ed McGraw-Hill.

VILLON BEJAR M. (2002). “Hidrología Estadística”, Editorial Villon. Lima - Perú. Segunda Edición.

VÍCTOR OLAYA (2020). Sistemas de Información Geográfica.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS (2016): HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual. Version 5.0.5.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS (2016): HEC-RAS River Analysis System 2D Modeling User's Manual. Version 5.0.

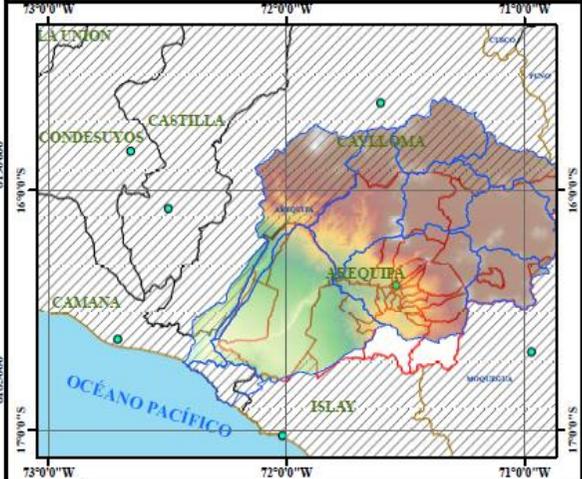
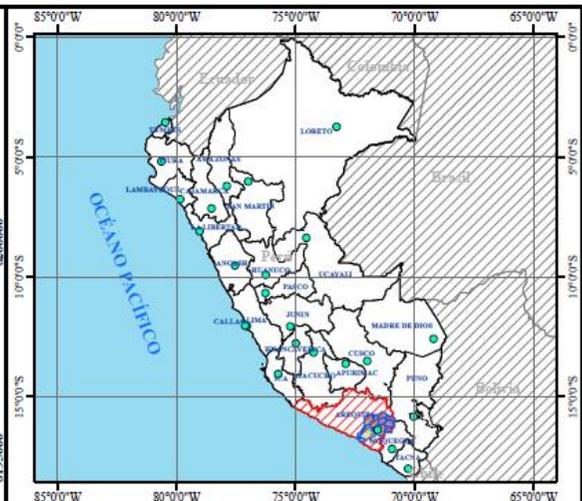
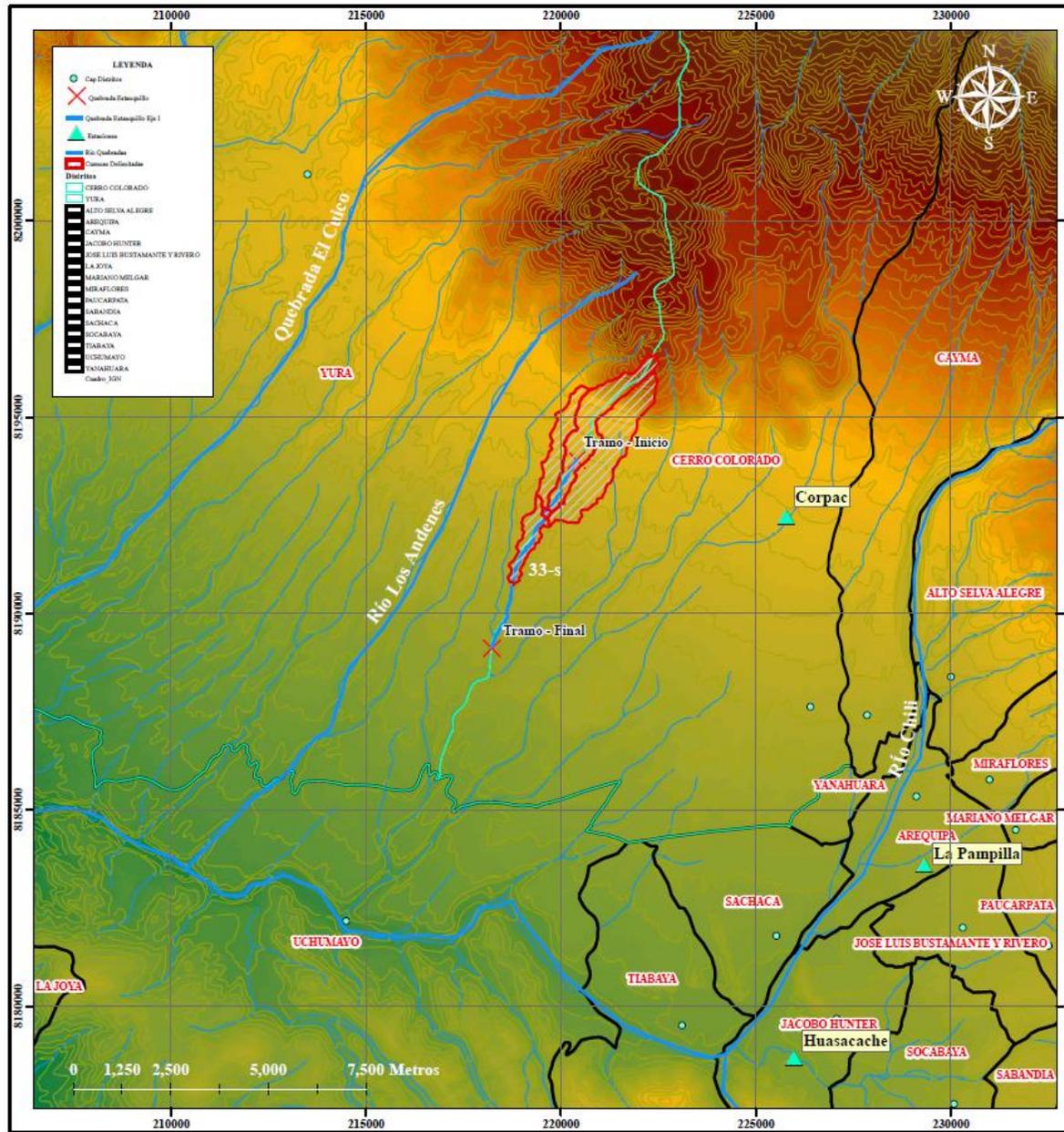
CENEPRED (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales, Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – 2da Versión.

NÉLIDA MANRIQUE LLERENA, DAVID ARTEAGA UTANI - INGEMMET (2022). Evaluación de peligro geológico por lahares (huaycos) en el distrito de Yura.

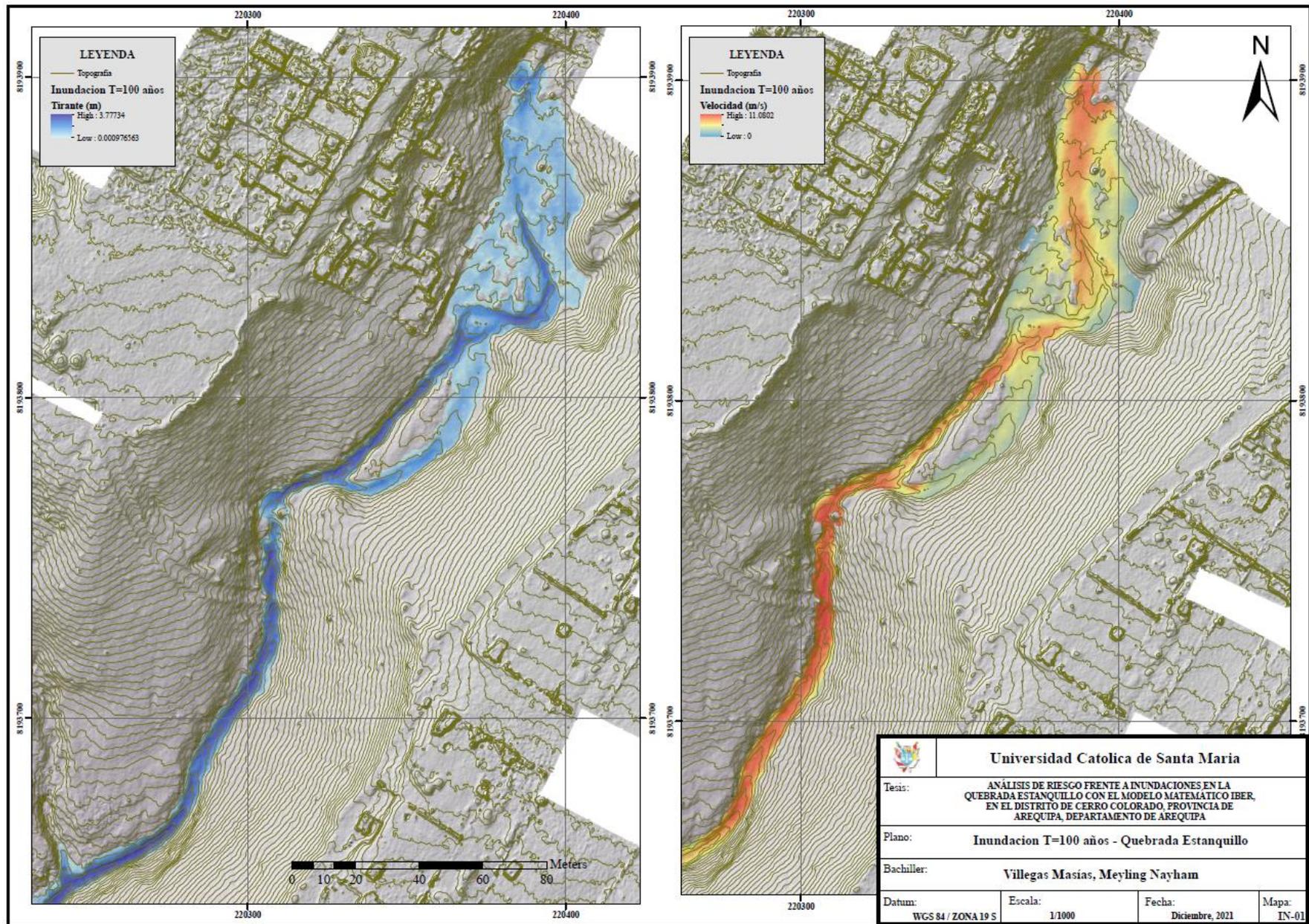
JERSY MARIÑO SALAZAR, MARCO RIVERA PORRAS, JEAN-CLAUDE THOURET, LUISA MACEDO FRANCO – INGEMMET (2016). Geología y Mapa de Peligros del Volcán Misti - Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica N° 60

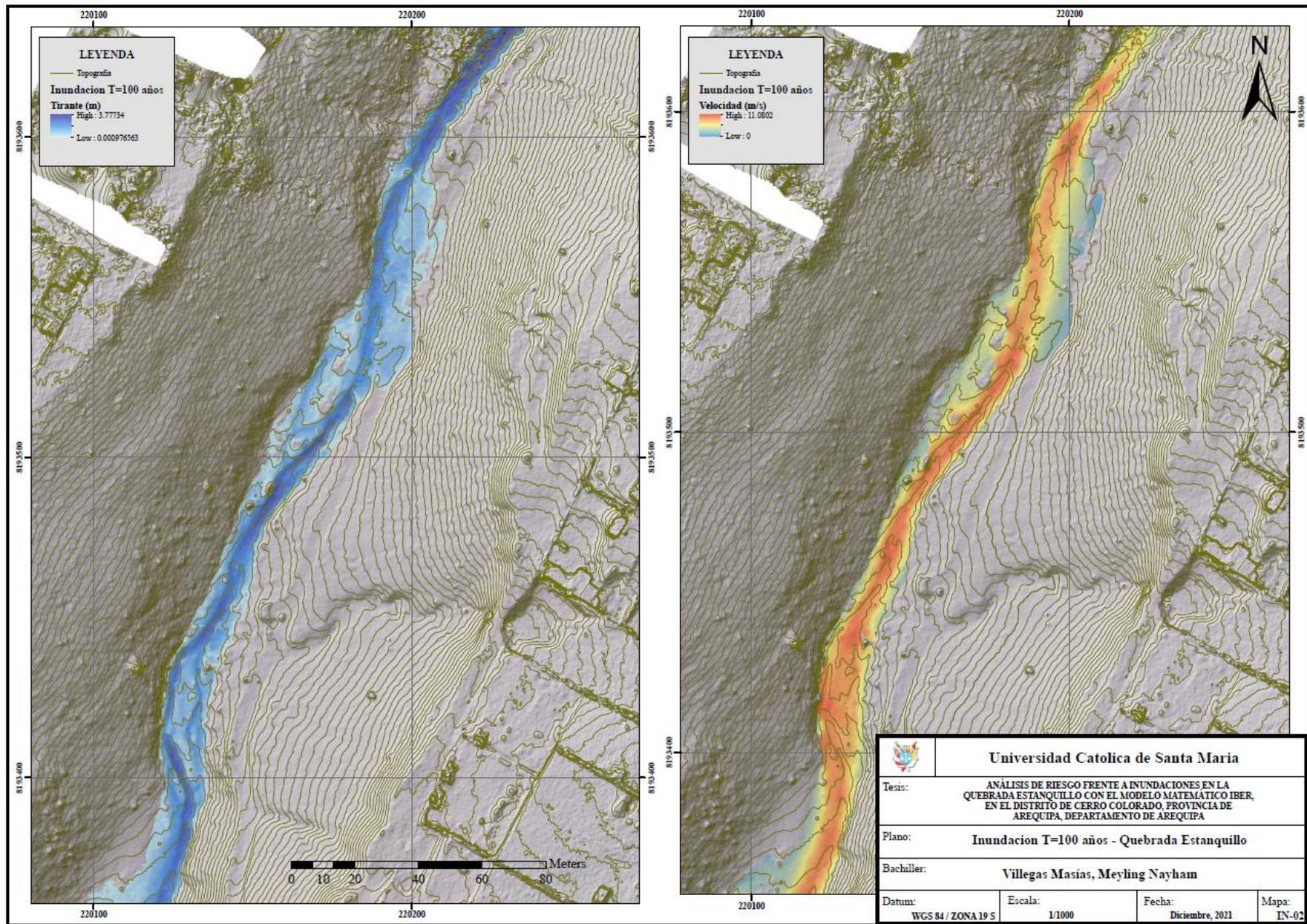


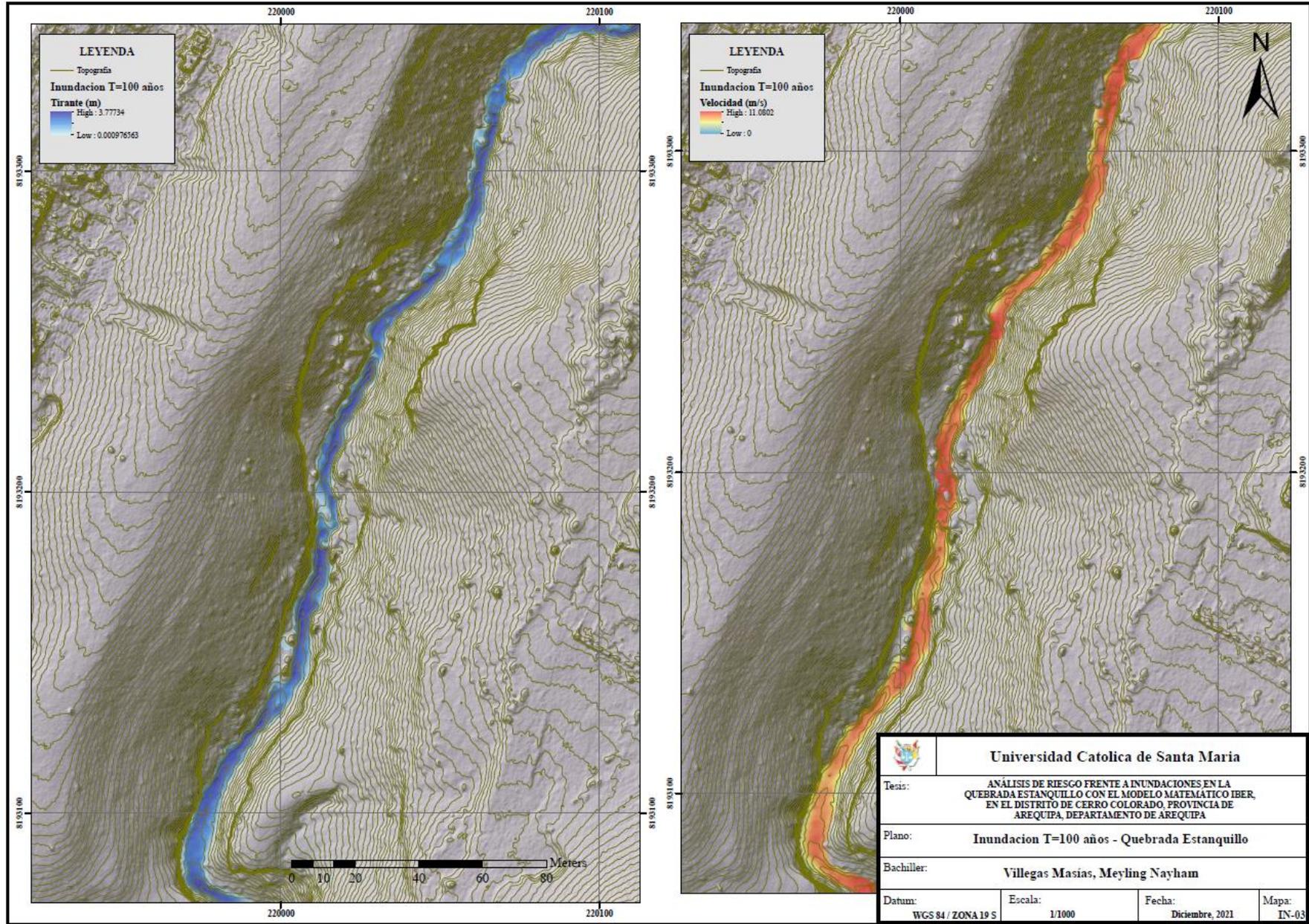
ANEXOS



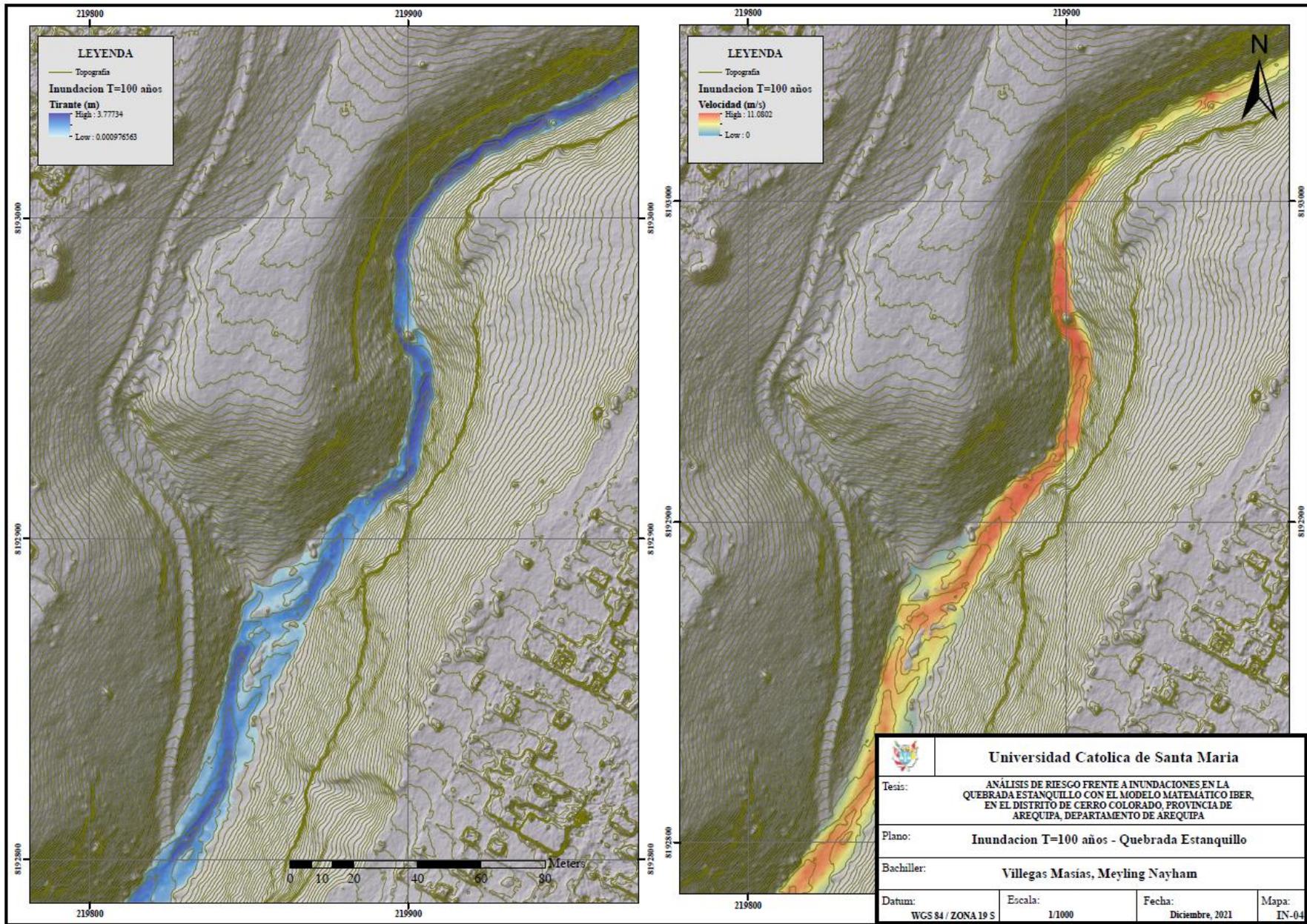
 Universidad Católica de Santa María			
Tesis: ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO CON EL MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA			
Plano: Delimitación de las Cuencas - Quebrada Estanquillo			
Bachiller: Villegas Masias, Meyling Nayham			
Datum: WGS 84 / ZONA 19 S	Escala: 1/100,000	Fecha: Diciembre, 2021	Mapa: H-01



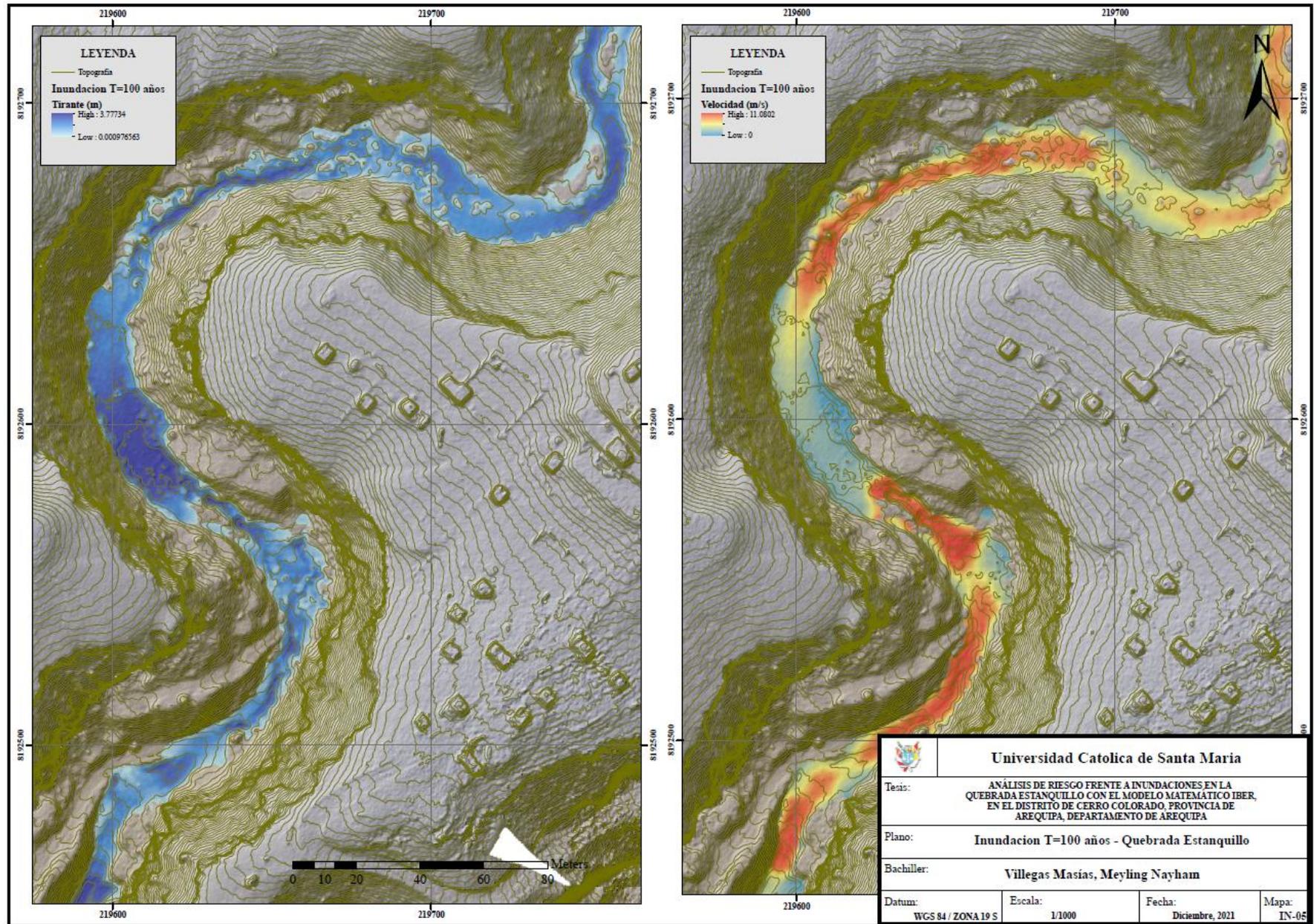


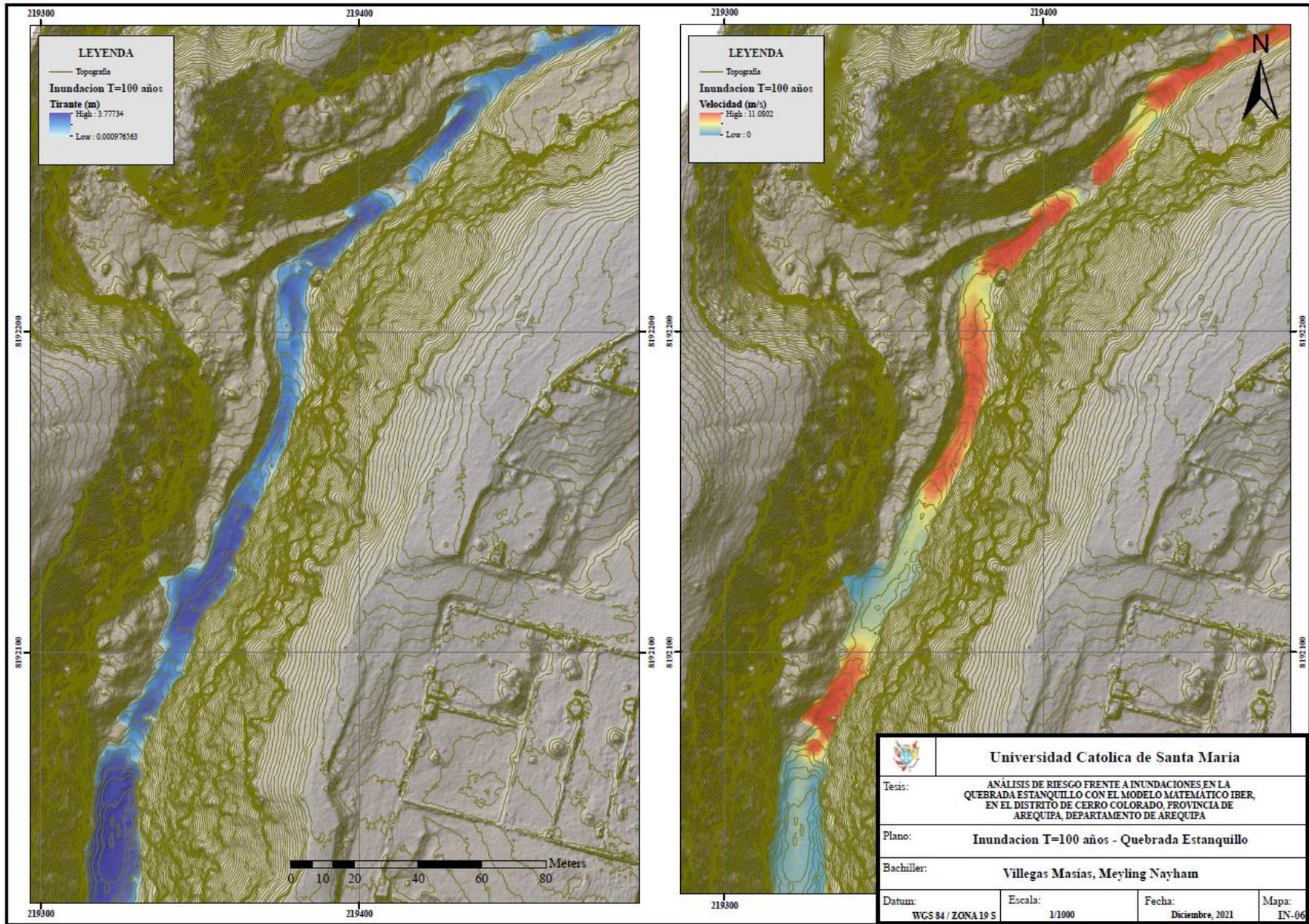


 Universidad Católica de Santa María			
Tesis: ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO CON EL MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA			
Plano: Inundacion T=100 años - Quebrada Estanquillo			
Bachiller: Villegas Masias, Meyling Nayham			
Datum:	Escala:	Fecha:	Mapa:
WGS 84 / ZONA 19 S	1/1000	Diciembre, 2021	IN-03

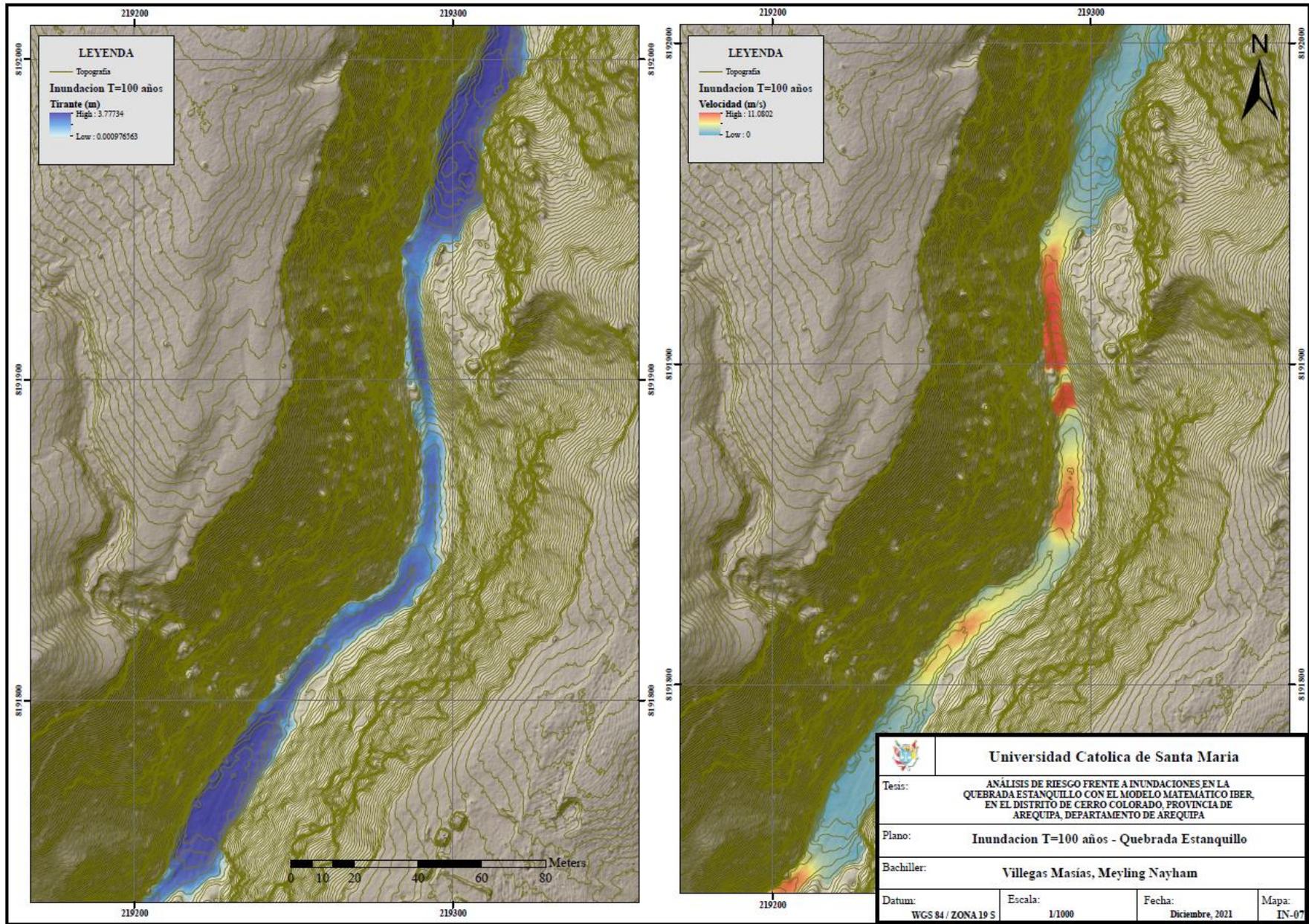


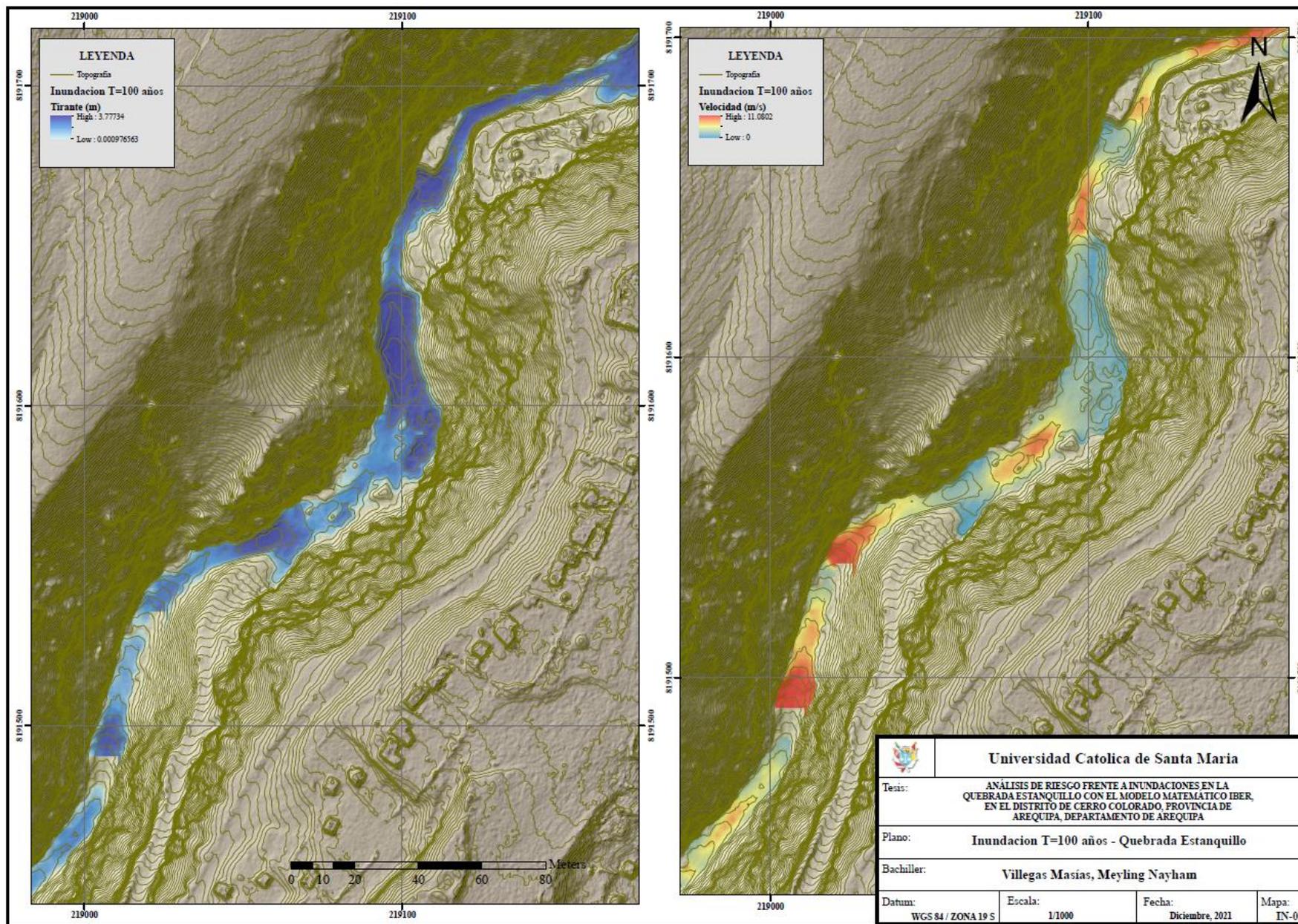
 Universidad Católica de Santa María			
Tesis: ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO CON EL MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA			
Plano: Inundacion T=100 años - Quebrada Estanquillo			
Bachiller: Villegas Masias, Meyling Nayham			
Datum:	Escala:	Fecha:	Mapa:
WGS 84 / ZONA 19 S	1/1000	Diciembre, 2021	IN-04

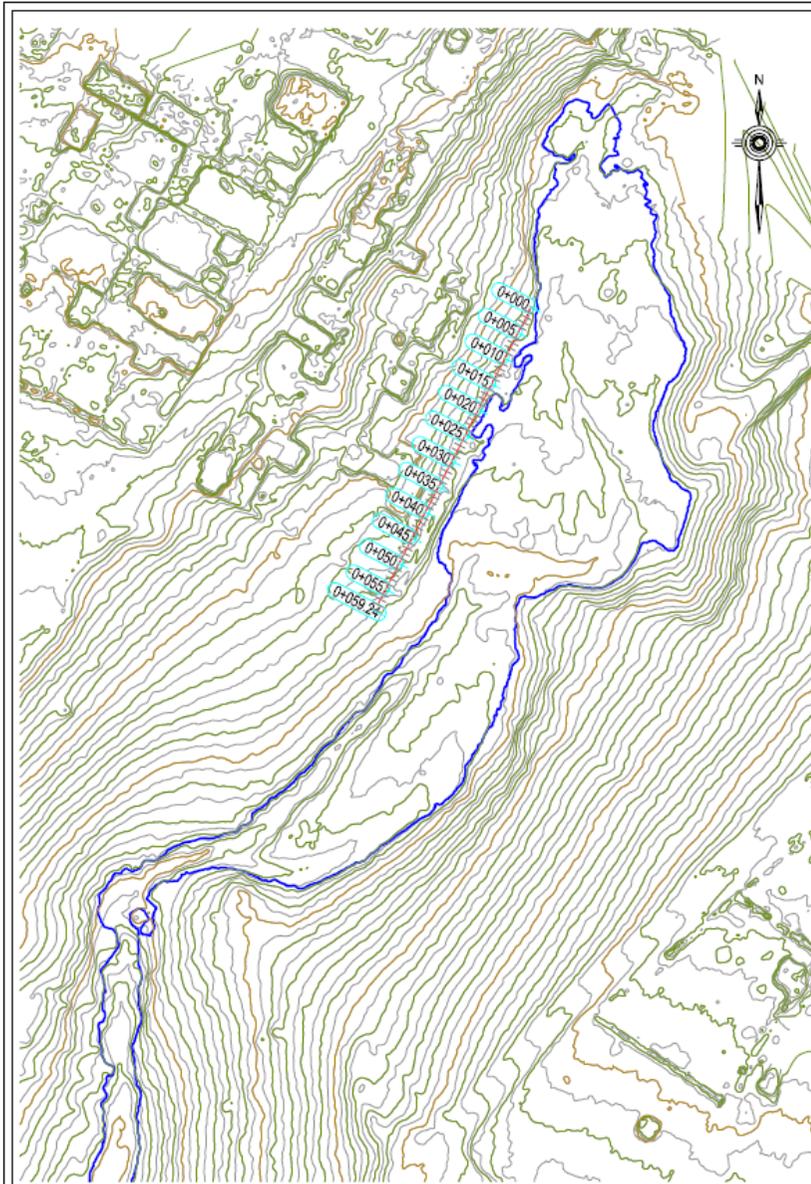




 Universidad Católica de Santa María			
Tesis: ANALISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO CON EL MODELO MATEMATICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA			
Plano: Inundacion T=100 años - Quebrada Estanquillo			
Bachiller: Villegas Masias, Meyling Nayham			
Datum:	Escala:	Fecha:	Mapa:
WGS 84 / ZONA 19 S	1/1000	Diciembre, 2021	IN-06

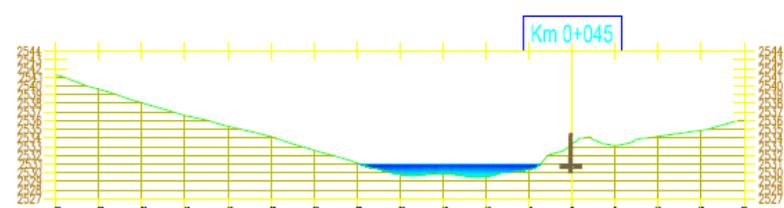
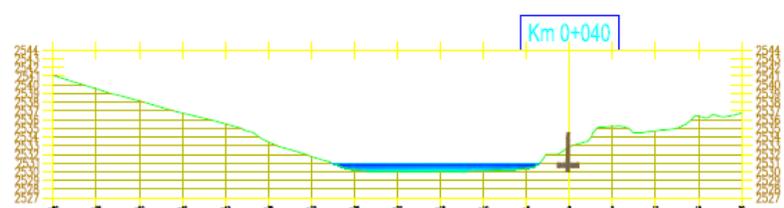
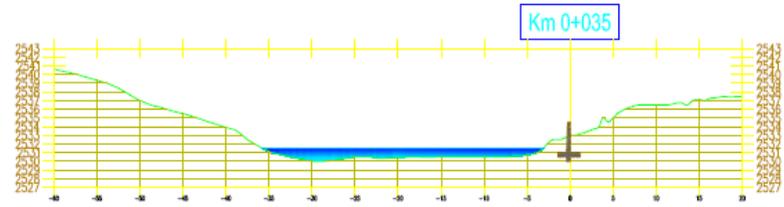






VISTA PLANTA AREA DEL PROYECTO

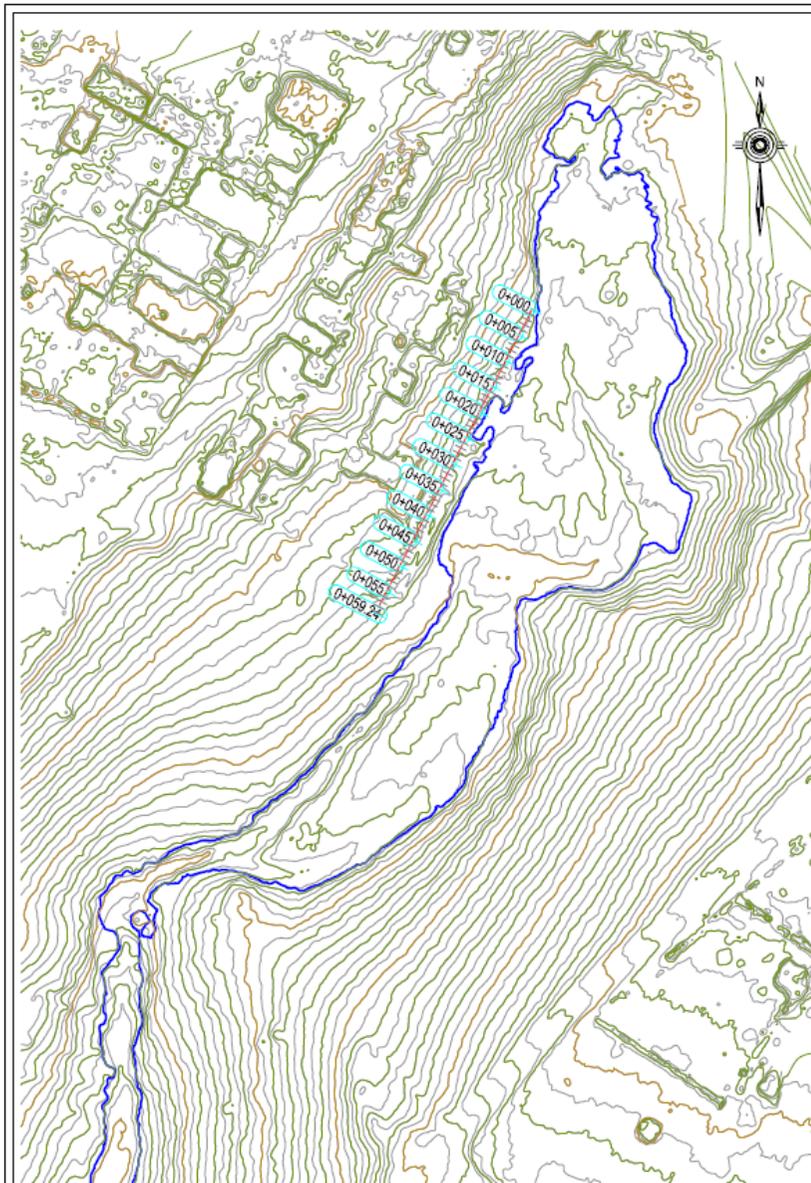
ESC: 1/750



SECCIONES

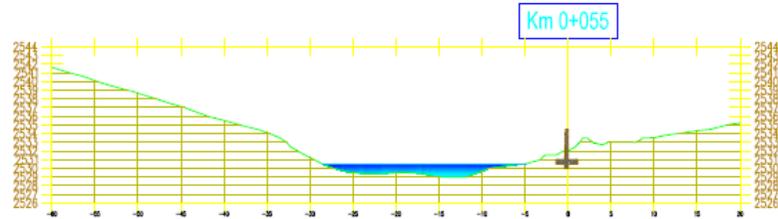
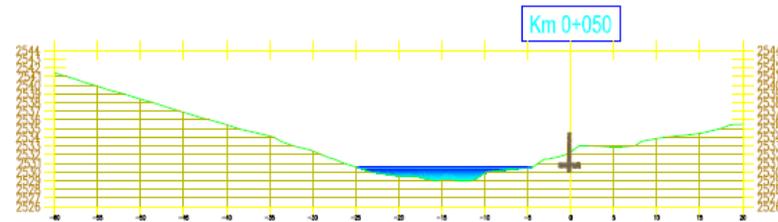
ESC: 1/500

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA	
DEPARTAMENTO: AGRICOLA	PROYECTO 1
PROBLEMA: PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL PUENTE DEL RIO SAN JUAN	
UBICACION: AGRICOLA	PLANO 1
PROYECTO: PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL PUENTE DEL RIO SAN JUAN	
SECCION: SECCION 03	PROYECTO
PROFESOR: J. LEGAS MARAS, MEYLI NAYHANI	MCV-03



VISTA PLANTA AREA DEL PROYECTO

ESC: 1/750



SECCIONES

ESC: 1/500

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA	
DEPARTAMENTO:	PROYECTO 1
PROYECTO:	PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
INSTITUTO:	INGENIERIA
CARRERA:	INGENIERIA CIVIL
SEMESTRE:	SEMIESTRE DE INGENIERIA
ASIGNATURA:	MECANICA DE SUELOS
PROFESOR:	INGENIERO EN CIVIL
ALUMNO:	MICHAEL ANGEL MORALES
FECHA:	15/05/2024
PROYECTO:	MCV-04

Sub división del territorio en zonas y sub zonas pluviométricas y valores de los parámetros K'_g y ϵ_g que definen la distribución de probabilidades de hg en cada punto de estas

ZONA	K'_g	Subzona	ϵ_g
123	$K'_g = 0,553$	123 ₁	$\epsilon_g = 85,0$
		123 ₂	$\epsilon_g = 75,0$
		123 ₃	$\epsilon_g = 100 - 0,022 Y$
		123 ₄	$\epsilon_g = 70 - 0,019 Y$
		123 ₅	$\epsilon_g = 24,0$
		123 ₆	$\epsilon_g = 30,5$
		123 ₇	$\epsilon_g = -2 + 0,006 Y$
		123 ₈	$\epsilon_g = 26,6$
		123 ₉	$\epsilon_g = 23,3$
		123 ₁₀	$\epsilon_g = 6 + 0,005 Y$
		123 ₁₁	$\epsilon_g = 1 + 0,005 Y$
		123 ₁₂	$\epsilon_g = 75,0$
		123 ₁₃	$\epsilon_g = 70$
4	$K'_g = 0,861$	4 ₁	$\epsilon_g = 20$
5a	$K'_g = 11 \cdot \epsilon_g^{-0,85}$	5 a ₁	$\epsilon_g = -7,6 + 0,006 Y$ (Y > 2300)
		5 a ₂	$\epsilon_g = 32 - 0,177 D_c$
		5 a ₃	$\epsilon_g = -13 + 0,010 Y$ (Y > 2300)
		5 a ₄	$\epsilon_g = 3,8 + 0,0053 Y$ (Y > 1500)
		5 a ₅	$\epsilon_g = -6 + 0,007 Y$ (Y > 2300)
		5 a ₆	$\epsilon_g = 1,4 + 0,0067$
		5 a ₇	$\epsilon_g = -2 + 0,007 Y$ (Y > 2000)
		5 a ₈	$\epsilon_g = 24 + 0,0025 Y$
		5 a ₉	$\epsilon_g = 9,4 + 0,0067 Y$
		5 a ₁₀	$\epsilon_g = 18,8 + 0,0028 Y$
		5 a ₁₁	$\epsilon_g = 32,4 + 0,004 Y$
		5 a ₁₂	$\epsilon_g = 19,0 + 0,005 Y$
		5 a ₁₃	$\epsilon_g = 23,0 + 0,0143 Y$
		5 a ₁₄	$\epsilon_g = 4,0 + 0,010 Y$
5b	$K'_g = 130 \cdot \epsilon_g^{-1,4}$	5 b ₁	$\epsilon_g = 4 + 0,010$ (Y > 1000)
		5 b ₂	$\epsilon_g = 41,0$
		5 b ₃	$\epsilon_g = 23,0 + 0,143 Y$
		5 b ₄	$\epsilon_g = 32,4 + 0,004 Y$
		5 b ₅	$\epsilon_g = 9,4 + 0,0067 Y$
6	$K'_g = 5,4 \cdot \epsilon_g^{-0,5}$	6 ₁	$\epsilon_g = 30 - 0,50 D_c$
9	$K'_g = 22,5 \cdot \epsilon_g^{-0,85}$	9 ₁	$\epsilon_g = 61,5$
		9 ₂	$\epsilon_g = -4,5 + 0,323 D_m$ (30 ≤ D _m ≤ 110)
		9 ₃	$\epsilon_g = 31 + 0,475(D_m - 110)$ (D _m < 110)

Fuente: IILA-SENAMHI-UNI (1983), "Estudio de la hidrología del Peru - Anexos", Convenio de Cooperación Técnica del Instituto Italo - Latino Americano, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y Universidad Nacional de Ingeniería, marzo 1983, Roma-Italia.

Y: Altitud en msnm, D_c: Distancia a la cordillera en Km, D_m: Distancia al mar en Km

Valores de los parámetros a y n que, junto con K definen las curvas de probabilidad pluviométrica en cada punto de las sub zonas

SUBZON A	ESTACION	N° TOTAL DE ESTACIONES	VALOR DE n	VALOR DE a
I23 ₁	321-385	2	0,357	32,2
I23 ₃	384-787-805	3	0,405	a = 37,85 – 0,0083 Y
I23 ₁₃	244-193	2	0,432	
I23 ₅	850-903	2	0,353	9,2
I23 ₆	840-913-918 958	4	0,380	11
I23 ₈	654-674-679 709-713-714 732-745-752	9	0,232	14,0
I23 ₉	769	1	0,242	12,1
I23 ₁₀	446-557-594 653-672-696 708-711-712 715-717-724 757-773	14	0,254	a = 3,01+ 0,0025 Y
I23 ₁₁	508-667-719 750-771	5	0,286	a = 0,46+ 0,0023 Y
5 a ₂	935-968	2	0,301	a = 14,1 – 0,078 D _c
5 a ₅	559	1	0,303	a = -2,6 + 0,0031 Y
5 a ₁₀	248	1	0,434	a = 5,80 + 0,0009 Y

Fuente: IILA-SENAMHI-UNI (1983), "Estudio de la hidrología del Perú - Anexos", Convenio de Cooperación Técnica del Instituto Italo - Latino Americano, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y Universidad Nacional de Ingeniería, marzo 1983, Roma-Italia

Estaciones pluviograficas: valor de t para el cual resulta et=eg

SUBZON A	ESTACION	N° TOTAL DE ESTACIONES	VALOR DE n	VALOR DE a
I23 ₁	321-385	2	0,357	32,2
I23 ₃	384-787-805	3	0,405	a = 37,85 – 0,0083 Y
I23 ₁₃	244-193	2	0,432	
I23 ₅	850-903	2	0,353	9,2
I23 ₆	840-913-918 958	4	0,380	11
I23 ₈	654-674-679 709-713-714 732-745-752	9	0,232	14,0
I23 ₉	769	1	0,242	12,1
I23 ₁₀	446-557-594 653-672-696 708-711-712 715-717-724 757-773	14	0,254	a = 3,01+ 0,0025 Y
I23 ₁₁	508-667-719 750-771	5	0,286	a = 0,46+ 0,0023 Y
5 a ₂	935-968	2	0,301	a = 14,1 – 0,078 D _c
5 a ₅	559	1	0,303	a = -2,6 + 0,0031 Y
5 a ₁₀	248	1	0,434	a = 5,80 + 0,0009 Y

Fuente: IILA-SENAMHI-UNI (1983), "Estudio de la hidrología del Perú - Anexos", Convenio de Cooperación Técnica del Instituto Italo - Latino Americano, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y Universidad Nacional de Ingeniería, marzo 1983, Roma-Italia

Ajuste a una serie de datos a la Distribución Normal – Estación Corpac

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	3.1	0.0385	0.098	0.0939	0.0595
2	5.1	0.0769	0.1254	0.121	0.0485
3	6.1	0.1154	0.1409	0.1365	0.0255
4	8.1	0.1538	0.1757	0.1713	0.0219
5	9.8	0.1923	0.2093	0.205	0.017
6	9.9	0.2308	0.2114	0.2071	0.0194
7	9.9	0.2692	0.2114	0.2071	0.0578
8	9.9	0.3077	0.2114	0.2071	0.0963
9	10.6	0.3462	0.2263	0.2221	0.1198
10	12	0.3846	0.2579	0.254	0.1267
11	13	0.4231	0.2818	0.2781	0.1413
12	18	0.4615	0.4144	0.4128	0.0471
13	22.1	0.5	0.5319	0.5325	0.0319
14	23.1	0.5385	0.5605	0.5617	0.0221
15	23.9	0.5769	0.5832	0.5848	0.0063
16	23.9	0.6154	0.5832	0.5848	0.0322
17	23.9	0.6538	0.5832	0.5848	0.0706
18	25	0.6923	0.614	0.616	0.0783
19	25.9	0.7308	0.6386	0.6411	0.0922
20	29	0.7692	0.7186	0.7223	0.0506
21	34	0.8077	0.8264	0.8309	0.0187
22	37.1	0.8462	0.8778	0.8822	0.0317
23	37.6	0.8846	0.885	0.8893	0.0004
24	43.9	0.9231	0.9511	0.9542	0.028
25	59.9	0.9615	0.9975	0.9979	0.036

Ajuste a una serie de datos a la Distribución Log Normal II Parámetros – Estación Corpac

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	3.1	0.0385	0.0108	0.0118	0.0277
2	5.1	0.0769	0.0527	0.0553	0.0242
3	6.1	0.1154	0.0847	0.0878	0.0307
4	8.1	0.1538	0.1618	0.1654	0.008
5	9.8	0.1923	0.2337	0.237	0.0414
6	9.9	0.2308	0.238	0.2412	0.0072
7	9.9	0.2692	0.238	0.2412	0.0313
8	9.9	0.3077	0.238	0.2412	0.0697
9	10.6	0.3462	0.2678	0.2708	0.0784
10	12	0.3846	0.3263	0.3287	0.0583
11	13	0.4231	0.3666	0.3685	0.0564
12	18	0.4615	0.5413	0.5407	0.0798
13	22.1	0.5	0.6495	0.6474	0.1495
14	23.1	0.5385	0.6716	0.6693	0.1332
15	23.9	0.5769	0.6883	0.6857	0.1113
16	23.9	0.6154	0.6883	0.6857	0.0729
17	23.9	0.6538	0.6883	0.6857	0.0344
18	25	0.6923	0.7097	0.7069	0.0174
19	25.9	0.7308	0.726	0.723	0.0048
20	29	0.7692	0.7749	0.7716	0.0057
21	34	0.8077	0.8346	0.831	0.0269
22	37.1	0.8462	0.8625	0.8589	0.0163
23	37.6	0.8846	0.8665	0.8629	0.0182
24	43.9	0.9231	0.9068	0.9036	0.0163
25	59.9	0.9615	0.9596	0.9573	0.002

**Ajuste a una serie de datos a la Distribución Log Normal III Parámetros –
Estación Corpac**

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	3.1	0.0385	-1.7093	0.0437	0.0052
2	5.1	0.0769	-1.4253	0.077	0.0001
3	6.1	0.1154	-1.2932	0.098	0.0174
4	8.1	0.1538	-1.0459	0.1478	0.006
5	9.8	0.1923	-0.8513	0.1973	0.005
6	9.9	0.2308	-0.8403	0.2004	0.0304
7	9.9	0.2692	-0.8403	0.2004	0.0689
8	9.9	0.3077	-0.8403	0.2004	0.1073
9	10.6	0.3462	-0.7641	0.2224	0.1238
10	12	0.3846	-0.6177	0.2684	0.1162
11	13	0.4231	-0.5174	0.3024	0.1207
12	18	0.4615	-0.063	0.4749	0.0134
13	22.1	0.5	0.2625	0.6035	0.1035
14	23.1	0.5385	0.3365	0.6318	0.0933
15	23.9	0.5769	0.3944	0.6534	0.0764
16	23.9	0.6154	0.3944	0.6534	0.038
17	23.9	0.6538	0.3944	0.6534	0.0005
18	25	0.6923	0.4722	0.6816	0.0107
19	25.9	0.7308	0.5343	0.7034	0.0273
20	29	0.7692	0.7384	0.7699	0.0006
21	34	0.8077	1.0397	0.8508	0.0431
22	37.1	0.8462	1.2118	0.8872	0.0411
23	37.6	0.8846	1.2386	0.8923	0.0076
24	43.9	0.9231	1.5566	0.9402	0.0171
25	59.9	0.9615	2.2342	0.9873	0.0257

Ajuste a una serie de datos a la Distribución Gumbel – Estación Corpac

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	3.1	0.0385	0.0524	0.0589	0.014
2	5.1	0.0769	0.0864	0.0941	0.0094
3	6.1	0.1154	0.1073	0.1154	0.0081
4	8.1	0.1538	0.1565	0.165	0.0026
5	9.8	0.1923	0.2051	0.2133	0.0128
6	9.9	0.2308	0.2081	0.2163	0.0227
7	9.9	0.2692	0.2081	0.2163	0.0611
8	9.9	0.3077	0.2081	0.2163	0.0996
9	10.6	0.3462	0.2297	0.2376	0.1165
10	12	0.3846	0.2747	0.2819	0.1099
11	13	0.4231	0.308	0.3145	0.1151
12	18	0.4615	0.4767	0.479	0.0151
13	22.1	0.5	0.6025	0.6017	0.1025
14	23.1	0.5385	0.6301	0.6288	0.0917
15	23.9	0.5769	0.6513	0.6495	0.0744
16	23.9	0.6154	0.6513	0.6495	0.0359
17	23.9	0.6538	0.6513	0.6495	0.0026
18	25	0.6923	0.6789	0.6766	0.0134
19	25.9	0.7308	0.7003	0.6975	0.0305
20	29	0.7692	0.7655	0.7618	0.0038
21	34	0.8077	0.8452	0.841	0.0375
22	37.1	0.8462	0.8815	0.8774	0.0353
23	37.6	0.8846	0.8865	0.8825	0.0019
24	43.9	0.9231	0.935	0.9317	0.012
25	59.9	0.9615	0.9849	0.9835	0.0233

Ajuste a una serie de datos a la Distribución Log Gumbel – Estación Corpac

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	3.1	0.0385	0	0.0001	0.0384
2	5.1	0.0769	0.0114	0.0186	0.0656
3	6.1	0.1154	0.0379	0.0516	0.0774
4	8.1	0.1538	0.1366	0.1566	0.0173
5	9.8	0.1923	0.2403	0.2584	0.048
6	9.9	0.2308	0.2464	0.2643	0.0156
7	9.9	0.2692	0.2464	0.2643	0.0228
8	9.9	0.3077	0.2464	0.2643	0.0613
9	10.6	0.3462	0.2886	0.3046	0.0576
10	12	0.3846	0.3679	0.3798	0.0167
11	13	0.4231	0.4193	0.4282	0.0038
12	18	0.4615	0.6117	0.6094	0.1502
13	22.1	0.5	0.7096	0.7028	0.2096
14	23.1	0.5385	0.728	0.7205	0.1895
15	23.9	0.5769	0.7415	0.7335	0.1645
16	23.9	0.6154	0.7415	0.7335	0.1261
17	23.9	0.6538	0.7415	0.7335	0.0876
18	25	0.6923	0.7585	0.75	0.0662
19	25.9	0.7308	0.7712	0.7624	0.0404
20	29	0.7692	0.808	0.7985	0.0388
21	34	0.8077	0.851	0.8411	0.0433
22	37.1	0.8462	0.8707	0.8609	0.0245
23	37.6	0.8846	0.8735	0.8637	0.0111
24	43.9	0.9231	0.902	0.8928	0.021
25	59.9	0.9615	0.9419	0.9344	0.0196

**Ajuste a una serie de datos a la Distribución Gamma II Parámetros – Estación
Corpac**

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	3.1	0.0385	0.0237	0.1419	0.0147
2	5.1	0.0769	0.0651	0.2208	0.0118
3	6.1	0.1154	0.0917	0.2573	0.0236
4	8.1	0.1538	0.1534	0.325	0.0004
5	9.8	0.1923	0.2116	0.3775	0.0193
6	9.9	0.2308	0.2151	0.3805	0.0156
7	9.9	0.2692	0.2151	0.3805	0.0541
8	9.9	0.3077	0.2151	0.3805	0.0926
9	10.6	0.3462	0.24	0.4008	0.1061
10	12	0.3846	0.2904	0.4393	0.0942
11	13	0.4231	0.3264	0.4653	0.0966
12	18	0.4615	0.4976	0.578	0.036
13	22.1	0.5	0.6173	0.6523	0.1173
14	23.1	0.5385	0.6432	0.6683	0.1047
15	23.9	0.5769	0.6629	0.6806	0.0859
16	23.9	0.6154	0.6629	0.6806	0.0475
17	23.9	0.6538	0.6629	0.6806	0.009
18	25	0.6923	0.6886	0.6967	0.0038
19	25.9	0.7308	0.7084	0.7093	0.0224
20	29	0.7692	0.769	0.7488	0.0002
21	34	0.8077	0.8441	0.8014	0.0364
22	37.1	0.8462	0.8789	0.8283	0.0327
23	37.6	0.8846	0.8838	0.8323	0.0008
24	43.9	0.9231	0.9317	0.8753	0.0087
25	59.9	0.9615	0.9836	0.9411	0.0221

**Ajuste a una serie de datos a la Distribución Gamma III Parámetros – Estación
Corpac**

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	3.1	0.0385	0.0538	0.0408	0.0154
2	5.1	0.0769	0.0924	0.0848	0.0155
3	6.1	0.1154	0.1154	0.1114	0.0001
4	8.1	0.1538	0.1678	0.1712	0.0139
5	9.8	0.1923	0.2175	0.2265	0.0252
6	9.9	0.2308	0.2205	0.2299	0.0102
7	9.9	0.2692	0.2205	0.2299	0.0487
8	9.9	0.3077	0.2205	0.2299	0.0872
9	10.6	0.3462	0.2421	0.2534	0.1041
10	12	0.3846	0.2864	0.3011	0.0982
11	13	0.4231	0.3187	0.3351	0.1044
12	18	0.4615	0.4791	0.4978	0.0176
13	22.1	0.5	0.5984	0.6131	0.0984
14	23.1	0.5385	0.6249	0.6382	0.0864
15	23.9	0.5769	0.6452	0.6574	0.0683
16	23.9	0.6154	0.6452	0.6574	0.0298
17	23.9	0.6538	0.6452	0.6574	0.0086
18	25	0.6923	0.672	0.6825	0.0204
19	25.9	0.7308	0.6928	0.702	0.038
20	29	0.7692	0.7571	0.7619	0.0121
21	34	0.8077	0.8381	0.8371	0.0304
22	37.1	0.8462	0.8759	0.8724	0.0297
23	37.6	0.8846	0.8812	0.8775	0.0034
24	43.9	0.9231	0.9329	0.9269	0.0098
25	59.9	0.9615	0.9862	0.9818	0.0247

**Ajuste a una serie de datos a la Distribución Log Pearson Tipo III – Estación
Corpac**

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	3.1	0.0385	0	0.0015	0.0385
2	5.1	0.0769	0	0.0349	0.0769
3	6.1	0.1154	0	0.0712	0.1154
4	8.1	0.1538	0	0.1659	0.1538
5	9.8	0.1923	0	0.2528	0.1923
6	9.9	0.2308	0	0.2579	0.2308
7	9.9	0.2692	0	0.2579	0.2692
8	9.9	0.3077	0	0.2579	0.3077
9	10.6	0.3462	0	0.2927	0.3462
10	12	0.3846	0	0.3589	0.3846
11	13	0.4231	0	0.4027	0.4231
12	18	0.4615	0	0.5778	0.4615
13	22.1	0.5	0	0.6763	0.5
14	23.1	0.5385	0	0.6957	0.5385
15	23.9	0.5769	0	0.7101	0.5769
16	23.9	0.6154	0	0.7101	0.6154
17	23.9	0.6538	0	0.7101	0.6538
18	25	0.6923	0	0.7285	0.6923
19	25.9	0.7308	0	0.7424	0.7308
20	29	0.7692	0	0.7837	0.7692
21	34	0.8077	0	0.8334	0.8077
22	37.1	0.8462	0	0.8567	0.8462
23	37.6	0.8846	0	0.8601	0.8846
24	43.9	0.9231	0	0.8944	0.9231
25	59.9	0.9615	0	0.9426	0.9615



CONSLABERTT EIRL

Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas
Concreto y Asfalto
Asesoría Técnica
Supervisión de Obras Cíviles

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



TESIS:

"ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO CON EL MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA"

TESISTA:

MEYLING NAYHAM VILLEGAS MASÍAS

25 DE OCTUBRE DEL 2021

CONSLABERTT EIRL
Ing. Erika R. Trejillo Ticona
C.I.P. 222310



Av. Mariscal Castilla 1227 Urb. Santa Rosa – Mariano Melgar - Arequipa
RUC: 20604438331

(054) 592790 - Mov.972678395
Email: conslabertt@gmail.com



CONSLABERTT EIRL

*Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas
Concreto y Acabado
Asesoría Técnica
Supervisión de Obras Civiles*

INDICE

1. GENERALIDADES

- 1.1 Objetivo del Estudio
- 1.2 Normatividad
- 1.3 Ubicación y Descripción del Área en estudio
- 1.4 Acceso al Área en Estudio
- 1.5 Condición Climática

2. SISMICIDAD EN EL AREA EN ESTUDIO

- 2.1 Antecedentes Geológicos
- 2.2 Sismicidad

3. INVESTIGACIONES DE CAMPO

- 3.1 Trabajo de Campo
 - 3.1.1 Calicatas o Pozos de Exploración
 - 3.1.2 Muestreo y Registros de Exploración

4. ENSAYOS DE LABORATORIO

- 4.1 Ensayos Estándar
- 4.2 Ensayos Especiales
- 4.3 Clasificación de suelos

5. PERFILES ESTRATIGRAFICOS

- 5.1 Descripción de la Conformación del Subsuelo del Área en estudio

6. ANALISIS DE LA CIMENTACIÓN

- 6.1 Tipo y Profundidad de cimentación
- 6.2 Cálculo de la Capacidad Portante Admisible
- 6.3 Cálculo de Asentamientos

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CONSLABERTT EIRL
Ing. Erick R. Trejillo Ticona
C.I.P. 22210

Av. Mariscal Castilla 1227 Urb. Santa Rosa – Mariano Melgar - Arequipa
RUC: 20604438331

(054) 592790 - Mov.972678395
Email: conslabertt@gmail.com



7.0.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a) Efectuado la verificación de los suelos de Subrasante, se establece lo siguiente:

- I. El terreno de estudio se ubica en el Distrito de Cerro Colorado designado a la Tesis "ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO CON EL MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA".
- II. El suelo de la subrasante de la CALICATA 01, está conformado en la Primera Capa con relleno no controlado y presencia de impurezas inorgánicas como escombros, plásticos; en la Segunda Capa está conformado con material clasificado según SUCS como Grava Limosa Pobremente Graduada (GP-GM) y clasificación AASHTO como A-1-a (0), en la Tercera Capa está conformado con material clasificado según SUCS como Arena Pobremente Graduada (SP) y clasificación AASHTO como A-1-b (0), en la Cuarta Capa está conformado con material clasificado según SUCS como Arena Limosa Pobremente Graduada (SP-SM) y clasificación AASHTO como A-1-b (0); considerado como Suelo tipo I Terreno Normal consolidado o compacto, que puede ser excavado con equipo mecánico.
- III. El suelo de la subrasante de la CALICATA 02, está conformado en la Primera Capa con relleno no controlado y presencia de impurezas inorgánicas como escombros, plásticos; en la Segunda Capa está conformado con material clasificado según SUCS como Grava Limosa Pobremente Graduada (GP-GM) y clasificación AASHTO como A-1-a (0), en la Tercera Capa está conformado con material clasificado según SUCS como Arena Pobremente Graduada (SP) y clasificación AASHTO como A-1-b (0), en la Cuarta Capa está conformado con material clasificado según SUCS como Arena Limosa Pobremente Graduada (SP-SM) y clasificación AASHTO como A-1-b (0); considerado como Suelo tipo I Terreno Normal consolidado o compacto, que puede ser excavado con equipo mecánico.
- IV. El suelo de la subrasante de la CALICATA 03, está conformado en la Primera Capa con relleno no controlado y presencia de impurezas inorgánicas como escombros, plásticos; en la Segunda Capa está conformado con material clasificado según SUCS como Grava Limosa Pobremente Graduada (GP-GM) y clasificación AASHTO como A-1-a (0), en la Tercera Capa está conformado con material clasificado según SUCS como Arena Pobremente Graduada (SP) y clasificación AASHTO como A-1-b (0), en la Cuarta Capa está conformado con material clasificado según SUCS como Arena Limosa Pobremente Graduada (SP-SM) y clasificación AASHTO como A-1-b (0); considerado como

Ing. Erick R. Dreyfuss Ticona
C.I.P. 222310



CONSLABERTT EIRL

Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas
Concreto y Asfalto
Asesoría Técnica
Supervisión de Obras Civiles

Suelo tipo I Terreno Normal consolidado o compacto, que puede ser excavado con equipo mecánico.

V. La capacidad portante admisible del terreno es:

CALICATA	PRESIÓN ADMISIBLE CIMENTACION CORRIDA	PRESIÓN ADMISIBLE CIMENTACION CUADRADA	PRESIÓN ADMISIBLE CIMENTACION RECTANGULAR
C-1	2.84	2.84	4.79
C-2	2.93	2.93	4.94
C-3	2.87	2.87	4.84
PROMEDIO	2.88	2.88	4.86

- VI. Durante la ejecución y exploración de calicatas no se encontró presencia de nivel freático hasta la profundidad alcanzada.
- VII. Se recomienda tomar en cuenta las pendientes y la evacuación de las aguas pluviales durante la época de lluvia.
- VIII. Se ha considerado que el suelo no es agresivo, para cuyo efecto se recomienda el uso de cemento Tipo IP en las cimentaciones.

Arequipa, 25 de Octubre 2021



CONSLABERTT EIRL
Ing. Erick R. Dreyfuss Alvarado
C.I.P. 222310

Av. Mariscal Castilla 1227 Urb. Santa Rosa – Mariano Melgar - Arequipa
RUC: 20604438331

(054) 592790 - Mov.972678395
Email: conslabertt@gmail.com



CONSLABERTT EIRL

Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas
Concreto y Asfalto
Asesoría Técnica
Supervisión de Obras Cíviles

PANEL FOTOGRAFICO

📍 CALICATA 01



CONSLABERTT EIRL
Ing. Erika R. Yujillo Ticona
C.I.P. 222310

📍 Av. Mariscal Castilla 1227 Urb. Santa Rosa – Mariano Melgar - Arequipa
RUC: 20604438331

☎ (054) 592790 - 📱 Mov.972678395
Email: conslabertt@gmail.com



CONSLABERTT EIRL

Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas
Concreto y Asfalto
Asesoría Técnica
Supervisión de Obras Civiles



CONSLABERTT EIRL
Ing. Erika R. Trejillo Ticona
C.I.P. 222510

Av. Mariscal Castilla 1227 Urb. Santa Rosa – Mariano Melgar - Arequipa (054) 592790 - Mov.972678395
RUC: 20604438331 Email: conslabertt@gmail.com



CONSLABERTT EIRL

Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas
Concreto y Asfalto
Asesoría Técnica
Supervisión de Obras Civiles

✦ CALICATA 02



CONSLABERTT EIRL
Ing. Erick R. Dreyfuss Ticona
C.I.P. 222510

Av. Mariscal Castilla 1227 Urb. Santa Rosa – Mariano Melgar - Arequipa
RUC: 20604438331

(054) 592790 - Mov.972678395
Email: conslabertt@gmail.com



CONSLABERTT EIRL

Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas
Concreto y Asfalto
Asesoría Técnica
Supervisión de Obras Cíviles



CONSLABERTT EIRL
Ing. Erika R. Dreyfuss Ticona
C.I.P. 222310

Av. Mariscal Castilla 1227 Urb. Santa Rosa – Mariano Melgar - Arequipa (054) 592790 - Mov.972678395
RUC: 20604438331 Email: conslabertt@gmail.com



CONSLABERTT EIRL

Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas
Concreto y Asfalto
Asesoría Técnica
Supervisión de Obras Civiles

✚ CALICATA 03



CONSLABERTT EIRL
Ing. Ericka R. Dreyfuss Ticona
C.I.P. 222310

Av. Mariscal Castilla 1227 Urb. Santa Rosa – Mariano Melgar - Arequipa
RUC: 20604438331

(054) 592790 - Mov.972678395
Email: conslabertt@gmail.com



HUMEDAD NATURAL

TESIS : "ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO CON EL MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA"

TESISTA : MEYLING NAYHAM VILLEGAS MASÍAS

FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2021

CALICATA 01

MUESTRA	CALICATA 1 CAPA 2
Número de capsula	2
1. Peso suelo húmedo + recipiente grs.	600.00
2. Peso suelo seco + recipiente	586.80
3. Peso Agua (1) - (2)	13.20
4. Peso recipiente	0.00
5. Peso suelo seco (2) - (4)	586.80
6. Humedad (3) x 100 / (5) %	2.25

MUESTRA	CALICATA 1 CAPA 3
Número de capsula	5
1. Peso suelo húmedo + recipiente grs.	600.00
2. Peso suelo seco + recipiente	574.50
3. Peso Agua (1) - (2)	25.50
4. Peso recipiente	0.00
5. Peso suelo seco (2) - (4)	574.50
6. Humedad (3) x 100 / (5) %	4.44

MUESTRA	CALICATA 1 CAPA 4
Número de capsula	9
1. Peso suelo húmedo + recipiente grs.	600.00
2. Peso suelo seco + recipiente	567.40
3. Peso Agua (1) - (2)	32.60
4. Peso recipiente	0.00
5. Peso suelo seco (2) - (4)	567.40
6. Humedad (3) x 100 / (5) %	5.75





CONSLABERTT EIRL

Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas
 Concreto y Asfalto
 Asesoría Técnica
 Supervisión de Obras Civiles

TESIS : "ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO CON EL MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA"

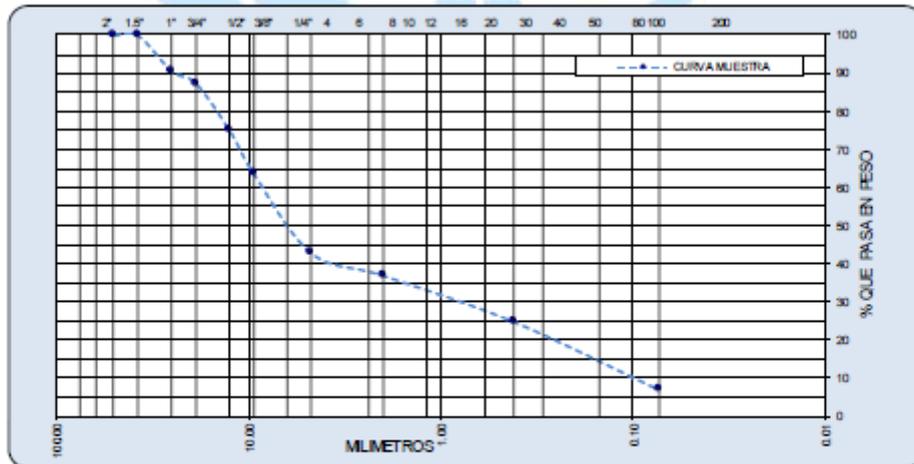
TESISTA : MEYLING NAYHAM VILLEGAS MASÍAS

FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2021

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET.	%RET. A.C.	%Q PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4	101.600						MUESTRA : CALICATA 1 cada 2
3	76.200						PROFUNDIDAD : 0.10 - 0.90 m
2 1/2	63.500						HUM. NATURAL : 2.25
2	50.800		0.00	0.00	100.00		TAMAÑO MAX. : 1"
1 1/2	38.100		0.00	0.00	100.00		PESO TOTAL : 4000.00 gr
1	25.400	375.4	9.39	9.39	90.62		MATERIAL : TERRENO NATURAL
3/4	19.050	125.9	3.15	12.53	87.47		LIMITE LIQUIDO : 15.21
1/2	12.700	494.6	12.37	24.90	75.10		INDICE PLÁSTICO : NP
3/8	9.525	450.9	11.27	36.17	63.83		CLASIFIC. SUCS : GP-GM
1/4	6.350	648.8	16.22	52.39	47.61		CLASIF. AASHTO : A-1-a (0)
# 4	4.750	190.6	4.77	57.16	42.85		GRAVA = 57.16%
# 10	2.000	80.8	5.95	63.11	36.89		FNOS = 42.85%
# 20	0.840	86.3	6.36	69.46	30.54		CU : 60.71
# 40	0.420	77.5	5.71	75.17	24.83		CC : 0.47
# 80	0.177	130.0	9.58	84.75	15.25		
# 100	0.149	27.5	2.03	86.77	13.23		OBSERVACIONES:
# 200	0.074	83.8	6.17	92.94	7.06		
<# 200		95.8	7.06	100.00	0.00		

CURVA GRANULOMETRICA



CONSLABERTT EIRL
 Ing. Ericka R. Trejillo Ticona
 C.I.P. 222310

Av. Mariscal Castilla 1227 Urb. Santa Rosa – Mariano Melgar - Arequipa (054) 592790 - Mov.972678395
 RUC: 20604438331 Email: conslabertt@gmail.com

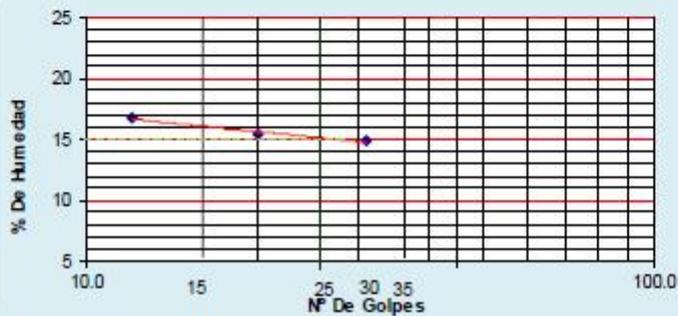


CONSLABERTT EIRL

Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas
 Concreto y Asfalto
 Asesoría Técnica
 Supervisión de Obras Civiles

TESIS : "ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO
 CON EL MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO,
 PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA"
TESISTA : MEYLING NAYHAM VILLEGAS MASÍAS
FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2021

**ENSAYO DE CONSTANTES FISICAS
 CALICATA 1 CAPA 2**



LIMITE LIQUIDO	15.3	15.0	15.3
N ° de Capsula	3.0	15.0	8.0
P. Tarro+S. Humedo	26.6	26.4	26.6
P. Tarro+S. Seco	23.1	23.2	23.5
Agua	3.5	3.3	3.1
Peso Tarro	2.4	2.1	2.4
Suelo Seco	20.8	21.0	21.1
% de Humedad	16.8	15.5	14.9
No. De Golpes	12.0	20.0	31.0
LIMITE PLASTICO			
No. De Tarro			
P. Tarro+S. Humedo			
P. Tarro+S. Seco			
Peso Tarro			
Agua			
Suelo Seco			
% de Humedad			
LIMITE LIQUIDO	15.21		
LIMITE PLASTICO	NP		
INDICE PLASTICO	NP		



CONSLABERTT EIRL
 Ing. Erick R. Trejillo Ticona
 C.I.P. 222316

Av. Mariscal Castilla 1227 Urb. Santa Rosa – Mariano Melgar - Arequipa (054) 592790 - Mov.972678395
 RUC: 20604438331 Email: conslabertt@gmail.com



CONSLABERTT EIRL

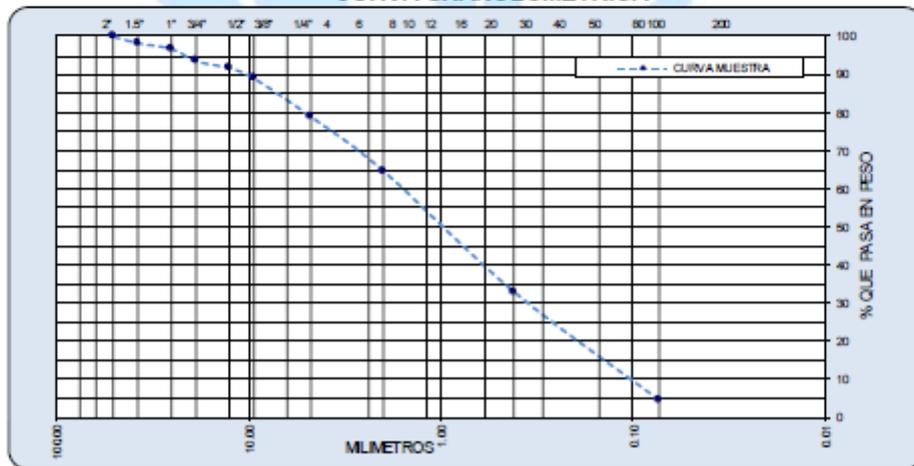
Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas
Concreto y Asfalto
Asesoría Técnica
Supervisión de Obras Civiles

TESIS : "ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO CON EL MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA"
TESISTA : MEYLING NAYHAM VILLEGAS MASÍAS
FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	%Q PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4	101.600						MUESTRA : CALICATA 1 capa 3
3	76.200						PROFUNDIDAD : 0.90 - 1.60 m
2 1/2	63.500						HUM. NATURAL : 4.44
2	50.800		0.00	0.00	100.00		TAMAÑO MAX. : 1 1/2"
1 1/2	38.100	68.2	1.71	1.71	98.30		PESO TOTAL : 4000.00 gr.
1	25.400	60.5	1.51	3.22	96.78		MATERIAL : TERRENO NATURAL
3/4	19.050	128.1	3.20	6.42	93.58		LIMITE LIQUIDO : 14.41
1/2	12.700	74.6	1.87	8.29	91.72		INDICE PLÁSTICO : NP
3/8	9.525	104.9	2.62	10.91	89.09		CLASIF. SUCS : SP
1/4	6.350	252.5	6.31	17.22	82.78		CLASIF. AASHTO : A-1-b (0)
# 4	4.750	158.5	3.91	21.13	78.87		GRAVA = 21.13%
# 10	2.000	105.3	14.23	35.36	64.64		FNOS = 78.87%
# 20	0.840	134.6	18.15	53.54	46.46		CU : 11.43
# 40	0.420	99.9	13.49	67.03	32.97		CC : 0.55
# 80	0.177	126.4	17.07	84.10	15.90		
# 100	0.149	31.5	4.25	88.36	11.64		OBSERVACIONES:
# 200	0.074	52.5	7.09	95.45	4.55		
< # 200		33.7	4.55	100.00	0.00		

CURVA GRANULOMÉTRICA



CONSLABERTT EIRL
Ing. Erick R. Trujillo Ticona
C.I.P. 222310

Av. Mariscal Castilla 1227 Urb. Santa Rosa – Mariano Melgar - Arequipa (054) 592790 - Mov.972678395
RUC: 20604438331 Email: conslabertt@gmail.com

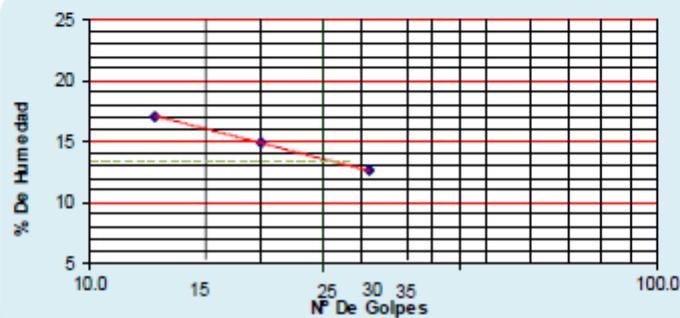


CONSLABERTT EIRL

Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas
 Concreto y Asfalto
 Asesoría Técnica
 Supervisión de Obras Civiles

TESIS : "ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO
 CON EL MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO,
 PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA"
TESISTA : MEYLING NAYHAM VILLEGAS MASÍAS
FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2021

**ENSAYO DE CONSTANTES FISICAS
 CALICATA 1 CAPA 3**



LIMITE LIQUIDO	15.8	14.5	13.0
N ° de Capsula	3.0	15.0	8.0
P. Tarro+S. Humedo	27.9	27.5	27.7
P. Tarro+S. Seco	24.2	24.2	24.9
Agua	3.7	3.3	2.8
Peso Tarro	2.4	2.1	2.4
Suelo Seco	21.8	22.1	22.5
% de Humedad	17.1	14.9	12.6
No. De Golpes	13.0	20.0	31.0
LIMITE PLASTICO			
No. De Tarro			
P. Tarro+S. Humedo			
P. Tarro+S. Seco			
Peso Tarro			
Agua			
Suelo Seco			
% de Humedad			
LIMITE LIQUIDO	14.41		
LIMITE PLASTICO	NP		
INDICE PLASTICO	NP		



CONSLABERTT EIRL
 Ing. Erick R. Trujillo Tecana
 C.I.P. 222310

Av. Mariscal Castilla 1227 Urb. Santa Rosa – Mariano Melgar - Arequipa (054) 592790 - Mov.972678395
 RUC: 20604438331 Email: conslabertt@gmail.com



CONSLABERTT EIRL

Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas
 Concreto y Asfalto
 Asesoría Técnica
 Supervisión de Obras Civiles

TESIS : "ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO CON EL MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA"

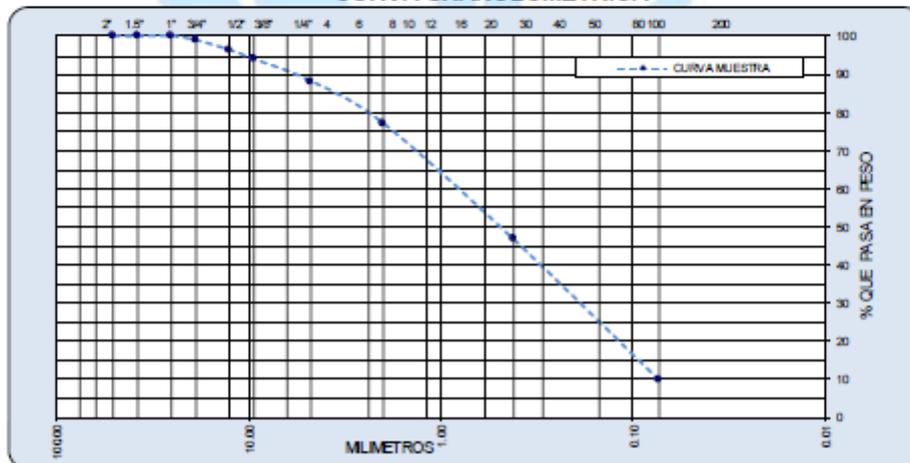
TESISTA : MEYLING NAYHAM VILLEGAS MASÍAS

FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2021

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET.	%RET.AC	%Q PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600						MUESTRA : CALCATA 1 capa 4
3"	76.200						PROFUNDIDAD : 1.60 - 3.00 m
2 1/2"	63.500						HUM. NATURAL : 5.75
2"	50.800		0.00	0.00	100.00		TAMAÑO MAX. : 3/4"
1 1/2"	38.100		0.00	0.00	100.00		PESO TOTAL : 4000.00 gr.
1"	25.400		0.00	0.00	100.00		MATERIAL : TERRENO NATURAL
3/4"	19.050	41.0	1.03	1.03	98.98		LIMITE LIQUIDO : 14.93
1/2"	12.700	103.4	2.59	3.61	96.39		INDICE PLÁSTICO : NP
3/8"	9.525	94.7	2.37	5.98	94.02		CLASIFIC. SUCS : SP-SM
1/4"	6.350	130.6	3.27	9.24	90.76		CLASIF. AASHTO : A-1-b (0)
# 4	4.750	103.4	2.59	11.83	88.17		GRAVA = 11.83%
# 10	2.000	73.6	11.11	22.94	77.06		FINOS = 88.17%
# 20	0.840	113.0	17.06	40.01	59.99		CU : 7.73
# 40	0.420	88.3	13.33	53.34	46.66		CC : 0.43
# 80	0.177	136.0	20.54	73.88	26.12		
# 100	0.149	29.1	4.39	78.27	21.73		OBSERVACIONES:
# 200	0.074	78.2	11.81	90.08	9.92		
< # 200		65.7	9.92	100.00	0.00		

CURVA GRANULOMETRICA



CONSLABERTT EIRL
 Ing. Erika R. Trejillo Ticona
 C.I.P. 222510

Av. Mariscal Castilla 1227 Urb. Santa Rosa – Mariano Melgar - Arequipa (054) 592790 - Mov.972678395
 RUC: 20604438331 Email: conslabertt@gmail.com



CONSLABERTT EIRL

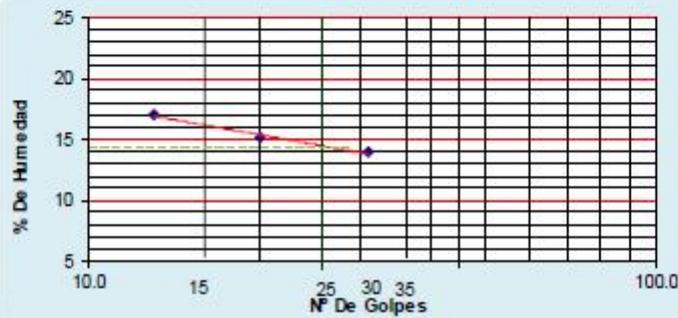
Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas
 Concreto y Acero
 Asesoría Técnica
 Supervisión de Obras Civiles

TESIS : "ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO
 CON EL MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO,
 PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA"

TESISTA : MEYLING NAYHAM VILLEGAS MASÍAS

FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2021

ENSAYO DE CONSTANTES FISICAS
CALICATA 1 CAPA 4



LIMITE LIQUIDO	15.7	14.8	14.3
N ° de Capsula	3.0	15.0	8.0
P. Tarro+S. Humedo	25.7	26.4	24.7
P. Tarro+S. Seco	22.3	23.2	22.0
Agua	3.4	3.2	2.7
Peso Tarro	2.4	2.2	2.3
Suelo Seco	20.0	21.0	19.7
% de Humedad	17.0	15.2	13.9
No. De Golpes	13.0	20.0	31.0
LIMITE PLASTICO			
No. De Tarro			
P. Tarro+S. Humedo			
P. Tarro+S. Seco			
Peso Tarro			
Agua			
Suelo Seco			
% de Humedad			
LIMITE LIQUIDO	14.93		
LIMITE PLASTICO	NP		
INDICE PLASTICO	NP		



CONSLABERTT EIRL
 Ing. Erika R. Trejillo Ticona
 C.I.P. 222310

Av. Mariscal Castilla 1227 Urb. Santa Rosa – Mariano Melgar - Arequipa (054) 592790 - Mov.972678395
 RUC: 20604438331 Email: conslabertt@gmail.com



CONSLABERTT EIRL

Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas
 Concreto y Asfalto
 Asesoría Técnica
 Supervisión de Obras Civiles

TESIS : "ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO
 CON EL MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO,
 PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA"

TESISTA : MEYLING NAYHAM VILLEGAS MASÍAS

FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2021

ENSAYO DE DENSIDAD DE SUELO - METODO DEL CONO DE ARENA 6"

(NORMA ASTM D-1556)

(NTP 339-258)

PROFUNDIDAD : 1.60 m - 3.00 m

PROCEDENCIA : CALICATA 1

Cálculo del Volumen de la Muestra

Peso frasco + arena antes de empezar la prueba	(gf)	7845.0
Peso frasco + arena despues de llenado el hoyo	(gf)	3351.0
Peso de la arena empleada para llenar el hoyo + conr	(gf)	4494.0
Peso de la arena en el cono	(gf)	1581.0
Peso de la arena empleada para llenar el hoyo	(gf)	2913.0
Densidad de la arena	(gf/cm ³)	1.50
Volumen del hoyo = Volumen de la muestra	(cm ³)	1942.0

Densidad de la muestra húmeda

Peso de la muestra húmeda	(gf)	3143.0
Densidad de la muestra húmeda	(gf/cm ³)	1.618

Densidad de la muestra seca

% de humedad	(%)	5.75
Densidad de la muestra seca	(gf/cm ³)	1.530



CONSLABERTT EIRL
 Ing. Erick R. Trejillo Ticona
 C.I.P. 222316

Av. Mariscal Castilla 1227 Urb. Santa Rosa – Mariano Melgar - Arequipa
 RUC: 20604438331

(054) 592790 - Mov.972678395
 Email: conslabertt@gmail.com



CONSLABERTT EIRL

Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas
Concreto y Asfalto
Asesoría Técnica
Supervisión de Obras Civiles

TESIS : "ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO
CON EL MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO,
PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA"

TESISTA : MEYLING NAYHAM VILLEGAS MASÍAS

FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2021

ENSAYO DE DENSIDAD DE SUELO - METODO DEL CONO DE ARENA 6"

(NORMA ASTM D-1556)

(NTP 339-258)

PROFUNDIDAD : 1.70 m - 3.00 m

PROCEDENCIA : CALICATA 2

Cálculo del Volumen de la Muestra

Peso frasco + arena antes de empezar la prueba	(gf)	7709.0
Peso frasco + arena despues de llenado el hoyo	(gf)	3296.0
Peso de la arena empleada para llenar el hoyo + conc	(gf)	4413.0
Peso de la arena en el cono	(gf)	1581.0
Peso de la arena empleada para llenar el hoyo	(gf)	2832.0
Densidad de la arena	(gf/cm ³)	1.50
Volumen del hoyo = Volumen de la muestra	(cm ³)	1888.0

Densidad de la muestra húmeda

Peso de la muestra húmeda	(gf)	3168.0
Densidad de la muestra húmeda	(gf/cm ³)	1.678

Densidad de la muestra seca

% de humedad	(%)	6.91
Densidad de la muestra seca	(gf/cm ³)	1.570



CONSLABERTT EIRL
Ing. Erick R. Drejillo Ticona
C.I.P. 222310

Av. Mariscal Castilla 1227 Urb. Santa Rosa – Mariano Melgar - Arequipa (054) 592790 - Mov.972678395
RUC: 20604438331 Email: conslabertt@gmail.com



CONSLABERTT EIRL

Estudio de Mecánica de Suelos y Rocas
Concreto y Asfalto
Asesoría Técnica
Supervisión de Obras Civiles

TESIS : "ANÁLISIS DE RIESGO FRENTE A INUNDACIONES EN LA QUEBRADA ESTANQUILLO
CON EL MODELO MATEMÁTICO IBER, EN EL DISTRITO DE CERRO COLORADO,
PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA"

TESISTA : MEYLING NAYHAM VILLEGAS MASÍAS

FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2021

ENSAYO DE DENSIDAD DE SUELO - METODO DEL CONO DE ARENA 6"

(NORMA ASTM D-1556)

(NTP 339-258)

PROFUNDIDAD : 1.60 m - 3.00 m

PROCEDENCIA : CALICATA 3

Cálculo del Volumen de la Muestra

Peso frasco + arena antes de empezar la prueba	(gf)	7611.0
Peso frasco + arena despues de llenado el hoyo	(gf)	3130.0
Peso de la arena empleada para llenar el hoyo + conc	(gf)	4481.0
Peso de la arena en el cono	(gf)	1581.0
Peso de la arena empleada para llenar el hoyo	(gf)	2900.0
Densidad de la arena	(gf/cm ³)	1.50
Volumen del hoyo = Volumen de la muestra	(cm ³)	1933.3

Densidad de la muestra húmeda

Peso de la muestra húmeda	(gf)	3211.0
Densidad de la muestra húmeda	(gf/cm ³)	1.661

Densidad de la muestra seca

% de humedad	(%)	7.18
Densidad de la muestra seca	(gf/cm ³)	1.550



CONSLABERTT EIRL
Ing. Erick R. Dreyfuss Ticona
C.I.P. 222310

Av. Mariscal Castilla 1227 Urb. Santa Rosa – Mariano Melgar - Arequipa
RUC: 20604438331

(054) 592790 - Mov.972678395
Email: conslabertt@gmail.com

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 1: Vista del inicio de la quebrada (aguas arriba), hacia el cauce que sigue la trayectoria.



Figura 2: Vista frontal del inicio de la quebrada.



Figura 3: Trayectoria de la quebrada (Inicio del cauce)



Figura 4: Vista aguas abajo del inicio de la quebrada.



Figura 5: Vista de la zona vulnerable en la quebrada.



Figura 6: Vista Enfocada de la zona vulnerable en la zona de estudio



Figura 7: Segunda vista de la zona vulnerable, más cercana a la zona más vulnerable del lugar de estudio.



Figura 8: Vista de las vías de acceso que se han improvisado para la población que habita en la zona vulnerable



Figura 9: Vista frontal de la zona vulnerable del lugar de estudio



Figura 10: Vista del primer tramo de la zona de estudio.



Figura 11: Vista del segundo tramo de la zona de estudio.



Figura 12: Vista aguas arriba mostrando vías de acceso a la zona junto a la zona vulnerable del lugar de estudio.



Figura 13: Vista de las vías de acceso a la zona vulnerable (Carretera afirmada y sendero acondicionado por los pobladores de la zona).



Figura 14: Vista de la zona vulnerable que no se encuentra dentro del cauce de la quebrada.



Figura 15: Vista de la trayectoria de la quebrada, con la zona vulnerable apreciada al fondo de la imagen.



Figura 16: Segunda vista de la trayectoria de la quebrada, pudiéndose divisar aún la zona vulnerable.



Figura 17: Punto de control para ubicar la zona aguas arriba y zona aguas abajo.



Figura 18: Vista frontal de zona aguas arriba (Con presencia de desechos a su alrededor).



Figura 19: Vista tomada del lado izquierdo del punto aguas arriba.



Figura 20: Vista panorámica de la zona aguas arriba.



Figura 21: Vista de la zona aguas abajo.



Figura 22: Vista de la zona aguas abajo mostrando la zona vulnerable del lugar de estudio.



Figura 23: Vista aguas abajo más enfocada al cauce de la quebrada, pudiéndose ver las viviendas afectadas en la zona vulnerable del lugar de estudio.



Figura 24: Vista lateral (Lado derecho) de la zona de control, con presencia de aguas arriba y aguas abajo.



Figura 25: Vista lateral (del lado izquierdo) de la zona de control, mostrando las viviendas y la presencia de un vecino de la zona vulnerable del lugar de estudio.



Figura 26: Vista aguas arriba de zona que alberga el cauce de la quebrada, la cual es usada como lugar de extracción de minerales pétreos.



Figura 27: Vista panorámica de la zona de extracción de minerales pétreos en la trayectoria de la quebrada del lugar de estudio.



Vista 28: Vista aguas arriba de la trayectoria curva que tiene la quebrada.



Vista 29: Vista aguas debajo de la quebrada finalizando así la zona curva del cauce.



Vista 31: Vista panorámica aguas debajo de la zona curva que alberga el cauce de la quebrada.